

УДК 551.34

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА 11–16 ИЮНЯ 2009 г. НА ОСТРОВЕ МАТУА, СИЛЬНЫЕ СИМУШИРСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2006–2009 гг. НА СРЕДНИХ КУРИЛАХ – ИХ ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ И МОДЕЛЬ СЕЙСМОВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© 2010 г. Т. К. Злобин, А. Ю. Полец

Представлено академиком Г.С. Голицыным 27.04.2010 г.

Поступило 16.03.2010 г.

11 июня 2009 г. на Средних Курилах (о-в Матуа) произошло одно из крупных за исторический период извержение вулкана Пик Сарычева. Высота пепловых облаков – до 16 км – была, видимо, максимальной за всю историю наблюдений. Выпадение пепла было зафиксировано на космических снимках со спутников. Шлейф вулканического пепла протянулся до 3 тыс. км. С 23 июня по 3 июля 2009 г. ИМГиГ ДВО РАН осуществил экспедицию на о-в Матуа [10]. В результате извержения вулкана Пик Сарычева были обнаружены пирокластические потоки, излившиеся в океан. Минимальный объем изверженных пород составил около 0.4 км^3 .

За несколько лет до этого события, а именно 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г., на Средних Курилах произошли катастрофическое и сильное землетрясения с магнитудой $M_w = 8.3$ и $M_w = 8.1$ соответственно, которые были нами изучены [6]. В дальнейшем за период с 2006 по 2009 г. на Средних Курилах в районе о-ва Симушир произошла серия сильных землетрясений, первые особенности которых были также рассмотрены [8].

Цель настоящей работы – определить возможную связь между последним извержением вулкана Пик Сарычева в 2009 г. и сильными Симуширскими землетрясениями 2006–2009 гг. на Средних Курилах и представить модель сейсмovolканических процессов.

Произошедшие сейсмические и вулканические события на Средних Курилах позволяют говорить об активизации недр в центрально-курильском сегменте Курило-Камчатской островной дуги – зоне сочленения литосферных плит. Ранее на примере Южных Курил и Сахалина на основе механизмов очагов землетрясений нами была показана возможность реконструкции ре-

альной динамики литосферы и движений блоков земной коры [7]. Представляет интерес рассмотреть названные события на Средних Курилах с учетом динамики недр, особенностей сейсмичности, глубинного строения и возможного положения здесь корневых зон вулканов. Это стало возможно благодаря тому, что на всех островах Курильской дуги и слагающих их вулканах с 1975 г. ИМГиГ ДВО РАН проводил глубинные сейсмические исследования методами ГСЗ и МОВЗ [2], позволившие изучить структуру, скоростные особенности земной коры, внутреннее строение вулканов и выявить магматические очаги и корневые зоны магнообразования. Предшествующие исследования внутреннего строения сейсмофокальной зоны свидетельствуют о ее сложном внутреннем строении, поперечной неоднородности и зональности [5]. Субдуцирующая Тихоокеанская плита представляется не однородной единой плитой, а состоящей из сегментов (блоков), различающихся по глубине, размерам, строению и сейсмичности. Выполненные исследования [4, 6, 8] показали, что последние сильные землетрясения Средних Курил могут быть связаны с тектономагматической активностью и движением (погружением) северо-западной части Тихоокеанской литосферной плиты, происшедшим в среднекурильском сегменте от Симушира до Матуа.

Активизация движения литосферной плиты в среднекурильском сегменте и вызванное субдукцией увеличение трения плит на границах этого блока привели к повышению температуры в зоне контакта. Следствием этого и других причин явилось плавление пород и изменение свойств магмы в очаге. В свою очередь, изменение содержания флюидов, газов, их давления под вулканической дугой способствовало подготовке и извержению вулкана Пик Сарычева, которое произошло в июне 2009 г.

