

УДК 550.348 + 551.466.62 + 553.78

УРОКИ ХАИЛИНСКОГО 1991, $M = 7.0$ И ОЛЮТОРСКОГО 2006, $M = 7.8$ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

©2006 А.В. Викулин^{1,2}, И.В. Мелекесцев^{1,2}

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;

² Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, 683032; e-mail: vik@ksnet.ru

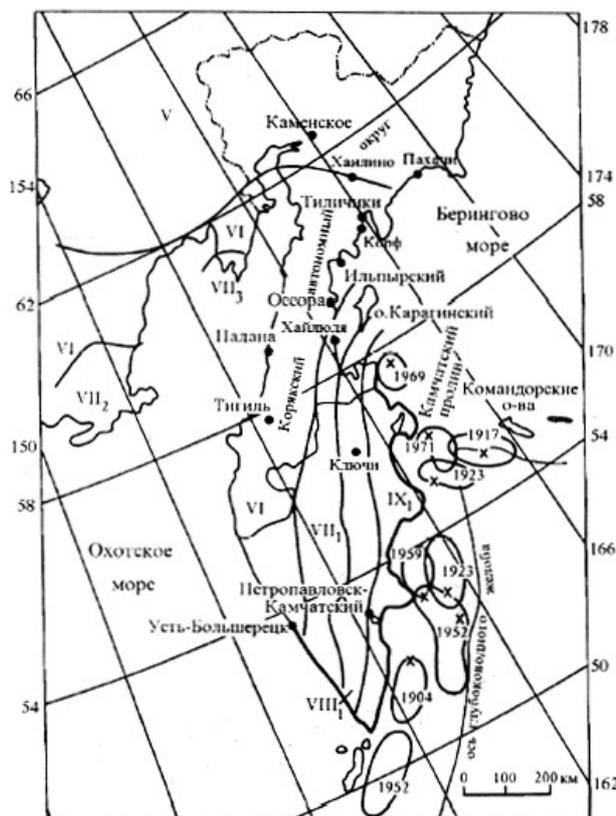
В работе приводится обзор результатов комплексного исследования 1991-1996 гг. территории Северной Камчатки, проведенных после Хаилинского землетрясения 8 марта 1991 г. с $M = 7$ сотрудниками Институт РАН (гг. Петропавловск-Камчатский, Москва, Новосибирск) и учеными Японии и Норвегии по изучению сейсмичности, цунамиопасности, устойчивости береговой линии и термальных источников. Рассмотрены краткие предварительные макросейсмические и инструментальные данные о сейсмичности очага Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 г. с $M = 7.8$. Формулируются выводы сравнительного анализа последствий этих двух сильнейших землетрясений региона.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Когда один из авторов (А.В. Викулин) в 1983 г. впервые прилетел в п. Тилички и пришел в Олюторский райисполком, то председатель, ставя соответствующую отметку в его командировочном удостоверении, с недоумением спросил: «У нас не бывает землетрясений, зачем вы сюда прилетели?». А.В. Викулин, конечно, долго объяснял ему, что на Камчатке нет мест, где бы не было землетрясений. Приводил аргументы, на его взгляд, убедительные, но при расставании понял, что председатель так и не поверил ему. И, вообще говоря, основания для такого утверждения у председателя были, так как практически вся территория Северной Камчатки на карте общего

сейсмического районирования 1978 г. (ОСР-78) в то время была отнесена к 5-6 балльной зоне (рис. 1).

Рис. 1. Карты общего сейсмического районирования ОСР-78 (Сейсмическая..., 1979; СНиП II-7-81) и цунамирайонирования (Соловьев, 1978; Соловьев и др., 1977) Камчатки. Римскими цифрами обозначены зоны, имеющие балльность по шкале MSK-64 (Сейсмическая..., 1979). Часть береговой линии, проведенная жирной линией, является цунамиопасной с высотой волн 5 м и более. Крестами обозначены эпицентры сильнейших землетрясений в XX веке. Арабскими цифрами обозначены годы землетрясений. Римскими цифрами обозначены зоны, имеющие балльность по шкале MSK-64. Границы очагов сильнейших землетрясений проведены по (Викулин, 1992).



ВВЕДЕНИЕ

Землетрясения в пределах Корякского автономного округа (КАО), происходили и происходят нередко (рис. 2). Не так часто, как вблизи тихоокеанского побережья Камчатки, в Петропавловске-Камчатском или Усть-Камчатске, и не такой интенсивности, но происходят периодически. Подтверждением тому являются следующие факты. Так, события с интенсивностью колебаний до 8 баллов имели место в 1969 г. в районе залива Озерной с цунами до 10 - 15 метров высотой и в 1976 г. на о. Карагинском в месте, где был расположен пос. Ягодное. В 1985 г. 5-6-балльное землетрясение случилось в Пахачах, в 1988 г. сильное землетрясение, в эпицентре, возможно, до 6-7 баллов произошло в центральной части Корякского нагорья (рис. 2 а). Поэтому 8-балльное землетрясение с очагом вблизи п. Хаилино 8 марта 1991 г. в 23 часа 30 мин. по местному времени было вполне ожидаемым событием. И, вместе с тем, оно оказалось для всех нас неожиданным, т.к. имело слишком большую для этого региона магнитуду, близкую $M = 7$.

