

**Сильнейшие землетрясения  
Дальневосточного  
региона**

## ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ВЕРОЯТНАЯ ПРИРОДА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КОРЯЖСКОГО РЕГИОНА

*Авдейко Г.П.<sup>1,2</sup>, Палуева А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский*

На основании анализа локализации сильных землетрясений, произошедших в Коряжском автономном округе севернее Алеутско-Камчатского сочленения, и анализа тектонической истории в позднем кайнозое рассмотрены возможные причины сильных землетрясений Коряжского региона.

Олюторское землетрясение 2006 г., так же как и Хаилинское землетрясение 1991 г. и Озерновское землетрясение 1969 г., произошло в пределах зоны палеосубдукции под Срединный хребет Камчатки, которая прекратила свое существование в конце миоцена, около 10 млн. лет назад. В структурном плане все указанные выше сильные землетрясения были локализованы в пределах фронтальной тектонической дуги, которая соответствует зоне пересечения субгоризонтальной и наклонной ветвей сейсмофокальной палеозоны. Тектонические напряжения, обусловленные субдукцией, по-видимому, сохранились только в субгоризонтальной ветви этой палеозоны.

Для всех современных зон субдукции характерно наличие положительной и отрицательной гравитационных аномалий в изостатической редукции: положительная приурочена к фронтальной тектонической дуге, а отрицательная – к глубоководному желобу. Прекращение субдукции приводит к восстановлению изостатического равновесия. К югу от Алеутско-Камчатского сочленения, где произошел перескок зоны субдукции, на месте палеотектонической дуги образовалась Центральная Камчатская депрессия (Авдейко и др., 2002). При восстановлении изостатического равновесия основные движения произошли по системе разломов, отделяющих депрессию от хребтов Восточной Камчатки. Севернее Алеутско-Камчатского сочленения прекращение субдукции было, по-видимому, не таким резким, как в южной части, и в настоящее время еще идет восстановление изостатического равновесия. На месте фронтальной тектонической палеодуги идет опускание, а на участке палеожелоба – поднятие. Напряжения на границе поднятия и опускания, обусловленные восстановлением изостатического равновесия, и напряжения сжатия непосредственно в зоне палеосубдукции, по-видимому, приводят к взбросо-сдвиговым подвижкам, зафиксированным как по механизмам очагов землетрясений, так и визуальными наблюдениями (Пинегина, Константинова, 2006).

Другой возможной, но не альтернативной, а дополнительной причиной геодинамических напряжений может быть взаимодействие Тихоокеанской литосферной плиты с Северо-Американской плитой или с плитой «Берингия» через Командорскую микроплиту. В соответствии с моделью Трубицына В.П. (Трубицын и др., 1997) такое взаимодействие может вызвать перестройку конвективных течений. Возникающие при этом напряжения сжатия могут быть причиной образования либо новой зоны субдукции, либо возобновления движений по зоне палеосубдукции. Последнее представляется более вероятным, так как зона субдукции здесь не была заблокирована, как это имело место к югу от Алеутско-Камчатского сочленения.

Анализируя причины землетрясений Олюторского района нельзя сбрасывать со счетов и глобальные напряжения в литосфере. Камчатской сетью GPS станций за 4-летний период наблюдений зарегистрированы заметные смещения станций (Левин и др., 2002). Движения на станциях южнее Алеутско-Камчатского сочленения соответствуют модели субдукции, а на станциях Каменское (KMS) и Тилички (TIL) проявлено движение в южном направлении. Источником напряжения, вызывающего движения в южном направлении, может быть неглубокий мантийный плюм, зафиксированный в районе Пенжинской губы по поперечным сейсмическим волнам (Levin et al., 2002). Возможно, продолжающееся поднятие Коряжского нагорья и проявленный здесь четвертичный вулканизм внутриплитного типа (Кепежинскас, Федоров, 1986) обусловлены влиянием неглубокого мантийного плюма.

## ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ, ПОРОЖДЕННОЕ МАНТИЙНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ, И СЕЙСМИЧНОСТЬ В РАЙОНЕ ДВУХ СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ M8

**Болдырев С.А., Гарагаиш И.А.**

*Институт Физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва*

В последовательности землетрясений центральной части Курильской островной дуги, первый очаг с  $M > 8$  произошел под островным склоном желоба за счет типичных для островодужных землетрясений субгоризонтальных напряжений сжатия. Через два месяца в аналогичном по силе приповерхностном землетрясении под океанским склоном желобом реализованы уже субгоризонтальные напряжения растяжения. Имеющиеся модели пространственного моделирования кинематики движения и напряженного состояния среды не объясняют возникновение значительных растягивающих напряжений литосферы, которые реализовались в очаге 13.01.2007. Новые расчеты НДС выполнены в предположении, что тектонические напряжения возникают не только за счет неоднородного распределения плотности, но и при взаимодействии литостатического давления с неоднородностями механических параметров. При этом важным системообразующим фактором является взаимодействие упругой литосферы с вязкоупругой мантией.

В результате расчета установлено, что достижение стационарного режима в гравитирующей системе приводит к изгибу литосферной плиты и возникновению в ней значительных напряжений. При этом вид напряженного состояния (параметр Лоде-Надаи) в верхней части плиты включает все типы - от растяжения до сжатия, в то время как в основании плиты растяжение отсутствует.

## ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ-ДУПЛЕТЫ И ПАРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – ЗАКОНОМЕРНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Викулин А.В.<sup>1,4,5</sup>, Викулина С.А.<sup>2</sup>, Водинчар Г.М.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>3</sup> Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

<sup>4</sup> Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский

<sup>5</sup> Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский

15.11.2006 и 13.01.2007 с интервалом два месяца на Средних Курилах произошло два сильнейших землетрясения с  $M = 8.2 - 8.3$ , афтершоки которых непрерывно заполнили собой сейсмическую брешь, протягивающуюся от северо-восточной оконечности очага 7.09.1918,  $M = 8.2$  (о. Симушир) до юго-западной оконечности очага 1.05.1915,  $M = 8.3$  (о. Шиашкотан). Очаги обоих землетрясений были вытянуты вдоль дуги. Очаг первого из этих землетрясений располагался вблизи островов, второго - в районе оси глубоководного желоба. В течение всей истории инструментальных (конец XIX - начало XX в.) и макросейсмических (середина XVIII в.) сейсмологических наблюдений для района Средних Курил пара землетрясений с такими высокими значениями магнитуд не отмечалась (Новый каталог, 1977; NEIC). Более того, была достаточно распространена точка зрения, согласно которой считалось, что в области Средних Курил землетрясения с  $M > 7.5$  происходить не могут (Тараканов, Ким, Сухомлинова, 1977).

Противоположная точка зрения последовательно отстаивалась Федотовым С.А. (Федотов, 2005) и Викулиным А.В. (Викулин, 2003). Они полагали, что район Средних Курил является «обычной» сейсмической брешью, в пределах которой могут и должны происходить землетрясения с магнитудами  $M = 8$  и более. Согласно схеме долгосрочного прогноза, основанного на принципах миграции и повторяемости землетрясений, сильнейшее землетрясение с магнитудой  $M \geq 7.6 - 7.9$  и очагом в районе Средних Курил ожидалось в 2004 – 2013 гг. (Викулин, 1989, 1990, 1996). И для таких прогнозов были достаточно веские основания. Действительно, согласно данным ряда авторов землетрясение 29.06.1780 с очагом в районе Средних Курил было катастрофическим (Балакина, 1994; Кузин, Лобковский, Соловьева, 2001; Utsu, 1968). Оно сопровождалось на о. Уруп сильными сотрясениями и цунами с высотой волны до 10-12 м (Саваренский, Тищенко, Святловский, Добровольский, Живаго, 1958; Соловьев, 1978) и имело магнитуду  $M = 8.25$  (Соловьев, 1978). Этим данным не противоречит и значение магнитуды землетрясения 29.06.1780, приводимое в наиболее представительном для тех времен каталоге (Новый каталог, 1977):  $M = 7.5 \pm 1.0$ .

Существует (существовала?) и промежуточная точка зрения. Согласно ей район Средних Курил представляет собой «псевдо брешь, для которой период подготовки катастрофического землетрясения с  $M \geq 7.75$  на глубинах до 100 км не может уложиться в рамки сейсмического цикла  $140 \pm 60$  лет по (Федотов, 2005)» (Кузин, Лобковский, Соловьева, 2001). Изучение свойств этой бреши требует проведения дальнейших специальных исследований (Лаверов, Лаппо, Лобковский, Баранов, Кулинич, Карп, 2006). В работе (Викулин, 2003) показано, как в рамках ротационной волновой модели сейсмического процесса, в которой сейсмофокальная зона представляет собой однородный сейсмический пояс, в результате моментного взаимодействия блоков (очагов сильнейших землетрясений) могут быть сняты предположения о «псевдо бреши».

Обращает на себя внимание тот факт, согласно которому в 1780 г. в районе Средних Курил, возможно, произошло два сильнейших землетрясения, магнитуды которых могли достигать и даже превышать значение  $M = 8$ . Отмеченное выше землетрясение 29.06.1780 г. предвараюсь толчком 19 января, который, согласно (Новый каталог, 1977), имел  $M = 7.0 \pm 1.0$ . Землетрясение 19.01.1780 как сильный толчок ощущалось на Северных Курилах и Южной Камчатке и интенсивное цунами после него выбросило на берег судно, стоявшее в гавани на Камчатке (Саваренский и др., 1958). Эти данные позволяют предположить, что два сильнейших события, произошедшие в ноябре 2006 г. и январе 2007 г., представляли собой характерную для района Средних Курил пару событий – дуплет: два толчка через малое время  $\tau$  при небольшом расстоянии  $L$  между их очагами.

## ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА, НУТАЦИЯ ПОЛЮСА И ФОР-, АФТЕРШОКИ

Викулин А.В.<sup>1</sup>, Викулина С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Сейсмический процесс в очаге землетрясения продолжается вполне определенное, отличное от нуля время. И это отличие становится тем заметнее, чем больше магнитуда землетрясения. Для наиболее сильных землетрясений, магнитуды и размеры очагов которых достигают наибольших значений  $M_W = 9-9.5$ ,  $L = 1000-3000$  км, интенсивный афтершоковый процесс продолжается в течение многих дней, недель и даже месяцев. При этом сейсмичность всего региона (островной дуги), а часто и всей планеты, в целом, оказывается сосредоточенной исключительно в пределах только очага большого землетрясения и практически равна нулю за его пределами. Таким образом, пространственно-временные закономерности распределения афтершоков в очагах больших землетрясений отражают региональные и планетарные особенности сейсмического процесса Земли.

Установлено, что в очагах больших землетрясений достаточно сильные форшоки и афтершоки закономерным образом перемещаются – мигрируют. Скорости миграции наиболее сильных форшоков и афтершоков достигают «звуковых» значений  $\approx 0.1 - 1$  км/сек и имеют тенденцию увеличиваться с ростом их магнитуд. Как видим, сейсмический процесс в очагах больших землетрясений представляет собой растянутый в течение продолжительного отрезка времени процесс выделения упругой энергии, который с достаточно высокими скоростями в определенных направлениях (вдоль очагов больших землетрясений) «перемещается» (мигрирует) в пределах сейсмофокальной зоны на большие расстояния.

Сейсмофокальные зоны, в пределах которых располагаются очаги больших землетрясений, являясь составной частью литосферы, вместе со всей планетой участвуют во вращательном движении вокруг ее оси. Линейные скорости движения поверхности Земли в местах интенсивного проявления сейсмического процесса (в диапазоне экватор  $\pm$  средние широты) достигают значений, по величинам сравнимым со скоростями миграции форшоков и афтершоков в очагах больших землетрясений. Поэтому можно ожидать, что вследствие эффекта Доплера, связанного с вращением Земли, направленное перемещение форшоков и афтершоков в ориентированных вдоль широт и долгот очагах больших землетрясений, будет характеризоваться разными значениями и частот и скоростей их миграции.

В работе приведены данные, показывающие возможность существования эффекта «расщепления» значений повторяемости афтершоков и форшоков в широтных очагах больших землетрясений и дано его объяснение в рамках эффекта Доплера, связанного с вращением планеты.

Следует отметить, что близкие по сути эффекты обнаруживают движущиеся атомы и молекулы и в «обычных» с общепринятой физической точки зрения телах, а не только в геологических и геофизических средах, которые были рассмотрены в настоящей работе. Действительно, при высокой температуре и низкой плотности основной причиной расширения спектральных линий движущихся атомов газа является эффект Доплера. Тепловое движение приводит к тому, что у части атомов возникает составляющая скорости, направленная к наблюдателю, а у другой части атомов составляющая имеет противоположное направление. В результате спектральная линия, являющаяся суперпозицией линий, испускаемых многими атомами, вследствие эффекта Доплера расширяется.

Как видим, аналогия между потоком атомов и сейсмическим процессом, на которую более 40 лет тому назад обратил внимание Ризниченко Ю.В. и на «спектральном» уровне может быть продолжена. В контексте настоящей работы аналогом теплового движения атомов могут являться «самосогласованные» волновые движения «элементарных» сейсмофокальных блоков  $L_0$  и слагающих их иерархических ячеек  $L_i$ , расщепление спектральных линий движения которых и происходит вследствие эффекта Доплера, связанного с вращением планеты.

## МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ И ПАРАМЕТРЫ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ XVIII-XIX ВВ.

*Годзиковская А.А.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

К настоящему времени в КФ ГС РАН проведена работа по сбору и анализу всех возможных источников/материалов по камчатским землетрясениям XVIII и XIX вв., параметры которых опубликованы в Новом Каталоге (НК, 1977) и ранее в монографии «Сейсмическое районирование СССР» (далее соответственно НК и СР-68). Основная цель сбора макросейсмических описаний: сделать их доступными широкому кругу ученых для последующих попыток анализа и интерпретации. В самом начале работы было обнаружено, что во всех источниках, на которые ссылались авторы указанных работ, не оказалось публикаций, в которых были бы приведены обоснования выбора параметров событий, вошедших в эти каталоги.

Как написано в НК, для определения параметров очага в регионах при подготовке к печати Нового Каталога, по методу Шебалина Н.В. были ... *«Сделаны шаги в направлении **объективного построения карт изосейст** и в достаточной степени унифицирована процедура их построения»*... *«Определение координат эпицентра не представляло затруднений при наличии **замкнутой первой изосейсты**. В иных случаях его положение уточнялось на более поздней стадии обработки... Наиболее существенным в этой области, по-видимому, является установление экспериментальных соотношений между магнитудой, расстоянием до источника и балльностью (уравнение макросейсмического поля)»*. (НК, с. 9). ... *«**Составители избежали указания даже предполагаемой балльности (в эпицентре) в случае полного отсутствия макросейсмических данных (в эпицентре)**»* (НК, с. 31). *По макросейсмическим данным за эпицентр принимался центр тяжести первой изосейсты с ошибкой, равной ее среднему радиусу ... »* [НК, с. 32] (выделено Годзиковской А.А.).

Ни для одного землетрясения Камчатки XVIII-XIX вв. нет первой изосейсты, как и последующих. Для большинства событий есть макросейсмическое описание в одном пункте. Эти и другие описания, безусловно, имеют самостоятельную ценность, так как по ним можно оценить, с какой интенсивностью (в баллах) ощущалось землетрясение в конкретном пункте. Эти оценки в 1968 г. были получены Федотовым С.А. в рамках задачи уточнения исходной сейсмичности для района расположения проектируемой Кроноцкой ГЭС. Однако, для определения эпицентров землетрясений, при которых наблюдалась та или иная интенсивность в том или ином пункте, макросейсмических описаний недостаточно. А, следовательно, нельзя и определить магнитуду и, тем более, глубину очага.

Посылком к сбору первоисточников и пересмотру полученных ранее параметров событий Камчатки исторического периода послужило то обстоятельство, что в 2005- 2006 гг., вследствие подобной работы, два эпицентра сильнейших и ближайших землетрясений к городу Петропавловску-Камчатскому (1866 г.,  $M_{LN}=7.0$ , расстояние 80 км; 1899г.,  $M_{LN}=7.9$ , расстояние 40 км.) передвинулись, соответственно одно к побережью Аляски в район острова Лесного (*Ljersny*), другое ближе к Гавайским островам (Прибылова, 2005; Прибылова и др., 2006). Таким образом, эпицентры этих событий оказались более чем за три тысячи километров от Камчатки, что далеко выходит за рамки точности определения этих эпицентров, указанной в НК ( $\pm 110$  и  $\pm 330$  км соответственно для эпицентров 1866 и 1899 гг.).

Копии всех собранных макросейсмических описаний переданы отдельным блоком в библиотеку Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и доступны для всех специалистов. Следовательно, камчатские сейсмологи, могут сами проанализировать материал и уже с дополнительным более чем тридцатилетним опытом или подтвердить полученные ранее параметры, или получить новые их значения, или согласится с автором, что эти величины не могут быть определены в том ключе, который был обозначен в Новом каталоге (1977).

Большая работа по сбору и анализу макросейсмических описаний землетрясений Камчатки XVIII-XIX в.в., фрагментом которой является данное сообщение, была выполнена автором по договору с Камчатским филиалом ГС РАН и под внимательным и критичным руководством Чеброва В.Н., некоторые замечания которого были учтены.

Автор благодарит Раевскую А. за обсуждение текста и внесение значительных поправок.

## ЦИФРОВЫЕ ЗАПИСИ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ОЛЮТОРСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ (КОРЯКИЯ, 20.04.2006, $M_w=7.6$ ) И ЕГО АФТЕРШОКАХ

Гусев А.А.<sup>1,2</sup>, Чубарова О.С.<sup>1</sup>, Чебров В.Н.<sup>2</sup>, Абубакиров И.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>.Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup>.Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Олюторское землетрясение ( $M_w=7.6$ ) 20 апреля 2006 года – сильнейшее известное землетрясение на территории Корякского автономного округа (КАО). Уровень сотрясений в эпицентральной зоне достигал при нем 8-9 баллов. Вплоть до апреля 2006 г. на территории КАО не велась регистрация сильных движений грунта. На ближайшей к эпицентру постоянной сейсмической станции, расположенной в пос. Каменское (КАМ), регистрация ведется цифровой широкополосной сейсмической станцией КАМ. К сожалению, максимальные амплитуды сигнала в Каменском были слишком велики для неискаженной регистрации основного толчка (и даже сильнейших афтершоков) на используемых каналах, и удалось получить только ограниченную информацию о колебаниях грунта для этих событий.

В начале мая в эпицентральной зоне (пос. Тиличики) был установлен цифровой акселерограф. Это позволило записать сотни последующих толчков (афтершоков) Олюторского землетрясения.

Поскольку Олюторское землетрясение находится на заметном расстоянии от Камчатской сети, в работе, помимо станций КАМ и TLC, расположенных в КАО, изучались только записи ближайших к эпицентру станций Камчатской сети - ВКИ и КВГ, а также опорной станции РЕТ.