Анализ сейсмичности показал, что извержению названного вулкана не предшествовала какая-либо повышенная и значимая сейсмичность

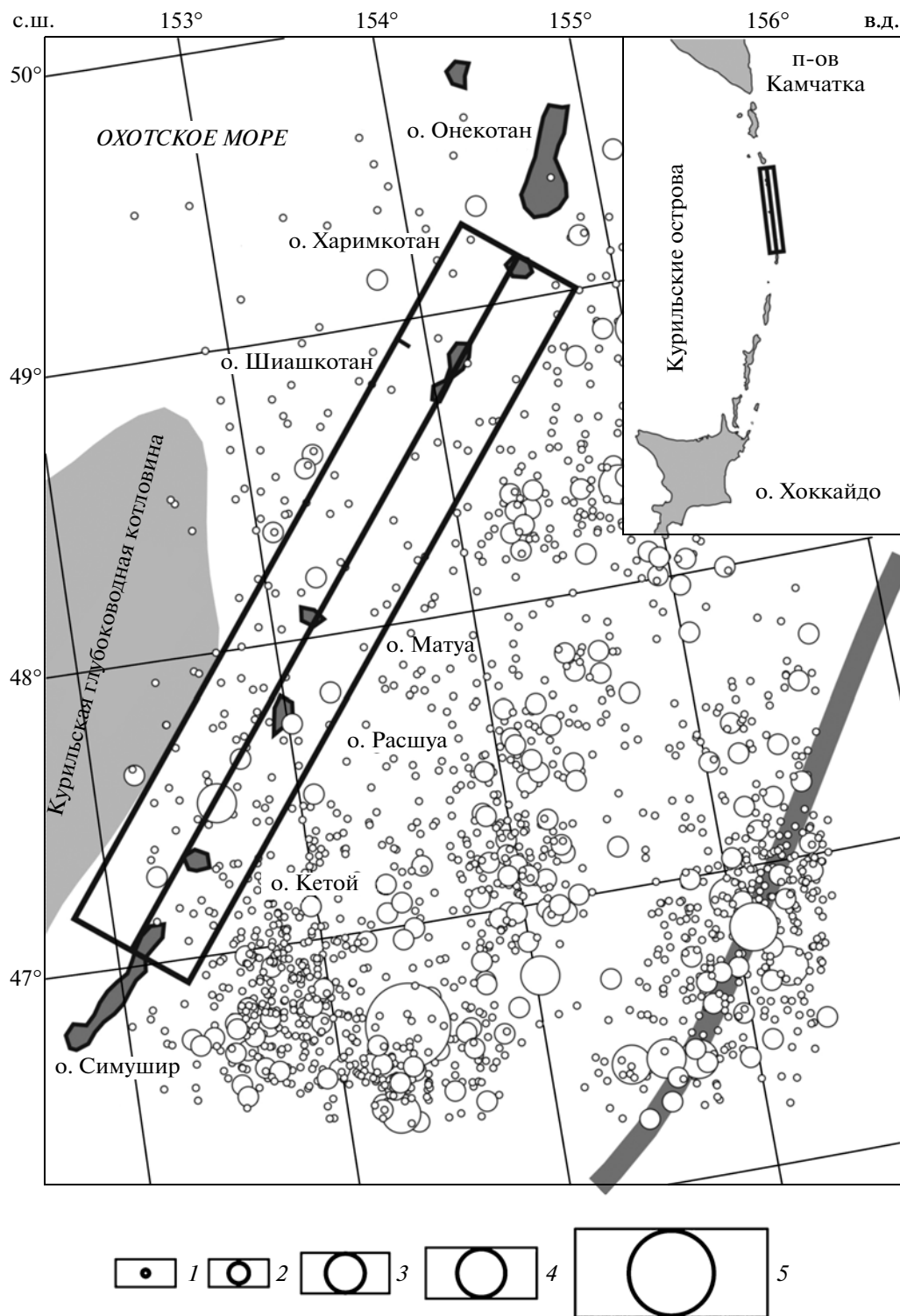


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений средней части Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны за 2000–2009 гг. по каталогу NEIC. На врезке – район исследований на Средних Курилах. В рамке 50-километровая полоса эпицентров и положение линии разреза. Магнитуда землетрясений: $M < 5$ (1); $5 \leq M < 6$ (2); $6 \leq M < 7$ (3); $7 \leq M < 8$ (4); $M \geq 8$ (5).