Следует отметить, что Хаилинское землетрясение случилось в районе, в котором, согласно действующей на тот момент карты ОСР-78, «разрешались» землетрясения с интенсивностью не более 5 баллов (рис. 1, 2 а). Близкая ситуация имела место и в районе 9-балльного Нефтегорского землетрясения 1995 г. на Сахалине, происшедшего в 6-балльной зоне. Ошибка карты в 3 балла считается очень большой. Именно по

этой причине Хаилинскому 1991 г. и, особенно, Нефтегорскому 1995 г. землетрясениям и было придано такое большое «научное» значение. Во втором случае - вследствие большого числа жертв и гигантских материальных потерь.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 1991 - 1996 гг.

После Хаилинского землетрясения с $M = 7$ (согласно каталога NEIC: $M = 6.6$) 8 марта 1991 г., сопровождавшегося в населенных пунктах колебаниями с интенсивностью до 8 баллов, Администрация КАО выступила с инициативой проведения сейсмологических исследований в регионе. Исследование территории Корякии проводилось в 1991-1996 гг. и с самого начала было комплексным (Викулин, 1998). Исполнителем работ являлась Камчатская ОМСП ГС РАН (сейчас Камчатский филиал ГС РАН). Общее руководство работами осуществлял А.В. Викулин.

Сейсмологические и полевые исследования. Уже на следующий день после землетрясения, 9 марта, по договоренности между Администрацией Камчатской области и Институтом вулканологии ДВО РАН, сотрудник КОМСП ГС РАН В.С. Борисенко в п. Тиличики установил полевую сейсмическую станцию и совершил облет эпицентральной зоны. 10 марта такая же станция была установлена в п. Пахачи. В эпицентральной области были выявлены две системы трещин, образовавшиеся при главном толчке Хаилинского землетрясения 8 марта 1991 г.: одна - в 18 км на

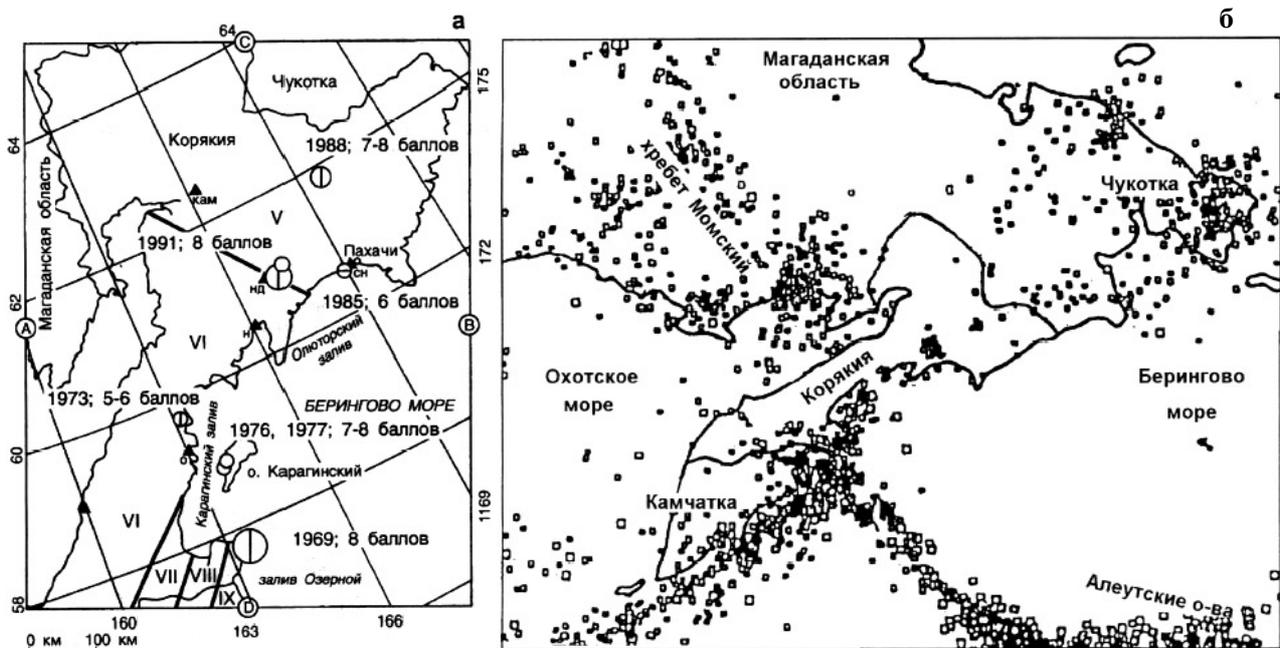


Рис. 2. Сейсмичность Корякии в соответствии с картой ОСР-78 (а) и прилегающих регионов по каталогу сильных ($M \geq 5$) землетрясений в 1960-2000 гг. (б). Римскими цифрами обозначены зоны, имеющие балльность по шкале MSK-64. Арабскими - годы землетрясений и их интенсивность. Треугольниками обозначены места установки стационарных сейсмических станций.