Для обработки записей был применен новый программный пакет, развивающий ранее отработанную методику (Гусева, Гусев, Оскорбин, 1989). В доработке пакета использован модуль деконволюции, любезно предоставленный В.М. Павловым. Важным и существенным новым элементом использованного пакета является использование при оценке сглаженного амплитудного спектра Фурье процедуры предварительного выбеливания сигнала (prewhitening). Метод позволяет существенно подавить искажения оценок спектра при наличии в нем участков крутого спада или нарастания.

Для отобранных записей основного толчка и афтершоков были получены и проанализированы восстановленные сигналы, а также пиковые амплитуды движения грунта – ускорения, скорости и смещения – для всех трех компонент, сглаженные амплитудные спектры Фурье, спектры реакции при 5% затухании для сигналов ускорения грунта.

Проведен предварительный анализ и выявлены некоторые особенности колебаний грунта на разных станциях при Олюторском землетрясении.

Полоса частот спектра Фурье ускорения записи неискаженного участка Р-волны основного толчка на КАМ примерно 0.4-7 Гц. На КВГ и ВКИ верхний срез полосы частот для участка записи Р-волн заметно снизился из-за поглощения, и она составляет 0.4-2 Гц. При этом уровень амплитуд на ВКИ в 5-10 раз ниже, чем на КВГ, хотя их эпицентральные расстояния различаются не сильно. При дальнейшем распространении Р-волн полоса частот спектра на станции РЕТ сузилась примерно до 0.3-1 Гц.

На спектре Р-волн сильнейшего афтершока (22.05.2006 в 11:11,  $M_w=6.6$ ) на КВГ выявлен необычный выброс в полосе 0.5-1 Гц, чего не наблюдается на спектре основного толчка. Низкочастотный пик в области частот 0.2-0.6 Гц прослеживается и на спектре полной записи этого афтершока на TLC.

Сравнение спектров полных записей еще двух более слабых афтершоков, записанных одновременно на TLC и КАМ, показал, что высокочастотный спад спектра на TLC относительно круче при меньшем эпицентральной расстоянии.

Впервые полученные материалы наблюдений на малоизученной территории КАО позволят нам оценить возможные колебания грунта при будущих сильных землетрясениях этого региона и влияние таких факторов, как очаг, трасса распространения сейсмических волн и локальные грунтовые условия.

Как показывает пример Олюторского землетрясения, при всей неполноте собранных данных, их удалось получить только за счет использования современных цифровых средств регистрации.

## СИМУШИРСКИЕ ЦУНАМИ 2006 И 2007 ГГ.: ПРОЯВЛЕНИЯ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ И АКВАТОРИИ ТИХОГО ОКЕАНА

*Ивельская Т.Н.<sup>1</sup>, Поплавский А.А.<sup>2</sup>, Спириин А.И.<sup>2</sup>, Золотухин Д.Е.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Центр цунами Сахалинского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, Южно-Сахалинск*

<sup>2</sup>*Сахалинский филиал Геофизической службы РАН, Южно-Сахалинск*

<sup>3</sup>*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск*

15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. восточнее острова Симушир были зарегистрированы два катастрофических землетрясения с магнитудой  $M_S = 7.8$  и  $8.2$  по данным Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (Голден, Колорадо, США). Оба сейсмических толчка сопровождались волнами цунами, отмеченными практически на всей акватории Тихого океана.

Проанализированы действия Сахалинской службы цунами 15 ноября 2006 года и 13 января 2007 года. Выявлен ряд особенностей цунами, в частности, отмечается слабое затухание волнового процесса во времени и слабое затухание волн при распространении их вдоль побережья Курильских и Японских островов, долговременность процесса генерации волн в очаге цунами (в течение нескольких часов), в результате чего происходила «подпитка» энергией волнового процесса.

Сообщается о результатах обследования побережья средних Курильских островов (Уруп, Симушир, Кетой), в рамках 1 этапа морской экспедиции в район Симуширских землетрясений и цунами, организованной в июле 2007 года ИМГиГ ДВО РАН:

- на острове Уруп заплески цунами достигали 6 метров;
- на острове Кетой максимальные заплески цунами превышали 8-10 метров;
- на острове Симушир обнаружены следы нескольких катастрофических заплесков цунами с высотой более 10-15 метров с тихоокеанской стороны и около 8 метров на восточной части Охотоморского побережья.

Оба Симуширских цунами были численно промоделированы с помощью комплекса программ ANI. Модельный источник задавался в двух вариантах. Оба численных эксперимента дали результаты, сопоставимые друг с другом и фактическими данными. Однако, источник дипольного типа на основе GPS наблюдений, представляется более предпочтительным. Максимальные заплески, полученные от этого источника, в целом, ближе к наблюдавшимся максимальным амплитудам волн. Параметры макросейсмического источника цунами 13 января 2007 года, совпадают с аналогичными параметрами ноябрьского цунами.

Мареографные данные, имеющиеся в нашем распоряжении, свидетельствуют о пригодности обоих источников для моделирования цунами в оперативном режиме. Но и в этом случае предпочтительнее оказался дипольный вариант источника.

Любопытно отметить, что хотя оценки моментных магнитуд для обоих Симуширских землетрясений сопоставимы между собой (как по данным NEIC, так и Harvard), тем не менее эффект цунами 13 января 2007 года оказался заметно слабее практически на всем побережье Тихого океана по сравнению с проявлениями ноябрьского цунами 2006 года. Предполагается, это связано с тем обстоятельством, что землетрясение 15 ноября 2006 года произошло после длительного сейсмического затишья. Отсутствие сильных землетрясений на континентальном склоне в течение долгого времени создает благоприятные условия для осадконакопления. Не исключено, что при первом Симуширском землетрясении сработали сразу два механизма возбуждения цунами: поршневой (остаточные смещения) и гравитационно-оползневой, тогда как при втором – только один поршневой.



## СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ОЛЮТОРСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

*Константинова Т.Г.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский.*

Сотрудники Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Пинегина Т.К. и Константинова Т.Г. сразу же после землетрясения 20(21) апреля 2006 г. провели макросейсмическое обследование поселков Корф, Тилички и Хаилино, расположенных в эпицентральной зоне землетрясения.

При обследовании повреждений зданий и сооружений использована сейсмическая шкала MSK-64, которая применима к определению степени повреждения зданий без антисейсмических мероприятий (Медведев, 1968). Здания в поселках Корф, Тилички и Хаилино получили степени повреждения от 1 до 4. При обследовании землетрясения 1971 года в городе Петропавловске-Камчатском в добавление к шкале MSK-64 введены промежуточные оценки степени повреждения зданий (Баранников и др., 1975). Эта градация применена при обследовании зданий при Олюторском землетрясении. Максимальная степень повреждения зданий и сооружений в Петропавловске-Камчатском не превышала 3, поэтому степень повреждения  $d=3.5$  дополнена в результате обследования Олюторского землетрясения.

Градация степени повреждения зданий от 1 до 4, примененная при макросейсмическом обследовании последствий Олюторского землетрясения:

1. Структурные повреждения.
- 1.5. Значительные структурные повреждения. Очень слабые конструктивные повреждения.
2. Конструктивные повреждения.
- 2.5. Значительные конструктивные повреждения.
3. Конструктивные повреждения на грани обрушения.
- 3.5. Конструктивные повреждения с разрушением отдельных частей зданий.
4. Разрушения (проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушения связей между частями зданий).

В поселках Корф, Тилички и Хаилино с 23 апреля до 7 мая 2006 года был обследован 151 дом.

В поселке Корф обследовано 57 домов, среди них 18 зданий каменной застройки, 24 двухэтажных дома из бруса и 15 одноэтажных деревянных домов. В поселке значительные конструктивные повреждения ( $d=3-3.5$ ) получило большинство (83%) обследованных зданий каменной постройки, 71% двухэтажных зданий из бруса и многие (53%) одноэтажные деревянные дома. Эти дома практически не пригодны для дальнейшей эксплуатации.

В поселке Тилички обследовано 64 строения, из них 27 зданий каменной постройки, 25 двухэтажных и 12 одноэтажных деревянных домов. В поселке значительные конструктивные повреждения ( $d=3-4$ ) получило большинство (82%) обследованных зданий каменной постройки, они не пригодны для дальнейшей эксплуатации, 36% двухэтажных зданий из бруса и 17% одноэтажных деревянных дома.

В поселке Хаилино обследовано 30 сооружений, среди них 4 каменных строения и пристройка к ДЭС, 10 двухэтажных и 16 одноэтажных деревянных домов. Степени повреждения обследованных строений 1-3.5. В поселке значительные повреждения ( $d=3-3.5$ ) получило 40% обследованных зданий каменной постройки, 40% двухэтажных зданий из бруса и половина одноэтажных деревянных домов.

Таким образом, здания, возведенные на грунтах, способных разжижаться при землетрясениях, получили наибольшие повреждения.

## РАЗЖИЖЕНИЕ ГРУНТОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ

*Константинова Т.Г., Пинегина Т.К.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский.*

Способность грунтов отдавать свободную воду и разжижаться при механических воздействиях присуща рыхлым пескам, илам, суглинкам и супесям. При разжижении грунтов образуются песчаные вулканы, которые сопровождаются извержениями воды с песком и илом. Прочность таких грунтов резко снижается, при этом сооружения проседают, наклоняются, а иногда и опрокидываются.

Город Нефтегорск (Сахалин) был построен на песчаных отложениях мощностью более 10 метров. В пределах города встречаются пески, обладающие свойствами пльвунов. При землетрясении 27(28) мая 1995 года полностью разрушены все пятиэтажные крупноблочные жилые дома (17 строений). Значительные повреждения, вплоть до полного обрушения, получили два двухэтажные каркасные здания, трехэтажное кирпичное здание школы, административное здание с почтой. Все они были построены без антисейсмических мероприятий. Полностью разрушено двухэтажное каркасно-панельное здание, построенное с антисейсмическими мероприятиями.