непосредственно в районе вулкана. Не наблюдались и не известны какие-либо предшествующие сейсмические признаки произошедшего извержения. Поэтому необходимо проанализировать

особенности глубинного строения литосферы, сейсмичность за длительный период и тектоническое поле напряжений в районе Средних Курил под о-вом Матуа (вулканом Пик Сарычева).

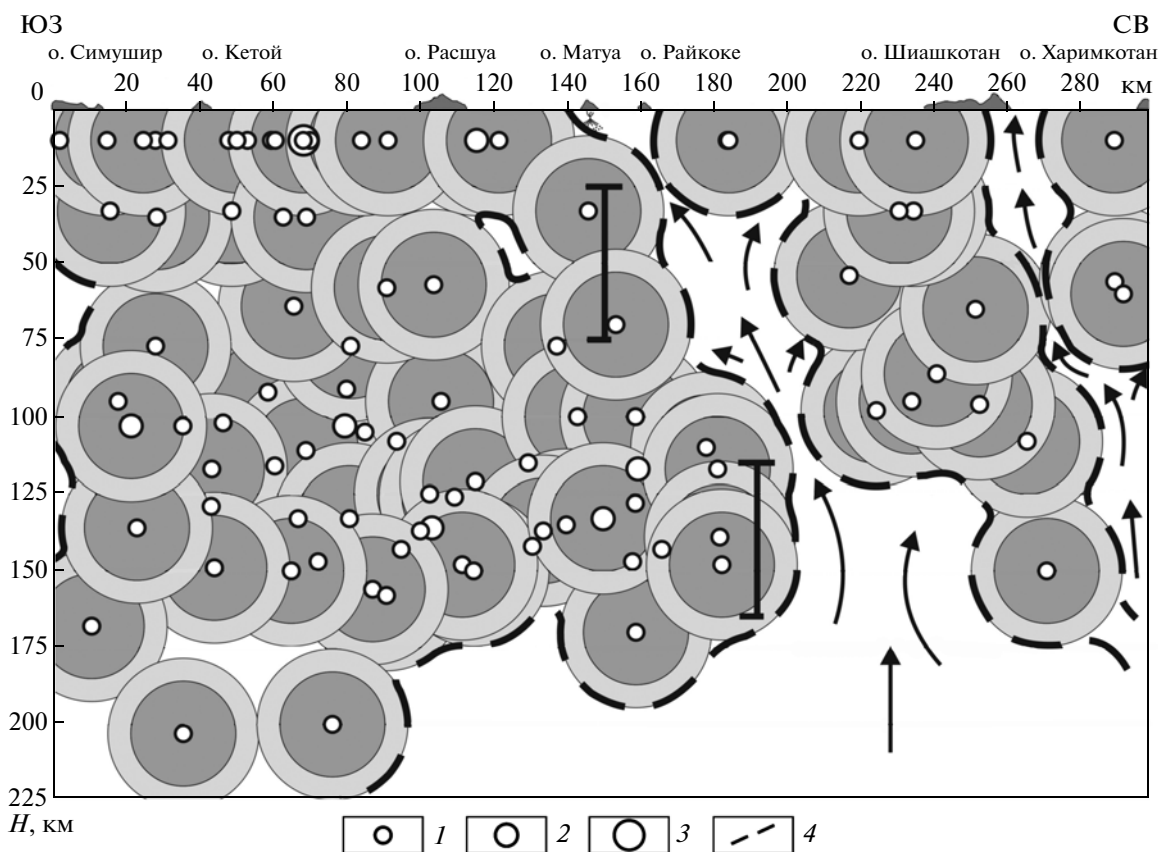


Рис. 2. Глубинный разрез гипоцентров землетрясений на Средних Курилах: 1–3 – гипоцентры землетрясений с магнитудой $4 \leq M < 5$ (1), $5 \leq M < 6$ (2), $M > 6$ (3); 4 – линия контура областей отсутствия землетрясений. Стрелками показано движение флюидов и теплового потока. Вертикальными прямыми линиями показано положение областей с пониженными сейсмическими скоростями по данным ГСЗ. Тонированные концентрические области вокруг гипоцентров – зоны возможной ошибки определения.