восток от Хаилино в месте слияния рек Тылгаваям и Малерваям, другая – в 6 км на северо-восток от п. Хаилино на берегу реки Вывенка. По протяженности трещины достигали 100-300 м при ширине до 50 см. Обнаружить эти системы трещин в ходе полевых исследований эпицентральной зоны летом 1992 г. не удалось.

Размер области, подвергшейся 7-8-балльным колебаниям при землетрясении 8 марта, составил около 20 км (Викулин и др., 1997; Зобин и др., 1997).

В ходе работ 1991-1993 гг. на территории КАО была создана сеть сейсмических станций, которая включала 5 стационарных сейсмических станций, расположенных в поселках Палане, Тиличихах, Хаилино, Пахачах, с. Каменском (рис. 2а) и до 4 - 5 временных станций, работавших в течение летних полевых сезонов 1992-1995 гг. Цифровая сейсмическая станция японского производства "Посейдон" в с. Каменское была установлена совместно со специалистами из университетов городов Токио и Нагоя.

В результате анализа полученного материала выяснилось (Ландер и др., 1994), что землетрясения на территории КАО приурочены к двум поясам, служащих продолжениями Курило-Камчатской и Алеутской сейсмофокальных зон на северо-восток, в сторону Чукотки, и на северо-запад, в сторону Момского хребта (Магаданская область), соответственно (рис. 2б). Оказалось, что территория КАО на уровне энергетических классов $K > 7-8$ ($M > 2$) не имеет фоновой сейсмичности (Potarova et al., 1995; Зобин и др., 1997).

Было показано, что свойства очагов сильных землетрясений на территории Корякии (рис. 3) близки очагам таких же землетрясений других регионов (Зобин и др., 1997; Ландер и др., 1994; Zobin et al., 1995). Действительно, Хаилинское землетрясение предварялось четырьмя зарегистрированными мировой сетью форшоками с $3,9 \leq M \leq 5,3$, первый из которых случился примерно за две недели до главного толчка, а последний, наиболее сильный с $M = 5,3$, ощущавшийся населением до 4 баллов - за два с половиной часа. Афтершоковая активность на уровне $M \geq 4,5$ быстро «затухала»: в течение первого, второго, ...и седьмого дней недели произошло 20, 0, 3, 4, 1, 1 и 0 землетрясений. В течение первой, второй, третьей и четвертой недель - 29, 1, 2 и 0 толчков, в течение 1, 2, 3 и 4 месяцев их количество составило 32, 8, 1 и 3 соответственно. Очаг землетрясения, включающий все зарегистрированные форшоки ($N = 4$) и афтершоки первого года ($3,7 \leq M \leq 5,9$, $N = 68$), имел овальную форму с размерами осей примерно 50 км и 30 км и был вытянут в северо-западном направлении по азимуту 320° , «пересекая» горные структуры почти вкрест их простирания (рис. 3). Аф-

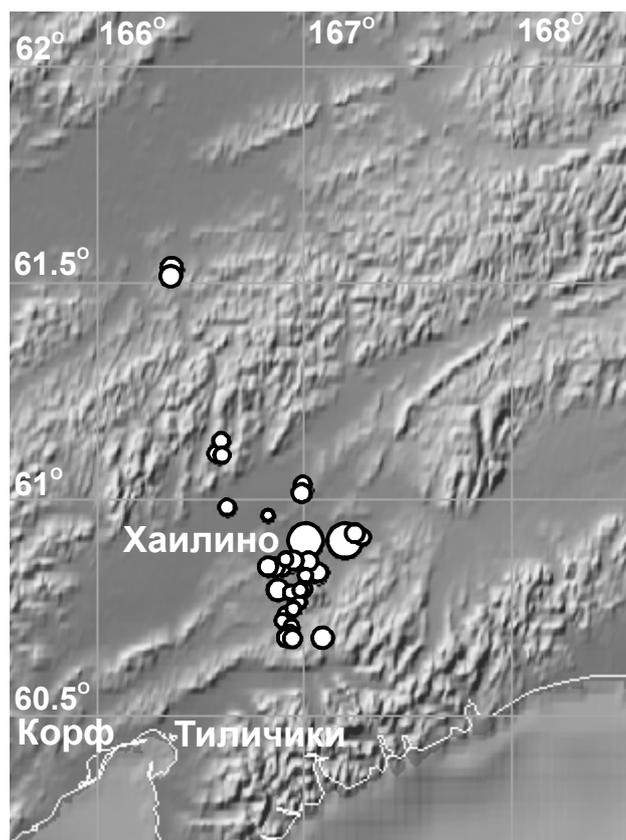


Рис. 3. Сейсмичность очага Хаилинского землетрясения 8 марта 1991 года с $M=7.0$. Самым большим кружком обозначено положение эпицентра главного толчка, кружком меньшего диаметра – эпицентр землетрясения 17.07.1992 с $M = 5.4$, самыми малыми кружками – эпицентры первого года афтершоков с $M \geq 4.5$ (Викулин, 1998).

тершоки с наибольшими магнитудами $M = 5.7 - 5.9$ наблюдались в течение первого часа после главного толчка. Следующий, по значению магнитуды афтершок с $M = 5.5$, был через 50 дней после главного толчка. После него афтершоковый процесс уже слабыми землетрясениями, не ощущаемыми населением, в течение двух месяцев практически закончился.