При землетрясении 24 ноября 1971 года в городе Петропавловске-Камчатском в главном корпусе областной больницы произошли значительные конструктивные повреждения. Были прорваны водопроводные трубы. На намывных грунтах появилась система трещин шириной до 10 см и образовались просадки грунта до 0.5 м. Лед толщиной около 30 см на Култушном и Халактырском озерах и других водоемах был разбит трещинами, иногда со слабым торшением и выплесками воды.

Грунты, подверженные разжижению, в городе Петропавловске-Камчатском прослеживаются вдоль береговой полосы города от морского порта до жестяно-баночной фабрики и судовой верфи на насыпных и намывных грунтах, от здания областной администрации по низменной части вдоль улицы Максимова, до стадиона "Спартак", центрального рынка и зданий областной больницы. Возможны они в районе Камчатского государственного университета и в некоторых других местах в пределах лагунных отложений.

При Олюторском землетрясении 20(21) апреля 2006 г. в поселке Корф произошло повсеместное разжижение грунтов, которое сопровождалось излиянием обводненного песка по трещинам и образованием грязевых вулканов.

Поселок Корф расположен на морской косе, протягивающейся узкой полосой на 20 км, максимальная ширина её не превышает 650 м. Наиболее высокая часть Корфской косы 2.9 м над уровнем моря.

В инженерно-геологическом разрезе современные морские отложения ( $mQ_{IV}$ ), представлены песками от пылеватых до гравелистых, гравийными и галечниковыми грунтами с песчаным заполнителем. Они залегают в виде линз, прослоев и не выдержаны по мощности и простираению. Грунтовые воды встречены преимущественно на глубинах от 1.5 до 2 м, на заболоченных участках – от 0 до 1.0 м.

Большее количество выбросов наблюдалось в западной части косы, где мощность морских разнородных песков, перекрывающих лагунные отложения, была наименьшей.

В поселках Хаилино и Тилички разжижение грунта носило более локальный характер. Во всех поселках в результате землетрясения в рыхлых грунтах возникла сеть трещин. Трещины, в основном, достигали глубины 1-2 м, иногда и более, протяженность некоторых из них доходила до нескольких сотен метров. Ширина их изменялась от нескольких сантиметров до 1-1.5 метров. Трещины разрывали фундаменты домов, реке несущие стены. Они вызвали наибольшие повреждения строений.

Результаты макросейсмических обследований последствий сильных сейсмических событий, свидетельствуют о том, что наихудшими являются рыхлые пески, насыпные и намывные грунты и тонкодисперсные лагунные отложения. Сейсмические колебания на этих отложениях вызывают потерю их устойчивости и переход в разжиженное состояние. Здания, возведенные на таких грунтах, при сильных землетрясениях получают наибольшие повреждения.

## ГИДРОГЕОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНАХ КАМЧАТКИ В СВЯЗИ С СИЛЬНЕЙШИМИ ( $M \geq 7.6$ ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

*Копылова Г.Н.<sup>1</sup>, Смолина Н.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup> ОАО «Камчатгеология», Петропавловск-Камчатский

Специализированные уровнемерные наблюдения в скважинах с целью поиска гидрогеодинамических предвестников камчатских землетрясений проводятся Камчатским филиалом Геофизической службы РАН с 1996 г. и ОАО «Камчатгеология» с 2001 г. К настоящему времени наблюдательная сеть включает шесть скважин, на которых установлены цифровые автономные регистраторы Кедр А2 (ООО «Полином», г. Хабаровск), оборудованные ультразвуковыми датчиками уровня воды и атмосферного давления. С 2005-2006 гг. на всех скважинах осуществляется синхронная регистрация вариаций уровня воды и атмосферного давления с периодичностью 10 минут. Чувствительность измерений уровня воды составляет 0.1 см, атмосферного давления - 0.2 гПа.

За время наблюдений в изменениях уровня воды были зарегистрированы вариации в связи с восемью сильнейшими землетрясениями ( $M=7.6-9.0$ ), произошедшими в западной и северо-западной части Тихоокеанского сейсмического пояса на расстояниях (R) 310-8290 км (включая произошедшие в Камчатском регионе Кроноцкое землетрясение 5.12.1997 г.,  $M=7.8$  и Олюторское землетрясение 20.12.2006 г.,  $M=7.6$ ).

В период Кроноцкого землетрясения в изменениях уровня воды в скважине ЮЗ-5 (R=310 км) выделены три последовательно проявившихся типа гидрогеосейсмических вариаций: 1 – гидрогеодинамический предвестник (понижение уровня в течение трех недель с амплитудой 11 см), 2 – косейсмический скачок понижения уровня с амплитудой 12.2 см вследствие расширения водовмещающих пород при образовании разрыва в очаге, 3 – постсейсмическое понижение уровня в течение трех месяцев и его восстановление к прежнему положению в течение двух лет (Копылова, 2006). При прохождении сейсмических волн от катастрофического Суматра-Андаманского землетрясения, его сильнейшего афтершока ( $M=8.7$ ), а также от землетрясения 25.09.2003 г.,  $M=8.3$  в районе острова Хоккайдо, зарегистрированы колебания уровня воды в скважине ЮЗ-5 продолжительностью 10, 4.5 и 0.5 ч.

Прохождение сейсмических волн от сильнейших землетрясений 2006-2007 гг. (Олюторское, Симуширские землетрясения 15.11.2006 г. и 13.01.2007 г., землетрясение 1.04.2007 г.,  $M=8.1$  в районе Соломоновых островов) сопровождалось разнообразными вариациями уровня воды в наблюдательных скважинах, включающими колебания, остаточные понижения и повышения. Изучение таких эффектов направлено на совершенствование теории землетрясений и их воздействия на геологическую среду, в частности, на состояние подземных вод, а также на обоснование технических требований к оборудованию, применяемому при проведении гидрогеодинамического мониторинга.

В работе показано, что особенности проявления гидрогеосейсмических вариаций уровня воды в конкретной скважине определяются ее строением, гидрогеологическими условиями, магнитудой и удаленностью землетрясения и, по-видимому, амплитудно-частотным составом сейсмических волн. Среди вариаций уровня воды, проявившихся при прохождении сейсмических волн от сильнейших землетрясений, выделены (1) вынужденные и свободные колебания с остаточным смещением или без него; (2) понижение или повышение уровня после прохождения сейсмических волн с последующим восстановлением. Рассматриваются возможные механизмы образования таких вариаций.

Дальнейшее исследование гидрогеосейсмических эффектов в изменениях уровня воды предполагает совершенствование системы регистрации на скважинах для обеспечения более точной информации об амплитудно-частотном составе вариаций уровня воды при возникновении колебательного режима, формирования косейсмических скачков и возможных краткосрочных предвестников. Оптимальной является регистрация уровня воды не реже одного измерения в секунду или чаще.

## ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЦУНАМИ 15.11.2006 г. НА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КУРИЛАХ

*Кравчуновская Е. А.<sup>1</sup>, Пинегина Т.К.<sup>1</sup>, Бурджуа Д.<sup>2</sup>, Макиннесс Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

<sup>2</sup> *Университет штата Вашингтон, Сиэтл, США*

В июле-августе 2007 г. на Центральных Курилах было проведено обследование, посвящённое изучению последствий цунами, вызванного землетрясением 15.11.2006 г. Наряду с определением высот и дальностей заплеска волн, изучались также геолого-геоморфологические эффекты цунами на побережьях островов Кетой, Симушир, Матуа, Янкича, Рыпонкича, Расшуа.

Наблюдавшиеся геолого-геоморфологические эффекты цунами отличаются значительным разнообразием. Были выделены и детально охарактеризованы различные типы эрозионных и аккумулятивных цунамигенных форм рельефа.

Для индикации глубины цунамигенной эрозии и мощности цунамигенных отложений, наряду с геолого-геоморфологическими методами, использовался анализ степени нарушения растительного покрова побережий и наблюдения за ходом его восстановления в первый вегетативный сезон после события.

Проявления цунамигенной эрозии и аккумуляции различаются в зависимости от геоморфологических условий побережья. Для каждого из типов берега характерными оказались определённые типы цунамигенных форм рельефа. Так, например, для абразионных валунно-глыбовых берегов характерен существенный размыв обращённых к морю крутых высоких уступов. На поверхности валунно-галечных аккумулятивных террас часты круглые, овальные или руслообразные промоины. Для песчаных аккумулятивных террас типично постепенное уменьшение мощности цунамигенных песков в сторону суши, а также эрозия обращённых к морю склонов береговых валов.

Детальное описание форм рельефа, созданных цунами, очень важно, поскольку они могут давать информацию об энергии и динамике набегающих на берег волн. Кроме того, наличие представлений о современных цунамигенных формах позволяет диагностировать и древние формы, которые, наряду с отложениями цунами, могут свидетельствовать о древних событиях и их параметрах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 07-05-10070к, 06-05-08098, 07-05-00363, 06-05-64025а), Президиума ДВО РАН и Национального научного фонда (NSF) ARC-0508109.

## ОЛЮТОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 20(21) АПРЕЛЯ 2006 г. $M_w=7.6$ : ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРИИ АФТЕРШОКОВ

*Ландер А.В.<sup>1</sup>, Левина В.И.<sup>2</sup>, Иванова Е.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН,  
Москва*

<sup>2</sup>*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г.,  $M_w=7.6$ , произошло в юго-западной части Корякского сейсмического пояса. Эпицентр Олюторского землетрясения практически совпадает с эпицентром предыдущего сильнейшего землетрясения Корякии - Хаилинского, 1991 г.,  $M_w=6.6$ . Оба события уникальны для сейсмической истории региона последних 80-100 лет.