Основную информацию о сейсмичности недр Курил дают карты эпицентров и глубинные разрезы гипоцентров землетрясений. Ранее за период инструментальных наблюдений с 1995 по 2000 г. по данным СФ ГС РАН мы построили разрез гипоцентров землетрясений вдоль Курильской островной дуги в полосе 100 км [3]. В настоящей работе проанализирована карта эпицентров (рис. 1) и построен глубинный разрез гипоцентров Средних Курил от о-ва Симушир до о-ва Харимкотан в полосе 50 км по каталогу NEIC [14] за 2000–2009 гг. (рис. 2).

Кроме того, ранее при многолетних сейсмических исследованиях методом обменных волн землетрясений на вулканах Курильской островной дуги были построены глубинные сейсмические разрезы земной коры и верхней мантии вдоль большинства вулканов и островов Курильской дуги [2]. Это позволило выделить области отсутствия обменных волн землетрясений. Аномальное затухание в них сейсмических волн, преимущественное затухание или отсутствие поперечных волн, а также приуроченность к действующим вул-

каническим постройкам позволили отождествлять эти области с областями однородной, гомогенной, частично расплавленной породы, которые мы связывали с магматическими очагами, а также зонами магнообразования [2]. Сопоставление этих зон, связываемых с магматическими очагами вулканов, и областей отсутствия землетрясений [3] показало их принципиальное соответствие. Это относится к Южным Курилам, где проводились детальные исследования [2]. Названные зоны расположены практически везде в пределах выделенных нами областей отсутствия гипоцентров землетрясений [3].

На построенном разрезе гипоцентров землетрясений за 2000–2009 гг. по каталогу землетрясений NEIC мы оконтурили области отсутствия землетрясений. Такая область была выделена в литосфере под Средними Курилами (рис. 2). При этом возможная ошибка в определении гипоцентра по каталогу NEIC показана концентрическими зонами диаметром 30 и 40 км.

Из разреза следует, что магматический очаг вулкана Пик Сарычева, извергавшегося в 2009 г.