Примерно через полтора года - 17 июля 1992 г., на краю очаговой области основного толчка произошло ощущавшееся населением до 6 баллов землетрясение с $M = 5.4$ (рис. 3), в результате которого на поверхности Земли в ходе полевых исследований была выявлена трещина общей протяженностью около 2 км при ширине до 50 см. Механизм этого землетрясения отличался от механизма главного толчка, что позволило его считать не афтершоком, а «самостоятельным» землетрясением (Ландер и др., 1994).

Анализ всех полученных сейсмологических данных и данных полевых обследований, проведенных А.В. Ландером (МИГП РАН), позволил сделать вывод о том, «...что Хаилинское земле-

трясение 1991 г. не было результатом вспарывания существовавшего прежде крупного разлома и снятия напряжений на нем. В интенсивном процессе сходные по типу с главным толчком афтершоки продолжались только в пределах первоначально порожденного им разрыва. Вне этой области соответствующий тип движения не наблюдался. Афтершоки в тылу главного толчка на его северо-восточном фланге не являются продолжением движений по главному разрыву, а инициированы вторичным наведенным полем напряжений, внешним по отношению к главному очагу. Последний вывод показывает, что Хаилинское землетрясение 1991 г. *не привело к снятию тектонических напряжений в данном районе*» (Ландер и др., 1994). Этот вывод имел важное прогностическое значение, поскольку вполне определенно указывал на *начало перестройки тектонических напряжений в регионе*.

Сейсмическое районирование. Отсутствие фоновой сейсмичности и ее относительно низкий уровень в очагах сильных землетрясений не позволили для целей сейсмического районирования применить принятую ранее в СССР методику (Сейсмическая..., 1979), в которой расчет сотрясаемости осуществляется на основе линейной экстраполяции в область максимальных энергий графика повторяемости землетрясений, построенного по данным о фоновой сейсмичности.

Новая для России методика расчета сотрясаемости была предложена А.А. Гусевым и в ходе работ доведена до практического применения (Гусев, Шумилина, 1995; Гусев, Петухин, 1996; Gusev et al., 1997). Разработанная методика развивает принятую идеологию составления карт ОСР (Сейсмическая..., 1979) и преодолевает слабые стороны такого подхода. В первую очередь, это использование как коротких рядов сейсмических наблюдений для описания долговременных характеристик сейсмического режима, так и гипотезы линейности графика повторяемости землетрясений при его экстраполяции в область максимально возможных магнитуд; использование в расчетах представлений об очаге как о точечном объекте; неучет разброса балла при заданных магнитуде и расстоянии и др. При построении карты проводилось разбиение территории на условно-однородные зоны и использовались полученные в ходе работ данные полевых геологических работ и результаты дешифрирования аэрофотоснимков и космических изображений. Это позволило объединить выявленные в ходе геологических камеральных и полевых работ сейсмодислокации и сейсмообвалы (Егоров, 1996, 2006; Леонов, Егоров, 1998) с полученными ранее данными гравиметрических исследований (Зубин, Таракановский, 1976),

глубинного строения (Мороз, 1987) и электропроводности (Мороз, 1991).

Следует отметить, что наличие разнопрофильных материалов не обязательно приводит к уточнению конфигурации блоков, слагающих земную кору. В частности, используемые в работе гравиметрические данные, данные глубинного строения и электропроводности из-за их крупномасштабности не привели к уточнению ранее установленных границ блоков, но позволили на карте сейсморайонирования проконтролировать общую протяженность зон одинаковой балльности.

Новая для территории КАО и всей Камчатки карта ОСР-97 представлена на рис. 4. На ней практически вся территория КАО из 5-6 - балльной переместилась в 6-9 - балльную зону. В работах по составлению карты приняло участие большое количество сотрудников, работающих в ИФЗ РАН, МИТП РАН (Москва), КОМСП ГС РАН, ИВ ДВО РАН, ИВГиГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский).

Руководство сейсмологическими работами осуществлялось А.В. Викулиным (КОМСП ГС РАН), А.А. Гусевым (ИВГиГ ДВО РАН) и Л.С. Шумилиной (ИФЗ РАН).

Отработанная на Камчатском материале новая методика ОСР была использована при составлении карты ОСР-97 (Гусев, Шумилина, 1995; Уломов, Шумилина, 1998; Строительство..., 2000), авторский коллектив которой в 2003 г. был удостоен Государственной премии РФ.

Цунамирайонирование. До середины 60-х гг. для Берингоморского побережья Камчатки отсутствовали данные о цунами, что позволяло этот район относить к нецунамиопасным (Соловьев, 1978; Соловьев и др., 1978). Даже после землетрясения 22.XI.1969, M = 7.7 (рис. 2 а), сопровождавшегося на побережье залива Озерной цунами до 10-15 м (Заякин, 1996), отношение к проблеме цунамиопасности Берингоморского побережья Камчатки, в целом, не изменилось. Считалось, что источники цунами по-прежнему могут располагаться только в юго-западной части Берингова моря в районе Камчатского пролива и залива Озерной (Заякин, 1996). В результате на побережьях Карагинского и Олюторского заливов ожидалось цунами высотой не более 2-3 м при времени прихода волны 1-2 часа после сейсмического толчка (Заякин, 1988).