Олюторское землетрясение сопровождалось интенсивной серией афтершоков, которая еще продолжалась в феврале 2007 г. В настоящее время Камчатской региональной сетью определены параметры около тысячи из них, однако полностью обработано только пять первых дней афтершокового процесса. Сильнейшие из афтершоков достигают магнитуды 6.7. За апрель-май в очаге Олюторского землетрясения зарегистрировано 19 событий энергетическим классом выше 11.5, из них 11 событий в течение первых пяти дней, а 9 – в течение первых двенадцати часов.

Полная сейсмическая энергия, выделившаяся в очаговой области за все прошедшее время ее активности, оценивается как  $1.5 \cdot 10^{15}$  Дж. Две трети этой величины приходится на главное землетрясение и одна треть на афтершоковый процесс.

Очаговая область Олюторского землетрясения, занятая афтершоками, протянулась в северо-восточном направлении вдоль долины р. Вывенки на расстояние более 200 км. На протяжении 140 км большое число эпицентров концентрируется вблизи наблюдавшихся на поверхности сейсморазрывов. Ширина главной области афтершоков около 75 км, однако, небольшая часть землетрясений распространилась на юго-восток на расстояние до 60 км от эпицентра. Основное облако афтершоков располагается вдоль наклонной поверхности, падающей на юго-восток, причем крутизна ее падения растет с северо-востока на юго-запад.

В длиннопериодных оценках тензора сейсмического момента главного толчка преобладают взбросовые деформации. Однако в решении механизма по знакам первых вступлений большую роль играют правосдвиговые компоненты. Возможно, последние преобладали в начальные моменты главной подвижки, но затем сменились на взбросовые движения.

У юго-западного окончания зоны происходили деформации противоположного типа - левые сдвиги. По-видимому, с ними связан сильнейший афтершок, произошедший через месяц после главного землетрясения.

## МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 20(21) АПРЕЛЯ 2006 Г. НА ТЕРРИТОРИИ КАО, КАМЧАТСКОЙ И МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

*Митюшкина С. В., Иванова Е. И.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г. вызвало значительный макросейсмический эффект на территории Корякского автономного округа (КАО) и прилегающих к нему Магаданской и Камчатской областях. Макросейсмическому воздействию подверглась территория площадью около 400000 кв. км, на которой землетрясение проявилось с интенсивностью от 2 до 10 баллов по шкале сейсмической интенсивности MSK-64. В эпицентральной зоне образовались сейсморазрывы и трещины на поверхности земли, все здания в населенных пунктах получили повреждения. Жертв среди населения не было, но зарегистрированы случаи травматизма.

В первые часы и дни сотрудниками лаборатории сводной обработки КФ ГС РАН был проведен телефонный опрос жителей населенных пунктов КАО и Камчатки. В дальнейшем сбор и анализ макросейсмических материалов был продолжен по письменным сообщениям, полученным по почте, по результатам опросов очевидцев землетрясения и по материалам групп, проводивших обследование населенных пунктов и местности в эпицентральной зоне. Для оценки интенсивности сотрясений в эпицентральной зоне дважды собирался экспертный совет, в состав которого входили сотрудники Института вулканологии и сейсмологии РАН и Камчатского филиала ГС РАН.

Проведен анализ материалов, собранных как в эпицентральной зоне, так и на более далеких расстояниях. Анализировались сведения из 37 населенных пунктов, находящихся на вышеуказанной территории. На основе полученной информации составлена сводка оценок макросейсмической интенсивности в баллах, построены изосейсты, определена макросейсмическая магнитуда. Полученные изосейсты хорошо согласуются с направлением основных тектонических структур Корякского нагорья. Значение макросейсмической магнитуды ( $M=7.8$ ) практически совпадает со значением инструментально определенной магнитуды ( $M_w=7.6$ ).

В работе также приводятся сведения о макросейсмических проявлениях афтершоковой серии толчков Олюторского землетрясения на территории КАО.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЛУБИННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ В РАЙОНЕ КАМЧАТСКОГО ПЕРЕШЕЙКА И МАТЕРИКОВОЙ ЧАСТИ КАМЧАТСКОЙ ОБЛАСТИ В СВЕТЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ОЛЮТОРСКОМ РАЙОНЕ В АПРЕЛЕ-МАЕ 2006 Г.

Нурмухамедов А. Г.

ОАО «Камчатгеология», Петропавловск-Камчатский

Предлагаются к рассмотрению результаты геолого-тектонической интерпретации глубинных геофизических исследований проведенных в районе Камчатского перешейка и материковой части Камчатской области. В свете последней сейсмической активности в апреле и мае 2006 г. более пристального внимания заслуживает район сочленения Центрально-Корякской и Олюторской структурно-формационной зон. Проведен широкий анализ всей совокупности геолого-геофизической информации, накопленной по данному региону за все предыдущие годы. Но в основе ключевых выводов заложены результаты *магнитотеллурического зондирования (МТЗ)*.

Ещё на стадии производства региональных работ по субширотным профилям (1979–2006 гг.) особый интерес вызвали результаты работ МТЗ по профилю п. Лесная – п. Оссора (2000-2002), пересекающему Камчатский перешеек в его центральной части. Первые же материалы, полученные в результате обработки полевых наблюдений МТЗ и МОВЗ, показали уникальность разреза по отношению ко всем профилям, ранее отработанным в южной и центральной частях полуострова. Уникальность состоит в чётком разделении разреза на западную, относительно низкоомную часть (100 - 1000 Ом·м) и восточную – высокоомную (400 – 6000 Ом·м). Более того, в восточной части разреза в интервале глубин 2 – 30 км выделен обособленный аномально высокоомный объект с удельным сопротивлением, достигающим 10000 Ом·м. Такие высокие сопротивления в значительных объёмах на Камчатке были зафиксированы впервые (Нурмухамедов, 2003). В результате интерпретации комплекса геолого-геофизических данных в восточной части исследуемой территории выделен палеосубокеанический тип земной коры, осадочный чехол которой превращён в метаморфический фундамент (Мишин, Нурмухамедов, Белоусов, 2003). В своей западной части данная кора сочленяется (взаимодействует) с континентальной корой. Взаимодействие носит характер *обдукции*, т.е. надвига земной коры океанического типа на земную кору материкового типа (Нурмухамедов, 2003). Очевидно, под влиянием обдукции произошло смещение в западном направлении глубинной корово-верхнемантийной проводящей структуры, линейно простирающейся вдоль всего полуострова (Нурмухамедов, 2006). Амплитуда этого выступа достигает нескольких десятков километров. Характерные перегибы на границах выступа совпадают с глубинными разломами алеутского направления. Выделен фронт обдукции, положение которого хорошо согласуется с результатами геологической съёмки (Геологическая карта, 2005). Предполагается, что Олюторские землетрясения 1991 и 2006 годов явились прямым следствием обдукции, то есть взаимодействия коровых плит различного типа.

Обдукция могла стать причиной замыкания Пенжинского палеорифта (Апрелков, Декина, Попруженко, 1997) в неокоме. Очевидно, формирование гигантского надвига началось несколько ранее собственно процесса замыкания рифта – возможно в верхней юре. И в этом случае возраст его формирования составляет не менее 140 – 150 миллионов лет.

Не исключено, что повышенная сейсмичность северо-западных окраин палеосубокеанической плиты является результатом процессов как *обдукции*, в северо-западном направлении со стороны Тихого океана, так и *субдукции* со стороны Пенжинского рифта в юго-восточном направлении. Два этих процесса взаимодействуют в районе Камчатского перешейка и в материковой части Камчатской области – в районе границы между Центрально-Корякской и Олюторской структурно-формационными зонами.

**ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ  
20 АПРЕЛЯ 2006 Г.,  $M_w=7.6$ , ПО ДЛИННОПЕРИОДНЫМ СЕЙСМОГРАММАМ  $P$ -ВОЛН  
МИРОВОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ**

*Павлов В. М., Абубакиров И. Р.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Исследована пространственно-временная структура очага разрушительного ( $M_w=7.6$ ) Олюторского землетрясения, произошедшего 20.04.2006 г. на территории Корякского автономного округа. Эта структура охарактеризована через *пространственно-временные степенные моменты очага* порядков 1 и 2; последние определяли на основе записей  $P$ -волн на широкополосных станциях мировой сети и японской сети F-net.

Для исключения искажений, обусловленных трассой источник-приемник, использовали *метод эмпирических функций Грина*. В основе этого метода представление записи группы  $P$ -волн (прямой  $P$ -волны и отраженных от поверхности Земли  $pP$ - и  $sP$ -волн) в виде свертки функции Грина – сейсмограммы от точечного мгновенного источника – с временной функцией по форме, совпадающей с импульсом  $P$ -волны, излученным протяженным очагом в направлении луча на станцию – кажущейся относительной временной функцией источника. При этом в качестве функции Грина принимается сейсмограмма относительно слабого толчка, в данном случае, афтершока с глубиной гипоцентра и механизмом близкими к таковым для основного толчка.

Расчет кажущихся относительных временных функций источника проводился во временной области с использованием алгоритма неотрицательных наименьших квадратов с дополнительными ограничениями. Затем для кажущихся относительных временных функций источника на использованных станциях определялись их нормированные степенные моменты порядка 1 и 2, а по набору этих моментов – степенные моменты очага.