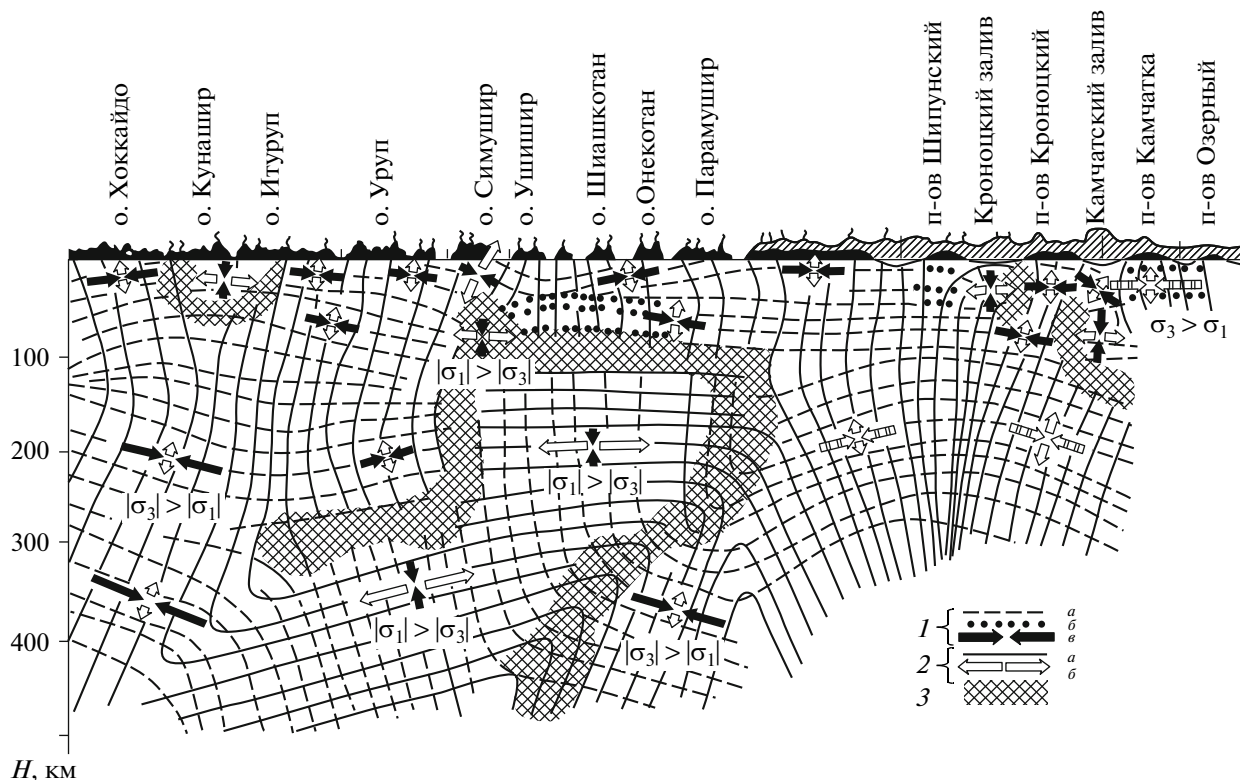


Рис. 3. Проекция траекторий осей сжатия и растяжения в вертикальной плоскости вдоль фокальной зоны по работе [11]. 1 – траектория осей сжатия, ориентированных вдоль (а) и вкост (б) фокальной плоскости, и положение в пространстве главных нормальных осей напряжений сжатия σ_3 (в); 2 – траектория осей растяжения, ориентированных вдоль фокальной плоскости (а) и положение в пространстве главных нормальных осей напряжений растяжения σ_1 (б); 3 – зоны максимальных градиентов локального поля напряжений. Длина стрелок отвечает количественному соотношению растягивающих и сжимающих сил.

на о-ве Матуа, может находиться только в пределах этой выделенной области. Она имеет около 30 км в ширину и 200 км в глубину. При этом сам магматический очаг находился под постройкой вулкана, в районе 145–150 км профиля (рис. 2).

Поскольку землетрясения указывают на хрупкость среды, а деформации в очаге землетрясения исключают наличие пластичного расплавленного вещества, то о возможном существовании магматического очага вулкана можно говорить в пределах областей отсутствия землетрясений. Это подтвердилось при детальном анализе слабой местной сейсмичности на вулкане Сент-Хеленс. С. Карей [13] показал, что в магматической камере землетрясений, вызванных подъемом магмы, нет, а сейсмогенная зона находится за ее пределами, окружает ее и оконтуривает. То же показали детальные исследования сейсмичности Гавайской вулканической системы при построении пространственно-временной модели этой вулканической системы путем томографического анализа сейсмичности, приведенные П.Е. Котляр [9]. При этом вычисления положения гипоцентров землетрясений выполнялись с точностью ± 1.0 км.

Судя по продуктам извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 г. и предыдущих извержений (андезиты и андезитобазальты) [1, 10] и согласно нашим предыдущим исследованиям вулканов Курильских островов [2], магматический очаг вулкана Пик Сарычева располагается в нижнем слое земной коры, на глубинах от 10–15 до 25 км. При этом зона магнообразования может простирается и в верхнюю мантию. Согласно разрезу гипоцентров землетрясений (рис. 2), область отсутствия землетрясений под Средними Курилами имеет глубину до 200 км и более. Наличие ксенолитов, найденных в лавах вулкана Кунтоминар на соседнем о-ве Шиошкотан, а также вулкана Пик Немо (о. Онекотан) и в кальдере Заварицкого (о. Симушир) [12], подтверждает возможность существования глубинной зоны магнообразования.