Выявление на севере Камчатки двух поясов сейсмичности и приуроченность к ним эпицентров сильных землетрясений (рис. 2 б, 3,) позволило высказать предположение о том, что эти пояса могут быть цунамигенными, включая и акваторию северной части Охотского моря (Викулин, 1998).

Работы по поиску и датировке следов доисторических цунами на Берингоморском

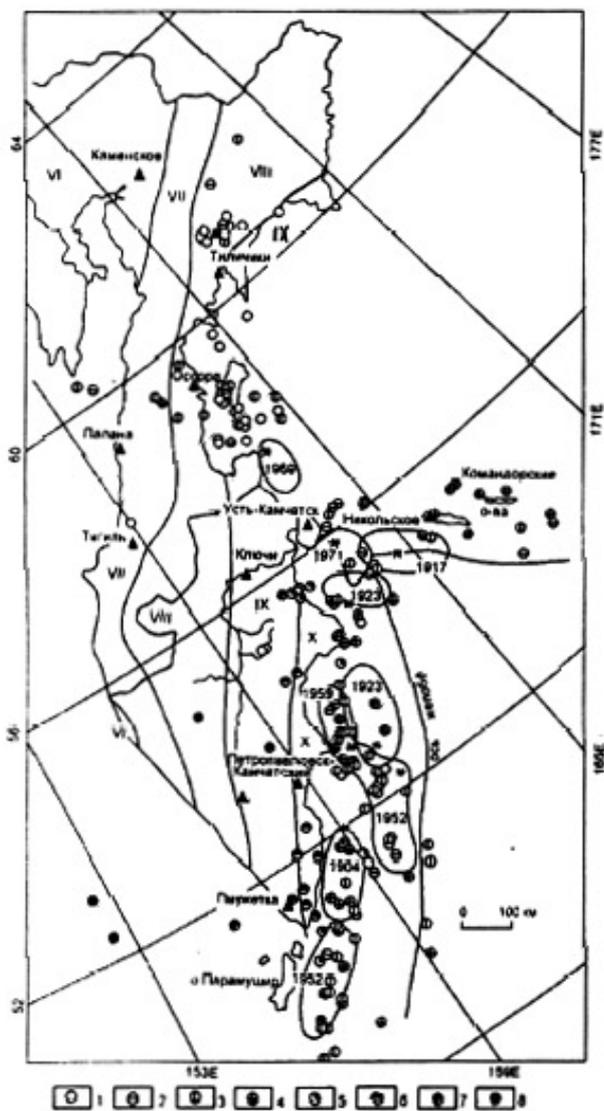


Рис. 4. Последняя карта общего сейсмического районирования (ОСР-97) территории Корякского автономного округа (КАО) и всей Камчатки (Викулин, 1998; Строительство..., 2000; Уломов, Шумилина, 1998). Глубины гипоцентров (в км): 1 - 0-10, 2 - 11-20, 3 - 21-40, 4 - 41-70, 5 - 71-100, 6 - 101-150, 7 - 151-300, 8 - >300. Проведены изолинии баллов VI-X (по шкале MSK-64), значения которых с 90% вероятностью не будут превышены в течение 50 лет. Сейсмичность представлена эпицентрами землетрясений (кружки) энергетических классов $K = 13$ и более (магнитуд $M > 5,5$) с $\sigma < 54^\circ$ с.ш. и $K \geq 10$ и более ($M \geq 3$) с $\sigma > 54^\circ$ с.ш., зарегистрированными в 1962-1993 гг. Отмечены очаги и эпицентры (обозначены звездочками) сильнейших ($M = 7.6$ и более) землетрясений, происшедших у тихоокеанских берегов Камчатки в XX веке: цифры - год землетрясения, треугольники - сейсмические станции.

Совместно со специалистами из университетов городов Тохоку (Япония) и Бергена (Норвегия) в течение двух полевых сезонов 1993 и 1994 гг. на камчатском материале проводились работы по отработке методики (Dawson et al., 1991; Minoura, Nakaya, 1990) выявления в прибрежных осадках следов палеоцунами и определения их параметров. Первые результаты, полученные в 1994-1995 гг. (Gusiakov et al., 1997; Minoura et al., 1996), показали следующее. С помощью разработанной методики, дополненной тифрохронологическим методом (Брайцева и др., 1994) датировки следов палеоцунами, оказалось возможным составлять представительные списки цунами, а впоследствии, возможно, и сильных землетрясений в течение последних нескольких тысяч лет (Gusiakov et al., 1997).

Для определения высоты возможных цунами в результате местных сильных землетрясений В.К. Гусяковым с сотрудниками (ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск) проведены модельные расчеты (Gusiakov, Marchuk, 1997), в основу которых были положены сейсмологические данные о параметрах очагов сильных землетрясений региона, установленных на примере Хаилинского 1991 г. землетрясения. Математическое моделирование показало, что после сильного местного землетрясения с очагом в акваториях Карагинского и Олюторского заливов на их побережья может обрушиться цунами высотой до 4-6 м (рис. 5). Прилив, штормовой нагон или обвал на морском дне в зоне очага землетрясения могут привести к существенному увеличению этого значения. При этом время прихода волны может составить всего 15-20 мин после сейсмического толчка (рис. 5 б).