Интерпретация полученного набора степенных моментов очага порядков 1 и 2 проведена в рамках *модели линейного излучателя* с постоянной погонной плотностью сейсмического момента, с постоянной скоростью вспарывания и двусторонним распространением разрыва. Дополнительно было найдено и использовано положение конечной точки разрыва.

Получены следующие *оценки*:

*центр тяжести очага расположен к ЮЗ от эпицентра на расстоянии 13-25 км;*

*длина очага  $112.8 \pm 8.4$  км;*

*причем более длинное плечо (ЮЗ) имеет длину  $72.2 \pm 4.5$  км,*

*а более короткое плечо (СВ) –  $40.6 \pm 4.5$  км;*

*азимут простирания очага (азимут направления преимущественного распространения разрыва)  $222^\circ$ - $228^\circ$ ;*

*скорость распространения разрыва 2.7-3.0 км/с;*

*полная длительность излучения 24-27 с.*

Характеристики очага приемлемо согласуются с геометрией афтершоковой зоны, с механизмом очага, а также с поверхностными проявлениями разрыва по данным полевой геологии.



## ЦУНАМИ 15 НОЯБРЯ 2006 НА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПОДОБНЫХ СОБЫТИЙ В ПРОШЛОМ (ПО ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

Пинегина Т.К.<sup>1</sup>, Буржуа Д.<sup>2</sup>, Разжигзаева Н.Г.<sup>3</sup>, Левин Б.В.<sup>4</sup>, Кайстренко В.М..<sup>4</sup>,  
Кравчуновская Е.А.<sup>1</sup>, Макиннесс Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup>Университет штата Вашингтон, Сиэтл

<sup>3</sup>Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

<sup>4</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

Сильнейшее землетрясение с магнитудой  $M_w=8.3$  произошло 15 ноября 2006 г. в районе Центральных Курильских островов. Это землетрясение явилось первым событием подобной силы за всю историю сейсмологических наблюдений в данном районе. Летом 2007 г. на Центральных Курилах было проведено две международных экспедиции, в задачи которых входило обследование параметров цунами на побережье.

Финансирование экспедиций происходило на средства РФФИ (гранты №07-05-10070к, 06-05-08098, 07-05-00363, 06-05-64025), Президиума ДВО РАН и гранта NSF “Kuril Biocomplexity Project” (ARC-0508109, руководитель Б. Фицью).

Во время экспедиций более чем в 300 точках побережий островов Симушир, Кетой, Янкича, Рыпонкича, Расшуа, Матуа были определены высоты и дальности заплесков цунами 15.11.2006. Во многих случаях высота заплесков составила 8-12 м, а в ряде случаев превышала 20 м. Как правило, наибольшие высоты заплесков цунами наблюдались на крутых участках побережий, а наибольшие дальности – на пологих. В обследованных районах максимальная интенсивность цунами зарегистрирована на побережье бухты Айну на о. Матуа, где следы воздействия цунами были обнаружены на больших высотах (18-20 м) и на значительном удалении от берега (350-400 м).

Все собранные во время экспедиций данные после их окончательной обработки войдут в российские и мировые базы данных. Полученный фактический материал позволит отестировать и уточнить численные модели, на основе которых оценивается цунамиопасность побережий.

Помимо сведений о параметрах недавнего цунами, в ходе работ на Центральных Курилах впервые были получены данные по палеоцунами. Так, в бухте Душной (СВ побережье о. Симушир) на высоте от 3 до 20 м над уровнем моря были найдены отложения цунами, произошедших за последние ~ 500 лет. Количество идентифицированных нами горизонтов закономерно уменьшается по мере удаления от берега и увеличения высоты террас. На острове Матуа на морских террасах высотой 4-15 метров так же были обнаружены следы палеоцунами. Из них по меньшей мере четыре события произошло за последние ~ 1100 лет.

Данные, полученные в ходе экспедиций, показали, что Центральные Курилы сейсмически так же активны, как и остальная часть Курило-Камчатской зоны субдукции. Полученный фактический материал позволил предварительно оценить повторяемость цунами в районе, которая составила одно событие в 50 и более лет.

Однако, для реальной оценки цунами- и сейсмоопасности, необходимо знать магнитуды палеоземлетрясений и их связь с интенсивностью цунами. Событие 2006 г. предоставило нам уникальную возможность сравнить высоты и дальности заплеска цунами, гранулометрический состав и мощность цунамигенных отложений с теми же параметрами более древних цунами. По предварительным данным, полученным в 2007 г., было выяснено, что наиболее сильные цунами, по своей интенсивности сопоставимые либо превосходившие цунами 2006 г., происходили в позднем голоцене на Центральных Курилах примерно раз в 250-500 лет. Эти цунами могли быть связаны с землетрясениями с  $M \geq 8$ .

## ОПЕРАТИВНАЯ ОБРАБОТКА СИЛЬНОГО ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 20 АПРЕЛЯ 2006 Г И ЕГО АФТЕРШОКОВ

*Сенюков С.Л., Дрознина С.Я., Козлова Н.И., Пасечко Н.П., Нуждина И.Н.,  
Кожневникова Т.Ю.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Лаборатория Исследований Сейсмической и Вулканической Активности (ЛИСВА) Камчатского Филиала Геофизической Службы (КФ ГС) РАН проводит обработку землетрясений Камчатки и Командорских островов по данным радиотелеметрических станций в режиме, близком к реальному времени, и составляет оперативный каталог. Каталог ежедневно публикуется в интернете (<http://data.emsd.iks.ru/regquake/index.htm>) и рассылается согласно установленному регламенту. Это является одним из главных результатов КФ ГС РАН. Кроме того, в течение рабочего дня (с 08 час 00 мин до 18 час 00 мин местного времени), сотрудники ЛИСВА определяют стандартные параметры землетрясений с  $M_{сд} \geq 4.5$  - для всего региона ответственности (с  $M_{сд} \geq 4.0$  - для Авачинского залива) и передают сообщения по системе срочных донесений не позднее 30 мин после начала сейсмического события.

Сильнейшее событие 2006 г с магнитудой  $M_{сд} \geq 7.8$  произошло 21 апреля в 12 час 24 мин 55 сек местного времени (или 20 апреля в 23 час 24 мин 55 сек UTC) в Олюторском районе Корякского автономного округа. Вслед за главным событием последовала мощная афтершоковая последовательность.

Первоначальное определение параметров землетрясения вызвало серьезное затруднение у дежурного сотрудника по следующим причинам:

- 1) значительная удаленность - ближайшая станция находится в 600 км от эпицентральной зоны Олюторского землетрясения;
- 2) одностороннее расположение радиотелеметрических станций КФ ГС РАН;
- 3) устаревшая программа расчета гипоцентров, использующая плоскую модель.

Только привлечение данных со станций мировой сети "IRIS" Билибино» и «Магадан», доступ к которым в срочном порядке обеспечил Дрознин Д.В., позволило корректно определять параметры землетрясений из этого района.

Для обработки мощного роя афтершоков и оперативной оценки сейсмической опасности, приказом по КФ ГС РАН, был введен чрезвычайный режим работы. Для сотрудников лаборатории ИСВА было организовано круглосуточное сменное дежурство. В таком режиме лаборатория работала 10 суток до значительного уменьшения сейсмической активности. В течение этого времени было обработано 115 землетрясений и передано 9 сообщений по регламенту службы срочных донесений.

Таким образом, в оперативном режиме удалось проследить за основными параметрами развития очаговой зоны сильного Олюторского землетрясения 20 апреля 2006 года, что позволило сделать своевременные оценки сейсмической опасности. В истории Геофизической Службы РАН это был второй случай после Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 год.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ФОРШОКОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

*Сибгатулин В.Г.<sup>1</sup>, Симонов К.В.<sup>2</sup>, Пертокин С.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Экологический центр при КНЦ СО РАН, Красноярск*

<sup>2</sup>*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск*

Работа посвящена анализу последовательности «индикаторных» землетрясений (форшоков), которые предвещали сильнейшие землетрясения, произошедшие в районе Средних Курил 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. Анализируются конфигурация, формирующейся очаговой области, и характер форшокового процесса для соответствующих периодов времени наблюдений.

В работе на основе энергетических представлений об очаговой области предлагается подход для количественного описания динамики сейсмического процесса в период подготовки сильного землетрясения. Разрабатываемая алгоритмическая схема предназначена для осуществления оперативного прогноза сейсмической опасности и основана на анализе пространственно-временной последовательности сейсмических событий в выделенной очаговой области. Данный алгоритм применяется для анализа наблюдений о подготовке сильнейших землетрясениях в районе Центральных Курил в 2006 – 2007 годах.

Алгоритмическая схема оперативной оценки сейсмической опасности включает выделение области подготовки сильного землетрясения. Критерием для такого выделения служат известные признаки, характеризующие общий повышенный фон значений ряда предвестников, которые регистрируются на основе организованной в исследуемой области системы сейсмического мониторинга. Выполняется разделение регистрируемых сейсмических событий в анализируемой пространственно-временной последовательности на высокоэнергетические и низкоэнергетические уровни, характеризующие состояние изучаемой среды и определяющие условия возникновения сильного землетрясения.

Рассматривается сейсмический процесс в координатах магнитуда – время. Это позволяет анализировать во времени изменение формы «энергетического сигнала» от потока изучаемых сейсмических событий, то есть рассматривать указанную запись сейсмического процесса как некоторый аналог сейсмограммы. Сформулированы выявленные на «сейсмограммах» признаки подготовки землетрясений и особенности форшокового процесса для исследуемого сейсмического очага.