Как известно, подъем расплавленной породы (магмы) происходит по ослабленным зонам, разломам, тектоническим нарушениям, трещинам и разрывам, которые возможны только в условиях растяжения в литосфере. Поэтому ниже проанализированы сеймотектонические условия в литосфере Средних Курил и рассмотрены поле упругих напряжений, обстановки сжатия и растяжения

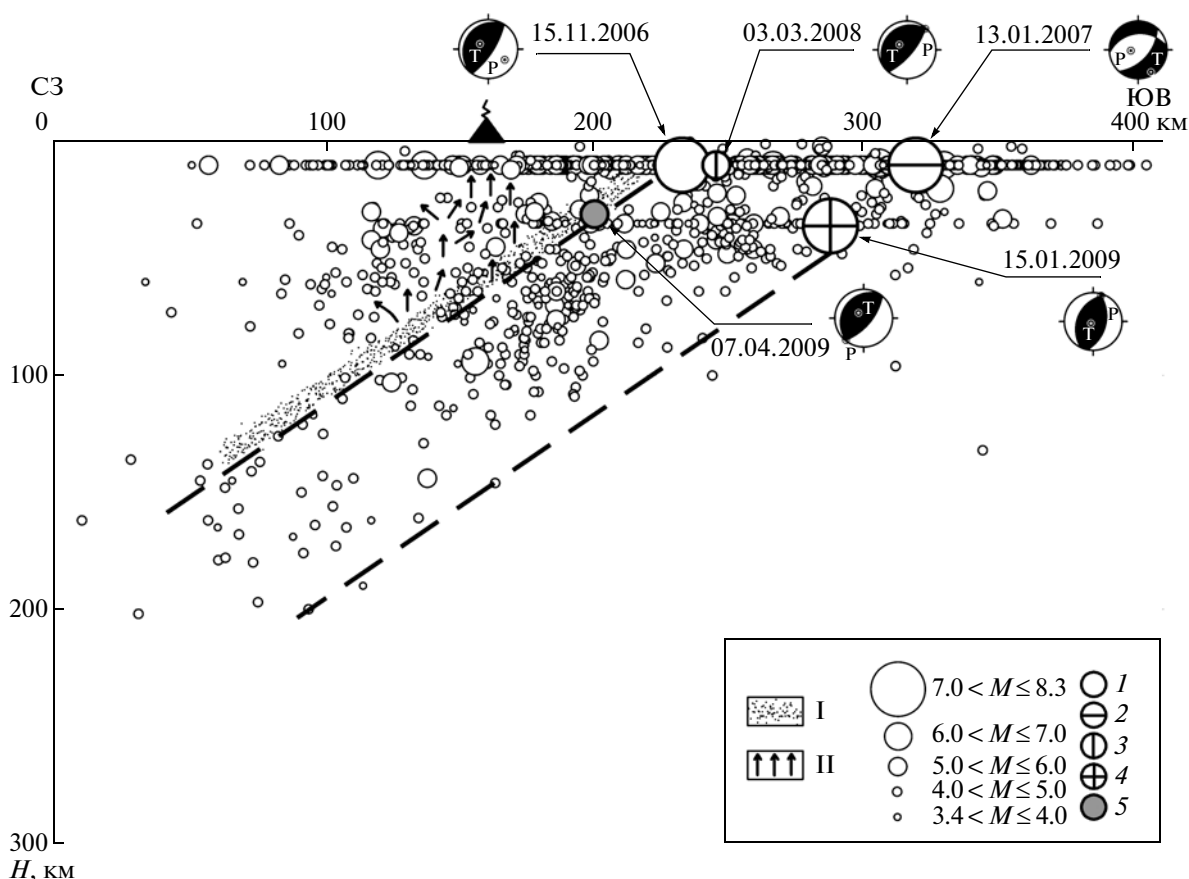


Рис. 4. Вертикальный разрез поля гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 г. и 07.04.2009 г., их афтершоков и сейсмодислокации вкосте простираения Курильской островной дуги. 1, 3 – пологий на-двиг; 2 – сброс; 4, 5 – взбросы. I – область плавления; II – поток тепла и легкоподвижных компонент (флюидов).