Полученные данные (Мелекесцев, Курбатов, 1997; Gusiakov, Marchuk, 1997) и более поздние исследования Т.К. Пинегиной (ИВГиГ ДВО РАН) с коллегами (Bourgeois et al., 2006), на наш взгляд, убедительно показывают, что цунами представляет весьма серьезную угрозу для Берингово-

побережье КАО были начаты летом 1992 г. Они проводились под руководством И.В. Мелекесцева (ИВГиГ ДВО РАН), а следы цунами были установлены и датированы вблизи п. Хайлюля (1530 г.), на о. Карагинский (720, 820 и 940 гг.) и на мысе Крещенный Огнем (1220-1230 г.) вблизи п. Пахачи (Мелекесцев, Курбатов, 1997; Пинегина и др., 1997). При этом анализ результатов бурения 191 скважины "Гломар Челенджер", расположенной в юго-восточной части подводного хребта Ширшова, показал, что в течение последних нескольких десятков тысяч лет наблюдалась следующая закономерность: после 3-5 - тысячелетних периодов "покоя" с интервалом в первые сотни лет на дне Берингова моря следовали серии мутьевых потоков, которые могут быть ассоциированы с последствиями цунамигенных землетрясений. Выявленные же на Беринговоморском побережье КАО следы цунами, скорее всего, связаны с местными сильными ($M > 7$) землетрясениями (Мелекесцев, Курбатов, 1997).

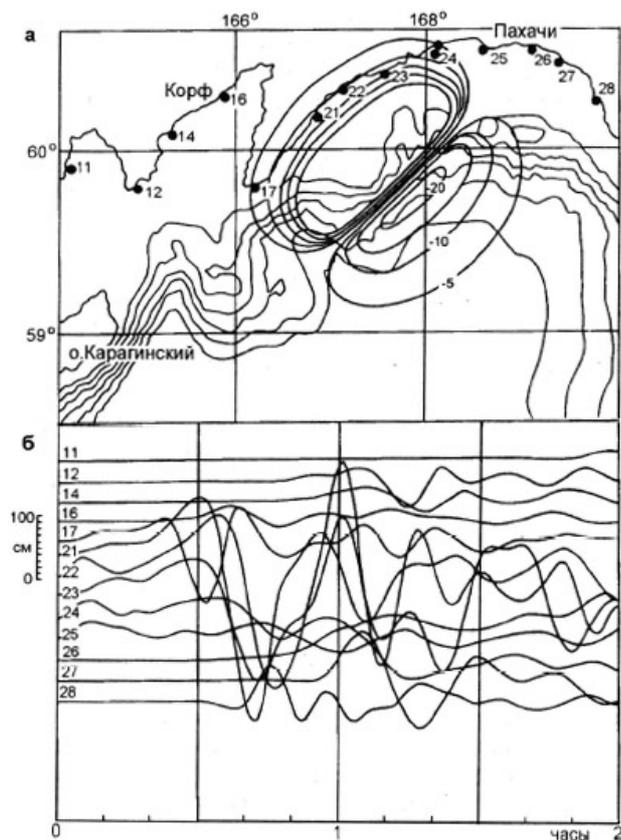


Рис. 5. Остаточные смещения в очаге гипотетического землетрясения в Олюторском заливе (а) и рассчитанные мареограммы для различных пунктов (пт. 11-28) побережья (б) (Gusiakov, Marchuk, 1997).

морского побережья КАО. Действительно, населенные пункты КАО, как правило, расположены на песчаных и гарвийно-песчаных косах или в устьях рек на отметках, не превышающих 2-3 м над уровнем моря. При этом малый интервал времени между сейсмическим толчком и приходом цунами на побережье накладывает очень жесткие ограничения на проведение мероприятий по эвакуации жителей населенных пунктов, построенных на косах - поселков Корф, Пахачи, Ильпырский.

Работы по поиску следов цунами, которые могли быть следствиями землетрясений с очагами в пределах северо-западной, протягивающейся в сторону Магаданской области, сейсмической зоны, и их моделирование для Охотоморского побережья не проводились.

Известно, что на Черном море, являющемся внутренним и расположенным в пределах сравнительно слабо активного пояса сейсмичности, генерируются цунами (Ranguelov, 1997). Поэтому было сделано предположение, что и пояс сейсмичности, протягивающийся от Камчатки в сторону Магаданской области, в своей части, проходящей по акватории Охотского моря, также может являться цунамигенным (Викулин, 1998).

Б.П. Важенин (СВКНИИ ДВО РАН, Магадан) в 2005 г. сообщил А.В. Викулину, что он обнаружил следы цунами после Хаилинского землетрясения 1991 г. на Охотоморском побережье Магаданской области. В случае подтверждения этих фактов можно будет сделать вывод о цунамиопасности не только южной (Соловьев, 1978; Соловьев и др., 1977), но и северной частей Охотского моря.