При рассмотрении сейсмического процесса подготовки катастрофических землетрясений 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. в регионе Центральных Курил выделяется сейсмоактивная очаговая область радиусом 400 км. В рассматриваемой сейсмической системе за период времени 1.08.2006–20.09.2007 наблюдаются землетрясения с магнитудами в интервале  $3 < M < 8.2$  в диапазоне глубин 10–40 км. Для целей оперативной оценки сейсмической опасности в структуре изучаемого пространственно-временного ряда выделены признаки, имеющие прогностический характер.

Предлагаемый алгоритм анализа сейсмического процесса позволяет реализовывать пространственно-временной контроль неустойчивости очаговой области. Прогноз сейсмической опасности на основе оценки проявлений индикаторных землетрясений (форшоков) является по своей сути динамическим и самообучающимся, т.е. с течением времени оценка опасности уточняется, а после завершения каждого сейсмического цикла пороговые параметры прогноза могут быть скорректированы.

## ДИНАМИКА СКОРОСТНОГО СТРОЕНИЯ ОЧАГОВОЙ ОБЛАСТИ КРОНОЦКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1997 г.

*Славина Л.Б.<sup>1</sup>, Пивоварова Н.Б.<sup>1</sup>, Левина В.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физики Земли РАН, Москва*

<sup>2</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Оценка состояния среды в очаговой зоне сильного землетрясения в период его подготовки, развития афтершокового процесса, а также восстановление состояния среды после затухания афтершоков мало изученная проблема. В работе рассматриваются результаты изучения трехмерного скоростного строения очаговой области Кроноцкого землетрясения за длительный период времени.

Нами впервые предпринята попытка восстановления поля скорости внутри очаговой зоны по временам пробега  $P$ - и  $S$ -волн от афтершоков, зарегистрированных сейсмической сетью КФ ГС РАН. Авторы восстановили скоростное поле  $P$ -волн в рассматриваемой зоне фоллоков и афтершоков Кроноцкого землетрясения, используя методику обратимой волны.

Проведенные исследования скоростного строения очаговой зоны сильного Кроноцкого землетрясения за длительный период времени до его формирования, в период развития афтершокового процесса и после его завершения, показали чрезвычайно важный факт изменения скорости  $V_p$  во времени.

Скорость претерпевает изменения как за длительный период времени, предварявший сильное событие, так и в период его развития, т.е. в афтершоковый период, а также в последующий временной интервал затухания процесса активизации.

В зонах активизации отмечены низкие, по сравнению со стандартными на этих глубинах, значения скорости и их проникновение на большие глубины.

Развиваемая авторами методика восстановления поля скорости по временам пробега  $P$ - и  $S$ -волн от слабых землетрясений, основанная на инверсии объемных волн, а также использование разностного принципа для восстановления фронта волны и скорости его перемещения дает хорошие результаты в областях концентрации очагов землетрясений в зонах сейсмической и вулканической активизации.

Установлено, что очаговая зона Кроноцкого землетрясения сложно построена и представляет собой три отличающиеся друг от друга области, как по развитию сейсмического режима, так и по морфологии и динамике поля скоростей.

Результаты расчетов поля скоростей свидетельствуют об отсутствии единой очаговой зоны, т.е. единого разрыва. А главный толчок и его два сильнейших афтершока, произошедшие на юго-западе через 9 мин. и 7 ч. после главного события, вполне вероятно представляют собой самостоятельные землетрясения, произошедшие на юго-западной границе подвинувшегося блока Тихоокеанской плиты в процессе перераспределения напряжений после главного толчка. Они не ограничивают, как обычно предполагают, конец разрыва в очаге, а произошли в процессе перераспределения напряжений, после главного толчка и приурочены к поперечной структуре, являющейся самостоятельным разрывом и границей активизировавшегося блока, что вполне соответствует «клавишной модели» фокальной зоны.

## СИМУШИРСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2006 - 2007 гг. - НОВАЯ СТРАНИЦА В ИСТОРИИ КУРИЛЬСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

Тихонов И.Н.<sup>1</sup>, Василенко Н.Ф.<sup>1</sup>, Левин Ю.Н.<sup>2</sup>, Прытков А.С.<sup>1</sup>, Фролов Д.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

<sup>2</sup>Сахалинский филиал Геофизической службы РАН, Южно-Сахалинск

<sup>3</sup>Физико-технический институт РАН им. А.Ф. Иоффе; Санкт-Петербург

15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. восточнее о-ва Симушир произошли два мелкофокусных катастрофических землетрясения. Первое – на континентальном склоне, а второе – вблизи глубоководного желоба. Оценки магнитуд событий по данным Сейсмологического центра Гарвардского университета (США) составили  $M_W = 8.3$  и  $8.1$ . В районе Средних Курил событий такой силы не наблюдалось за историческое время. Служба NEIC приводит следующие оценки координат их эпицентров:  $\varphi = 46.6^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 153.2^\circ$  в.д. и  $\varphi = 46.29^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 154.49^\circ$  в.д.

Макросейсмический эффект в населенных пунктах Курильских островов для первого события (и в скобках – для второго) в баллах шкалы MSK-64 оказался следующим: 3 (5-6) – в г. Северо-Курильск, 3–4 (4-5) – в г. Курильск и 2–3 (3) – в пос. Южно-Курильск, (3) – в пос. Малокурильское.

В течение первых суток после события 15.11.2006 г. службой NEIC было зарегистрировано 203 толчка с  $M \geq 4.5$ . Положение их эпицентров имеет примечательную особенность: наряду с оконтуриванием очага главного события, 120 из них образуют отдельную полосу, картирующую положение магистрального разрыва в очаге второго события. Оба очага хорошо укладываются в схему двухрядного размещения значительных очагов 18-20 веков вдоль двух основных подводных хребтов – Витязя и Фронтального (Балакина, 1995), уточняя ее в районе Центральных Курил.

Для обоих сейсмических процессов в районе острова Симушир заметная афтершоковая активность наблюдалась только в течение нескольких суток. В первом афтершоковом процессе виден явный дефицит числа событий с  $M = 6.5 - 7.0$ . Незавершенность разрядки напряжений и длительное затишье привели к повторному толчку, почти сопоставимому по силе с первым.

Оба сильнейших землетрясения реализовались в рамках долгосрочного прогноза Федотова С. А. на участке сейсмической бреши первого рода (о-в Симушир – пролив Крузенштерна). Краткосрочный прогноз данного события также был бы успешным при наличии системы мониторинга. В докладе ретроспективно показано, что в период с 15 октября 2005 г. по 8 ноября 2006 года в районе Средних Курил наблюдалась ярко выраженная активизация сейсмичности для толчков с  $M \geq 4.5$ , которая хорошо моделируется с помощью уравнения саморазвивающихся процессов (Малышев, 1991). Вертикальная асимптота для данного уравнения, определяющая прогнозную оценку времени возникновения сильного события, дает дату 16 ноября 2006 г.

Механизм очагов главных толчков оценен по горизонтальным косейсмическим смещениям земной поверхности, зарегистрированным пятью станциями Курильской GPS сети и станциями Южно-Сахалинска и Петропавловск-Камчатского. Оценки выполнены для очага в форме конечного прямоугольного источника с однородным смещением в упругом полупространстве.

Для дислокационной модели землетрясения 15.11.2006 г. наиболее подходящим оказалось решение с субмеридиональной нодальной плоскостью, полого падающей на запад. Общая протяженность сейсморазрыва оценена величиной  $L \sim 300$  км, его ширина  $W \sim 60$  км. Величина максимального смещения по падению в плоскости сейсморазрыва (взброс)  $d \sim 6.7$  м.

Измеренные косейсмические смещения в результате события 13.01.2007 г. соответствуют сбросу по плоскости сейсморазрыва северо-восточного простирания, круто падающей на северо-запад. Направление простирания этой плоскости согласуется с простиранием облака афтершоков первых суток после основного события. Параметры сейсморазрыва следующие:  $L \sim 180$  км,  $W \sim 46$  км, величина максимального смещения (сброс)  $d \sim 5.1$  м.

Модельные значения магнитуд  $M_W$  и геодезических моментов  $M_0$  обоих землетрясений близки к их определению по сейсмологическим данным. Все оценки следует рассматривать как предварительные. Последующие наблюдения на пунктах Курильской геодинимической сети, ближайших к эпицентрам Симуширских землетрясений, позволят уточнить их.

Симуширские землетрясения существенно меняют сложившиеся представления о сейсмическом потенциале и длительности сейсмического цикла в данном районе.

**ОЛЮТОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 20 АПРЕЛЯ 2006 г.:**  
**СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАО, ОРГАНИЗАЦИОННО-**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Чебров В.Н.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

20 апреля 2006 г. (21 апреля в 12 часов 25 минут по Камчатскому времени) на территории Корякского автономного округа (КАО) в Корякском нагорье произошло сильное землетрясение с магнитудой  $M_w = 7.6$ . Наиболее интенсивно землетрясение ощущалось в Олюторском районе КАО, поэтому ему было дано название «Олюторское».

До 1991 г. действующая карта районирования территории СССР (ОСР-78) относила область Корякского нагорья к зоне 5-6-балльных сотрясений. После землетрясения 8 марта 1991 г. в 1992 – 1996 гг. КОМСП ГС РАН были выполнены работы по уточнению сейсмической опасности (ответственный исполнитель работ Викулин А.В.). Результаты этих работ вошли составной частью в карту общего сейсмического районирования ОСР-97А, согласно которой поселки КАО Тиличики, Корф, Хаилино отнесены к пунктам с возможными сотрясениями на средних грунтах до 8 баллов по шкале MSK-64. Землетрясение 21 апреля 2006 г. (1) подтвердило эти оценки и (2) поставило вопрос о необходимости дополнительных исследований сейсмической опасности. Второе вызвано превышением магнитуды землетрясения 21.04.2006 г.  $M_w = 7.6$  максимально возможной магнитуды (7.5) расчетного землетрясения по ОСР-97 и наблюдаемыми в эпицентральной зоне сотрясениями более 9 баллов.