в очагах землетрясений под Курило-Камчатской островной дугой в сейсмофокальной зоне землетрясений [11]. Анализ этих данных показывает следующее. Характер деформации структур земной коры и верхней мантии (глубины 0-60 км) блока в центре Курильской островной дуги, согласно работе И.Г. Симбиревой, С.А. Федотова и др. [11], обусловлен областями растяжения (рис. 3). Такая обстановка растяжения земной коры в районе Средних Курил свидетельствует о том, что она способствовала возникновению разломов, с которыми могут быть связаны подъем магмы и извержение вулкана Пик Сарычева о-ва Матуа.

Дальнейший анализ показывает, что с глубин от 70 до 100 км выделяется зона максимальных градиентов локального поля напряжений. Она прослежена вдоль дуги под Средними и Северными Курилами и уходит почти вертикально вверх к острову Симушир, где преобладают растягивающие силы. Здесь же эта зона уходит и вниз в верхнюю мантию. Ниже, на глубинах 100–250 км в северной и центральной части Курильской дуги преобладают горизонтально ориентированные

растягивающие силы. Следовательно, названная сеймотектоническая обстановка на Средних Курилах могла способствовать извержению вулкана Пик Сарычева на о-ве Матуа. Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. На глубинном разрезе гипоцентров землетрясений (рис. 2) в земной коре и верхней мантии на Средних Курилах в районе о-ва Матуа под вулканом Пик Сарычева выделена асейсмичная область, способная вмещать магматический очаг.
2. На основе изучения положения в пространстве главных нормальных осей напряжений сжатия и растяжения на Средних Курилах, включая о-в Матуа установлено, что здесь имела место обстановка растяжения. Это способствовало подъему магмы из нижележащего очага.
3. На Средних Курилах после длительного сейсмического затишья 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. произошли катастрофические Симуширские землетрясения с магнитудами 8.3 и 8.1, а также последующие сильные землетрясения в 2008–2009 гг. [4, 8].

4. Усиление сейсмической активности, проявившееся в землетрясениях 2006–2009 гг. и извержение вулкана Пик Сарычева 11–16 июня 2009 г. на острове Матуа свидетельствуют о повышении тектономагматической активности Средних Курил и усилении в последнее время движения этого сегмента Тихоокеанской литосферной плиты.

5. Согласно модели сейсмовулканических процессов извержение вулкана Пик Сарычева связано с субдукцией Тихоокеанской плиты, трением контактирующих блоков, возникновением в результате этого плавления пород, последующим подъемом расплавленного вещества и флюидов в зону магмообразования и магматический очаг (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
2. Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 150 с.
3. Злобин Т.К., Волков И.А., Полец А.Ю. В сб.: Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Туапсе: НИГТЦ ДВО РАН, 2006. С. 39.
4. Злобин Т.К., Левин Б.В., Полец А.Ю. // ДАН. 2008. Т. 420. № 1. С. 111–115.
5. Злобин Т.К., Полец А.Ю. В сб.: Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. М.: Геос, 2008. Т. 1. С. 333–336.
6. Злобин Т.К., Полец А.Ю. // Тихоокеан. геология. 2009. № 5. С. 54–63.
7. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. // ДАН. 2009. Т. 427. № 6. С. 829–832.
8. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. // ДАН. 2009. Т. 428. № 4. С. 531–535.
9. Котляр П.Е. Пространственно-временные модели Гавайской вулканической системы (томографический анализ сейсмичности). Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1989. 40 с.
10. Левин Ю.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. и др. // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98–104.
11. Симбирева И.Г., Федотов С.А., Фиофилактов В.Д. // Геология и геофизика. 1976. № 1. С. 70–86.
12. Федорченко В.И., Родионова Р.И. Ксенолиты в лавах Курильских островов. Новосибирск: СО АН СССР, 1975. 139 с.
13. Carey S. // Maritimes. 1985. V. 29. № 1. P. 10–11.
14. http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic_rect.html. National Earthquake Information Center.