Устойчивость береговой линии. Со стороны моря имеется еще одна угроза находящимся на побережье, особенно на песчаных косах, населенным пунктам КАО - значительная неустойчивость береговой линии. Например, поселок Корф, в котором расположены крупнейшие в КАО аэродром (прекративший свое существование после Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 г.) и портпункт, за время своего существования (с 30-х гг. XX в.) в результате размыва береговой линии "потерял" уже не одну улицу. Поэтому проблема устойчивости береговой линии по отношению к процессам, происходящим в прибрежных акваториях, имеет для КАО важное значение.

Работы по исследованию устойчивости береговой линии КАО проводились под руководством А.В. Поротова (МГУ, географический факультет). Методика исследований описана в работах (Развитие..., 1997; Поротов, Селиванов, 1997; Porotov, Vikulin, 1996).

Полевые исследования и имеющийся фактический материал (приведенный преимущественно в ведомственных отчетах) показали, что, в целом, для побережий КАО характерна приуроченность зон геоморфологического риска к наиболее освоенным и заселенным участкам побережий. Для трех песчаных кос - Корфской, Пахачинской и Милютынын, с населенными пунктами Корф, Пахачи и Ильпырский, оказалось возможным количественно оценить изменчивость береговой линии. Значение скорости, с которой отступает берег, достигает там 1 м/год. Суммарные потери сыпучего материала на участках берега протяженностью 1-2 км составляют (30-50) 10^3 м³ в год. В районе возведения волнозащитной стенки (Пахачинская коса) вблизи рыбоконсервного завода скорость отступления берега в 1.5 раза больше, чем на незащищенной части берега. Более сложно изменяется береговая линия Корфской косы, что, по-видимому, связано с интенсивным освоением ее территории.

С целью определения механизма, способного объяснить изменчивость береговой линии, на примере косы Милютынын (п. Ильпырский) проводилось численное моделирование волновых процессов, протекающих в прибрежной акватории. Модель позволяла производить расчет рефракции, трансформации и диссипации волн, определять функцию тока и скорости течений,

вычислять расход сыпучего материала и давать оценку величине деформации дна (Леонтьев, 1994). Анализ показал, что исследуемая прибрежная акватория характеризуется наличием крупномасштабных вихрей, которые выявляются практически при любых волновых режимах. Эти вихри и обуславливают перенос воды (и, следовательно, материала) в сторону берега на более глубоких участках подводного склона и отток от берега в более мелководных областях. Максимальные скорости движения воды (приток, отток и вдоль берега) достигают значений ~ 1 м/сек. Такой волновой механизм обеспечивает вдольбереговой расход материала, максимальное значение которого составляет около 300 г/сек м. При этом суммарные продольные расходы, интегрированные по всей ширине прибрежных участков, измеряются сотнями м³/час. Пиковые значения поперечных расходов концентрируются в относительно узкой прибрежной полосе шириной несколько сот метров, где они в 1.5-2 раза могут превышать вдольбереговые расходы.

Модельные расчеты скорости отступления береговой линии и расхода сыпучего материала оказались близкими реально наблюдаемым для Корфской, Пахачинской и Милютынынской кос. Это позволяет наработанные модельные представления о механизме течений в прибрежных акваториях закладывать в основу разработок практических мероприятий по защите береговой линии этих песчаных кос от размыва.

Термальные источники на территории КАО. Термальные воды являются субповерхностными индикаторами, в какой-то мере, отражающими особенности неотектонического, в том числе и сейсмостектонического, развития отдельных регионов. Проявление землетрясений и формирование трещинных систем циркуляции термальных вод связано с единым геологическим процессом развития трещиннообразования в земной коре. Изучение масштабов распространения термальных вод и характера их разгрузки в виде термальных источников позволяет использовать полученные данные в качестве дополнительного показателя неотектонической активизации региона при проведении сейсмического районирования. Исследование гидротермального режима территории КАО приобретает особое значение в связи с ее слабой сейсмостектонической и гидрогеологической изученностью.

Изучение термальных вод на территории КАО проводилось на протяжении последних нескольких десятков лет. Полученные данные, в основном, изложены в большом количестве отчетов и еще требуют своего научного анализа и обобщения. В 1994 г. под руководством В.М. Сугробова и Г.Н. Копыловой (ИВ ДВО РАН) были

проведены широкомасштабные полевые работы и сделана первая попытка анализа всего имеющегося материала по термальным источникам на территории КАО. Главные результаты проведенной работы в контексте проблемы риска можно сформулировать следующим образом.

1. Области распространения термальных вод на территории КАО пространственно соответствуют двум выявленным сейсмически активным поясам. Основные выходы термальных вод на севере исследуемого региона приурочены к ограниченной глубинными разломами зоне северо-западного простирания, фиксирующей на поверхности область повышенной тектонической трещиноватости, пространственно соответствующей относительно слабо выраженному в структуре и сейсмичности фрагменту границы между Охотской и Северо-Американской плитами.

2. Использование некоторых параметров термальных вод (максимальная температура воды источников, суммарная тепловая мощность группы источников и др.) позволяет оценить степень развития по площади и относительную глубину открытой тектонической трещиноватости.

