

## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СЕЙСМОТЕКТОНИКЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Леонов В.Л. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский)

Что определяет коровую сейсмичность Камчатки? Почему на Камчатке не происходят такие сильные и частые коровые землетрясения, как, например, в Японии? Почему за 40 лет детальных наблюдений на Камчатке на поверхности не образовалось ни одного разлома, который можно было бы явно связать с близповерхностными землетрясениями? На все эти вопросы в настоящее время нет однозначных ответов.

Одной из наиболее значимых для понимания геодинамики и сейсмоструктуры полуострова структур считается протяженная зона молодых разрывных нарушений, которая проходит вдоль Восточного хребта Камчатки и его северо-западных границ [2, 4, 6, 7, 9, 13, 18, 19]. Еще в ранних работах эта зона разломов получила название - Передовой фас Восточного хребта [9, 13]. Однако в дальнейшем разные авторы давали ей и другие названия: Начикинско-Кумрочский сдвиг [10], Передовой фас Центральной Камчатки [6], Камчатский разлом [4]. В ряде работ эту зону разломов сравнивают с такими крупными сдвигами, как Срединная линия Японии, Альпийский разлом Новой Зеландии и Филиппинский разлом на Суматре [6, 13, 19]. Исходя из протяженности отдельных разрывов, входящих в эту зону (25-30 км), определяется даже вероятная магнитуда землетрясений, которые могут здесь произойти - 6.5-7 [7]. Однако насколько обоснованы такие предположения?

В одной из недавних работ было проанализировано расположение очагов коровых землетрясений на Камчатке и показано, что сейсмичность в земной коре здесь сосредоточена в нескольких сейсмоактивных зонах, выделенных по сгусткам эпицентров [2]. Некоторые из этих зон отчетливо связываются с активными вулканами и расположены вблизи них. Это рои концентрации землетрясений в районе Ключевской группы вулканов вблизи вулканов Карымского, Аса-ча, Желтовского и других. В этих районах сейсмичность непосредственно связана с вулканической деятельностью. Некоторые

сейсмоактивные области расположены вдали от вулканов - это проявившиеся еще в первые годы детальных сейсмологических наблюдений рои землетрясений на центральном участке Срединного хребта (Эссовские рои), на его южной оконечности (Ганальские рои), в районе Шапинских грабенов и на севере Кроноцкого полуострова (Шапинские рои). В целом было показано, что сейсмичность концентрируется на отдельных обособленных участках, которые можно привязать к известным активным разломам лишь с большой натяжкой [2].

*Из истории взглядов на связь сейсмичности с разломами.* Одну из первых карт разломов Камчатки составил А.Н. Заварицкий [5], который показал, что вулканы на полуострове располагаются рядами и трассируют разломы продольного (СВ), поперечного (СЗ) и широтного простирания. Про землетрясения А.Н. Заварицкий писал, что большинство из них "укладывается на ту же систему линий предполагаемых разломов". В дальнейшем некоторые авторы особо отмечали роль структур СЗ простирания. Так, Н.В. Кондорская и В.И. Тихонов [8] считали, что сгущение эпицентров землетрясений в районах Шипунского и Кроноцкого полуостровов связано с современным развитием доплиоценовых складок, имеющих СЗ простирание. А.В. Горячев [3] особо подчеркивал значение поперечных наложенных прогибаний и поднятий и считал, что именно к их границам приурочено больше всего землетрясений Камчатки.

В начале 60-х годов на Камчатке начались детальные сейсмические исследования. Уже в первых обобщающих работах было отмечено, что "под Камчаткой землетрясения значительно меньше, чем у ее берегов, в фокальной зоне" и что "землетрясения связаны с тектоническими структурами земной коры меньшего по сравнению с фокальной зоной порядка" [16]. Были выделены участки, где сейсмическая активность повышена. Явной связи сейсмичности с молодыми разломами СВ и СЗ простирания

установлено не было. В то же время была выделена субширотная зона сгущения эпицентров землетрясений. Ее значение и причины столь явного ее проявления остаются неясными.

Есть ли соответствие с теми представлениями, которые были высказаны ранее? К сожалению, ни одно из этих представлений (А.Н. Заварицкого, И.В. Кондорской, В.И. Тихонова, А.В. Горячева) подтверждения не нашло. Распределение эпицентров землетрясений с глубиной меньше 50 км, произошедших за период инструментальных наблюдений на Камчатке, не обнаруживает связи ни с какими-либо структурами или разломами СЗ простирания, ни с зонами активных разломов СВ простирания.

В работе Баранова Б.В. с соавторами [1] мелкофокусная сейсмичность в тылу Курило-Камчатской островной дуги рассмотрена с позиций «клавишной модели», в плане ее связи с сильнейшими землетрясениями в сейсмофокальной зоне. Анализ сейсмичности был проведен на качественном уровне и не дал убедительных свидетельств в пользу предложенной авторами модели.