На момент сильного землетрясения на территории КАО функционировали две постоянных сейсмических станции КФ ГС РАН – «Оссора» и «Каменское» и пункты GPS-наблюдений - Каменское, Тиличики и Тигиль в непрерывном режиме, Оссора - эпизодические ежегодные измерения. В оперативном режиме землетрясения территории КАО контролировались с низкой точностью оценок координат сетью радиотелеметрических сейсмических станций, расположенной в южной части полуострова Камчатка с  $M_I = 3.5 - 4.0$ .

Исследования Олюторского землетрясения 20 апреля 2006 г.,  $M_w=7.6$  выполнены в тесном взаимодействии сотрудниками Камчатского филиала Геофизической службы РАН, Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Института физики Земли РАН. Были получены оригинальные материалы макросейсмических и полевых геологических исследований, данные регистрации основного события и его сильнейших афтершоков глобальной сетью широкополосных цифровых сейсмических станций IRIS и региональными сетями сейсмических станций Камчатки, а также данные специальных сейсмологических и GPS наблюдений.

Наибольшие организационные и технические проблемы проявились при проведении специальных эпицентральных наблюдений, при обследовании эпицентральной зоны сильного землетрясения и сборе макросейсмических данных. Основные из них это: (1) своевременная, в течение первых 1-3 суток вместе со спасателями МЧС, доставка персонала и оборудования в эпицентральную зону сильного землетрясения, когда все транспортные средства заняты МЧС, (2) отсутствие финансового резерва для организации и проведения эпицентральных наблюдений и (3) отсутствие резерва специального оборудования для эпицентральных наблюдений.

Первые результаты изучения Олюторского землетрясения опубликованы в сборнике статей, изданном КФ ГС РАН в 2007 г. В сборнике представлены все первичные данные и материалы об этом неординарном событии на территории КАО в Корякском нагорье, а также первые результаты систематизации и обработки этих данных.

После Олюторского землетрясения Корякское нагорье должно рассматриваться как область высокой сейсмической активности, которая требует достаточно детальных наблюдений, а значит необходимо на территории КАО открывать новые сейсмические станции и пункты GPS наблюдений.

Большая часть исследований, связанная с получением данных в эпицентральной зоне Олюторского землетрясения, выполнена при поддержке РФФИ (экспедиционные гранты 06-05-02100 и 07-05-10062).

## ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ 1737 ГОДА

*Чебров В.Н., Раевская А.А.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Трудно переоценить значение знания исторической сейсмичности для понимания закономерностей сейсмического процесса, когда период инструментальных наблюдений за землетрясениями составляет немногим более 100 лет. Для высокоактивных регионов, к которым относится Камчатка, определяющее значение имеют сильнейшие землетрясения с  $M > 7.5$ .

Первые сведения о землетрясениях на Камчатке датируются началом 18-го века и связаны в основном со второй Камчатской экспедицией (1733–1743 гг.), участником которой был Крашенинников С.П. Вернувшись в 1743 г. в Санкт-Петербург, он составил описание Камчатки, изданное перед самой его смертью в 1755 г. Именно Крашенинникову мы обязаны первыми сведениями о катастрофических землетрясениях и цунами на Камчатке. Местное немногочисленное население не являлось носителем таких сведений, все необычные явления оно связывало с деятельностью вулканов. К пунктам на территории Камчатки, с которых в начале 18 века можно было ожидать сведений о проявлениях землетрясений, относятся Верхне-Камчатск (основан в 1697 г.), Нижне-Камчатск и Большерецк (основаны в 1700 г.), район Петропавловска (основан в 1740 г.), Северные Курильские острова и другие места постоянного обитания местного населения или посещаемые казаками.

Землетрясения 1737 г. по интенсивности проявлений на территории Камчатки относятся к разряду максимально возможных в этом регионе событий и по ним имеются относительно полные макросейсмические данные. Описание земли Камчатки С.П. Крашенинникова и его рапорты Гмелину рассматриваются, как основные первоисточники.

В работе на основе систематизации и анализа исходных сведений сделана попытка анализа достоверности основных параметров землетрясений 1737 г. (магнитуды и координат эпицентра), которые приведены в Новом каталоге [НК, 1977]), а также каталоге, составленном при проведении общего сейсмического районирования 1968 г. [СР68]. Проведен сравнительный анализ описаний землетрясений по основным первоисточникам и последующих попыток интерпретации приведенных в них сведений. В соответствии с методическими основами оценки параметров землетрясений по имеющимся макросейсмическим данным, которые достаточно полно изложены в работах Шебалина Н.В., была сделана попытка оценки координат и магнитуды землетрясений. Землетрясения 1737 г. рассмотрены на фоне пространственно-временных закономерностей инструментальной сейсмичности с начала XX в. Землетрясение 17.10.1737г. рассмотрено подробно в сопоставлении с землетрясением 04.11.1952г. по интенсивности сотрясений и по высотам волн цунами в одних и тех же пунктах побережий Камчатки и Курил (использовались данные Пинегинной Т.К.).

По результатам проведенного анализа можно утверждать:

В 1737 г. на Камчатке произошло всего два независимых сильных землетрясения. Первое 17.10.1737 г., второе 04.11.1737 г. по НК или 14.10.1737 г. по СР68. Все другие записи в НК и СР68, основанные на сведениях из основных первоисточников, можно отнести, скорее всего, к афтершокам землетрясения 17.10.1737 г.

Землетрясения 17.10.1737 г. и 04.11.1952 г. по масштабам проявлений и своему воздействию на территорию являются близкими аналогами.

Имеющиеся сведения по землетрясению 17.10.1737 г. позволяют уверенно судить о положении его очаговой области в районе Юга Камчатки - Северных Курил. По землетрясению 04.11.1737 г. (14.10.1737 г.) можно лишь утверждать, что оно наиболее вероятно произошло в Камчатском заливе. В том и другом случае сведений для построения изосейст недостаточно, а значит нельзя дать оценку координат макросейсмического эпицентра. Координаты эпицентров землетрясений 17.10.1737 г. и 04.11.1737 г. (14.10.1737 г.) в НК и СР68, назначенные авторами, скорее всего экспертным путем, имеют точность не лучше  $(3-4)^0$  по широте и  $(2-3)^0$  по долготе.

## МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ОЧАГОВЫХ ЗОНАХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ СУБРЕГИОНАХ

Юнга С.Л.<sup>1</sup>, Чебров Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт Физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва*

<sup>2</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Сильные землетрясения оказывают иницирующее воздействие на окружающую среду, порождая вторичный сейсмический процесс. С этим процессом ассоциируются формирование облака афтершоков и дальнейшая разрядка тектонической энергии в зоне, окружающей очаг произошедшего события. Землетрясения с магнитудами  $M = 6$  и более демонстрируют приуроченность очагов к местам сочленения или пересечения крупных разломов. При этом первичные сейсмодислокации и облака афтершоков обрисовывают плоскости разломов, образующих такие дизъюнктивные узлы. Как известно, сейсмогенерирующие разломы часто демонстрируют заметную криповую подвижность или умеренную сейсмическую активность за несколько лет до сильного землетрясения. В рамках тектонофизического описания модель вспарывания очага землетрясения рассматривается как процесс разрядки длительно действующих тектонических напряжений, приводящий к высвобождению упругой энергии и спонтанному, неустойчивому распространению подвижки по готовому, обновленному или вновь возникшему разрыву (или ослабленной зоне) в термодинамических и гидрогеодинамических условиях земных недр.

Следовательно, можно предположить, что изменения напряженного состояния, имеющие место в ходе процесса подготовки сильного землетрясения, отражаются на свойствах фоновой сейсмичности. Что касается самого события, а также релаксации очага, то влияние этих процессов на сейсмичность представляется бесспорным. Однако характер этого влияния – это вопрос, требующий всестороннего исследования.

Структура очаговых зон высокомагнитудных землетрясений в верхней части зоны Заварицкого–Беньофа и их серий в ряде случаев оказывается весьма сложной. Проявления этих сейсмических событий на поверхности и на глубине свидетельствуют об объемной структуре очаговых зон и распространении очагов отдельных землетрясений таких серий вдоль границ крупных сейсмогенных блоков, а также других тектонических, геологических и геофизических разделов, ограничивающих эти блоки снизу. В ряде случаев это отражается в так называемых трехдипольных очагах землетрясений (non double couple seismic sources – NDC-sources). Таким образом, сейсмотектонический деформационный процесс оказывается следствием развития сложной геодинамической системы, проявляющей признаки самоорганизации.

В результате распространения подвижки в очаге землетрясения и активизации ассоциируемой с ним разломной зоны и возникновения афтершоков в пределах афтершокового облака напряженное состояние геофизической среды вследствие появления и активизации новых разрывов может оказаться существенно неоднородным (от нулевых до экстремальных значений).

В настоящей работе обсуждается методика анализа материала сейсмологических наблюдений, опирающаяся на метод сейсмотектонических деформаций, пригодная для изучения особенностей поведения напряжено-деформированного состояния среды в ходе подготовки и релаксации сильного землетрясения. Подобные исследования имеют важное значение для понимания процессов, происходящих в сейсмических очагах.

Применение этой методики продемонстрировано на примере очаговой зоны Шикотанского землетрясения 1994 г. В качестве информационной основы использован Гарвардский каталог тензоров центроидов-моментов – СМТ-каталог, включающий данные по очаговым параметрам сильных землетрясений мира с 1976 г.