В.А. Ермаков [4] рассмотрел тектонические предпосылки изучения сейсмичности Камчатки на основе составленной им карты четвертичной тектоники. Большую роль в контроле сейсмичности автор отвел субширотным сбросо-сдвигам, которые, как он считает, "определяют коровую сейсмичность континентальной суши и ближайшей акватории".

А.И. Кожурин [6, 7], изучавший в последние годы активные разломы Камчатки, выделил три основных зоны разломов, которые могут контролировать сейсмичность: крупную зону разломов, протянувшуюся вдоль Восточного хребта (правый сдвиг), более мелкую зону разломов Среднего хребта (предположительно сбросы) и зону сбросов, протягивающуюся вдоль оси Восточно-Камчатского вулканического пояса. Ранее последнюю зону описывали В.А. Леглер [10] и И.В. Флоренский, В.Г. Трифонов [17]. Все эти зоны разломов имеют СВ простирание. Основное значение А.И. Кожурин придает зоне разломов Восточного хребта, которую он сравнивает с такими известными сдвигами, как Альпийский в

Новой Зеландии, Срединная линия Японии или Филиппинский разлом на Филиппинах.

Современную коровую сейсмичность на Камчатке трудно объяснить с позиций какой-либо из тектонических схем. С позиций тектоники плит, «клавишной модели», должны были бы быть активны разломы СЗ простирания, но этого нет. С позиций рифтогенеза (В.А. Ермаков, Е.Е. Милановский) землетрясения должны были бы быть сбросового типа, но и этого нет. С позиций "сдвиговых" моделей (В.А. Леглер, А.И. Кожурин, В.Г. Трифонов) сейсмичность должна была бы подчеркивать существование продольных сдвигов, прежде всего разломов Передового фаса (Начикинско-Кумрочского сдвига, по Леглеру), но и это не подтверждается.

*Применение палеосейсмологического метода на Камчатке.* Рассматривая активные разломы и их связь с сейсмичностью, В.Г. Трифонов с соавторами [14] предложили различать сейсмогенерирующие и сейсмогенные разломы. Если применить эту терминологию, то разрывы, сформировавшиеся, в частности, в январе 1996 г. вблизи Карымского вулкана [11, 12], необходимо рассматривать как сейсмогенные, то есть связанные с землетрясением, но не отражающие того разлома, на котором произошло сейсмическое событие. По-видимому, и многие другие разрывы, которые мы выделяем в вулканических зонах Камчатки, могут быть не связаны непосредственно с землетрясениями или связаны с ними лишь опосредствованно.

Деление разломов на сейсмогенерирующие и сейсмогенные полезно также с той точки зрения, что, разделяя их подобным образом, мы должны четко представлять, что только для сейсмогенерирующих разломов можно по палеосейсмодислокациям сделать вывод о силе и повторяемости землетрясений, происходящих на этих разломах. Для сейсмогенных разломов мы таких выводов сделать не можем. Исходя из этого, определение того, к какому типу относится тот или иной разлом, имеет принципиальное значение. Большую часть молодых разломов Камчатки, с нашей точки зрения, необходимо относить к сейсмогенным. Их появление и их активность связаны с

теми событиями, которые происходят в сейсмофокальной зоне у берегов Камчатки, но составить представление по ним о силе и частоте событий, происходящих в зонах сейсмогенерирующих разломов, мы вряд ли сможем. В то же время сейсмогенерирующие разломы, которые имеют преимущественно СВ простирание, продольное по отношению к Курило-Камчатской тектонической системе, нам недоступны - они находятся у берегов Камчатки, под водой. Отсюда вывод малообнадеживающий - палеосейсмический метод вряд ли даст надежные данные для прогноза крупных сейсмических катастроф на Камчатке.

*Особенности проявления сейсмичности в вулканических районах.* Существует целый ряд работ, в которых показано, что сравнительно небольшие сейсмические толчки в вулканических районах могут вызвать образование разрывов, которые в других местах (где нет вулканизма) могут быть приняты за следствие значительно более крупных событий [21, 23]. Эти выводы полностью подтвердились при сеймотектонической активизации, произошедшей в 1996 г. в районе Карымского вулканического центра на Камчатке [11, 12]. Согласуется это и с выводами исследователей, которые отмечали ранее, что в вулканических районах сейсмичность снижена, она как бы «гасится» магмой, присутствующей в недрах в этих районах [22]. Согласуется это также с выводом, что существует тесная связь между сейсмичностью и температурой - в тех районах, где низкоскоростные зоны (вероятные магматические очаги) приближены к поверхности, сейсмичность значительно снижена [20].

При сравнении разлома Передового фаса Восточного хребта Камчатки со Срединной линией Японии необходимо иметь в виду, что Срединная линия Японии (так же, как районы, где находятся Альпийский разлом в Новой Зеландии и ряд других крупных разломов Тихоокеанского окружения) находится в районе, где отсутствует современный вулканизм. Именно это обстоятельство, по-видимому, приводит к тому, что вдоль таких разломов происходят частые и сильные землетрясения - там нет магматических тел, смягчающих жесткость земной

коры. На Камчатке такого нет - крупных землетрясений вдоль Передового фаса за все время наблюдений не зафиксировано. Наиболее молодые подвижки по разломам Передового фаса установлены вблизи Ключевской группы вулканов и связаны с просадками, происходящими вблизи этого активного вулканического района по обрамлению обширного магматического очага, предполагаемого в недрах Ключевской группы вулканов [15].

Подводя итог, можно сделать заключение, что при оценке сейсмического потенциала разломов Камчатки необходимо учитывать, что Камчатка - район активного вулканизма. Этот фактор, по-видимому, оказывает значительное влияние на сейсмичность полуострова. Имея его в виду, мы считаем, что сделанные в [7] оценки вероятной магнитуды землетрясений, которые могут произойти на Камчатке, завышены.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Б.В., Викулин А.В., Лобковский Л.И. Мелкофокусная сейсмичность в тылу Курило-Камчатской островной дуги и ее связь с сильнейшими землетрясениями в зоне поддвига // Вулканология и сейсмология. 1989. № 6. С. 73-84.
2. Гордеев Е.И., Гусев А.А., Левина В.И., Леонов В.Л., Чебров В.Н. Коровая сейсмичность Камчатки // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. - Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 62-74.
3. Горячев А.В. Основные закономерности тектонического развития Курило-Камчатской зоны. - М.: Наука, 1966. 235 с.
4. Ермаков В.А. Тектонические предпосылки изучения сейсмичности Камчатки // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. 1993. С. 228-239.
5. Заварицкий А.Н. Об изучении движений земной коры на Камчатке // Избранные труды. Т. 1. - М.: АН СССР, 1956. С. 465-472.
6. Кожурин А.И. Курило-Камчатская островодужная система // Неотектоника и современная геодинамика подвижных поясов. - М.: Наука, 1988. С. 67-115.
7. Кожурин А.И., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. и др. Внесубдукционная сейсмичность Камчатки: первые палеосейсмологические данные для Восточно-Камчатской зоны разломов // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах. - Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 101-102.
8. Кондорская Н.В., Тихонов В.И. К вопросу о сейсмичности и тектонике Камчатки и северной

- части Курильской гряды // ДАН СССР. 1960. Т. 130, № 1. С. 146-149.
9. Леглер В.А. Деформация погружающейся литосферной плиты и продольные сдвиги Курило-Камчатской островной дуги // Тектоника литосферных плит. - М., 1976. С.103-147.
10. Леглер В.А. Новейшие разломы и горизонтальные тектонические движения Восточной Камчатки // Автореф. канд. дисс. - Хабаровск, 1978. 24 с.
11. Леонов В.Л. Поверхностные разрывы, связанные с землетрясением и извержениями, произошедшими в Карымском вулканическом центре 1-2 января 1996 г. // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 113-129.
12. Леонов В.Л. Механизм формирования разрывов, образовавшихся вблизи вулкана Карымский (Камчатка) 1-2 января 1996 г. // Вулканизм и геодинамика. - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2003. С. 884-889.
13. Мелекесцев И.В., Эрлих Э.Н. Денудационно-тектонические горы // Камчатка, Курильские и Командорские острова (История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока). - М.: Наука, 1974. С. 100-142.
14. Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Лукина Н.В. Изучение и картирование активных разломов // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. 1993. С. 196-206.
15. Федотов С.А. Механизм Толбачинского извержения и его закономерности // Большое трещинное Толбачинское извержение (1975-1976 гг., Камчатка). - М.: Наука, 1984. С. 562-575.
16. Федотов С.А., Шумилина Л.С., Чернышева Г.В. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов по данным детальным исследований // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 29-60.
17. Флоренский И.В., Трифонов В.Г. Неотектоника и вулканизм Восточно-Камчатской вулканической зоны // Геотектоника. 1985. № 4. С. 78-87.
18. Эрлих Э.Н. Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца. - Новосибирск: Наука, 1973. 244 с.
19. Kozhurin A.I. Active faulting of the Eurasian, North American and Pacific plates junction// Tectonophysics. 2004. 380. P. 273-285.
20. Okibo Y., Matsunaga T. Curie point depth in northeast Japan and its correlation with regional thermal structure and seismicity // J. Geophys. Res. 1994. V. 99, № 11. P. 22363-22371.
21. Paleoseismology / Ed. J.P. McCalpin. Academic Press, 1996. 553 p.
22. Parsons T., Thompson G.A. The role of magma overpressure in suppressing earthquakes and topography: worldwide examples // Science. 1991. V. 253. P. 1399-1402.
23. Smith R.P., Jackson S.M., Hackett W.R. Paleoseismology and seismic hazards evaluations in extensional volcanic terrains // J. Geophys. Res. 1996. V. 101, № B3. P. 6277-6292.