Кроме того, показано, что по тепловому потенциалу и величине геотермальных ресурсов ряд месторождений термальных вод на территории КАО может использоваться в теплоснабжении населенных пунктов и в бальнеологических целях.

Основные результаты работ 1992-1995 гг. Полевые геологические и инструментальные сейсмологические исследования эпицентральной области были начаты оперативно, уже на следующий день после главного толчка. Сейсмологические исследования показали, что Хаилинское землетрясение не «сняло» напряжения в очаге, а, скорее, явилось свидетельством начала их «перестройки» в регионе. Такой вывод требовал обязательного продолжения сейсмического мониторинга территории КАО с целью прогноза будущего сильного землетрясения.

Построенная новая карта общего сейсмического районирования территорий России ОСР-1997, куда составными частями вошли карты ОСР-97 для Камчатской области и КАО, законодательно утверждена (Гусев, 2002, 2003; Гусев, Шумилина, 1995; Уломов, Шумилина, 1998) и, тем самым, стала нормативным строительным документом (Строительство..., 2000).

В ходе комплексных исследований 1991-1996 гг. было показано, что территория КАО является зоной высокого комплексного риска. Для нее характерны сильные (до 7-8 баллов и более) землетрясения, большие (до 4-6 м) цунами, которые могут обрушиться на Беринговоморское побережье через 15-20 мин после сейсмического толчка, и значительный (до 1 – 1.5 м в год) размыв

береговой линии песчаных кос. Предпринятое изучение термальных вод КАО и проведенный анализ всех имеющихся данных, накопленных в течение более чем десятилетнего периода наблюдений, кроме чисто научных выводов позволил сформулировать и практические заключения о высоком тепловом и бальнеологическом потенциале термальных вод региона.

Следует отметить, что такого рода комплексные работы в масштабе значительного по площади региона в рамках единой программы в течение продолжительного времени проводились впервые.

В 1997 г. Постановлением Губернатора В.Т. Броневич в округе была создана геофизическая обсерватория, основной задачей которой стал сейсмический мониторинг региона с целью анализа и прогноза, как сейсмической обстановки, так и угрозы цунами. Но такой шаг губернатора не был поддержан КОМСП ГС РАН в связи с невозможностью финансирования таких работ. Отсутствие средств у администрации КАО и у Камчатской ОМСП ГС РАН не позволили в дальнейшем сохранить созданную в ходе работ 1991 – 1996 гг. сеть сейсмических станций и мощную инфраструктуру. И, тем самым, исключили саму возможность для территории КАО получения текущих прогнозных оценок сейсмической обстановки, создание службы оповещения об угрозе цунами, продолжения начатых научных исследований и доведения их до методических и практических разработок.

ОЛЮТОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 АПРЕЛЯ 2006 г. (предварительные данные)

Макросейсмические данные. 21 апреля 2006 г. на территории Олюторского района произошло сильное землетрясение с $M = 7.8$ (по каталогу NEIC: $M = 7.6$, бюллетеню сейсмостанции Петропавловск-Камчатский: $M = 7.9$) с эпицентром вблизи п. Хаилино (рис. 6), которое получило название «Олюторское». Форшоки его не были отмечены населением и не зарегистрированы инструментально. Землетрясение сопровождалось в поселках Хаилино и Тилички колебаниями с интенсивностью 8-9 баллов и в Корфе – до 10 баллов. В эпицентральной зоне при отмеченном значении инструментальной магнитуды землетрясения и глубине залегания его гипоцентра 20-30 км интенсивность колебаний должна была достигать 10 и, возможно, более баллов. В результате в поселках Тилички и Корф серьезно пострадали многие здания и сооружения, часть которых, включая все четырех- и пятиэтажные дома ($N = 4$ и $N = 1$) в Тиличках, получивших повреждения 3-4 степени по шкале MSK-64, не

подлежат восстановлению. Жилые здания п. Хаилино, расположенного вблизи эпицентра, представляют собой, в основном, одноэтажные деревянные здания, которые, по предварительным данным, пострадали мало.

По имеющимся сведениям на середину мая 2006 г. общее число зданий, состояние которых признано аварийным, примерно 14%. Мелкоблочные 2-3-этажные здания соцкультбытового назначения (школы, детские сады, больницы) получили большие повреждения 2.5-3.5 степени вследствие отсутствия антисейсмических мероприятий и неблагоприятных грунтовых условий. Выведена из строя взлетно-посадочная полоса аэропорта Корф, который является главной «перевалочной базой» всего автономного округа, что в значительной степени затрудняет проведение спасательных и восстановительных работ.

Сотрудники ИВиС ДВО РАН Т.Г. Константинова и Т.К. Пинегина и Института Камчатгражданпроект В.Н. Дроздук для обследования пострадавших в результате землетрясений зданий и сооружений в поселках КАО и изучения эпицентральной зоны главного толчка вылетели из Петропавловска-Камчатского в Оссору на третий день после землетрясения. Группа сейсмологов с сейсмическими станциями в эпицентральной зоне смогла вылететь лишь через две недели после главного толчка.

Афтершоки. Использовался каталог Геологической службы США NEIC. Наибольшее значение магнитуды $M = 6.1 - 6.2$ имели три афтершока. Два из них произошли в течение первого дня (через 4.5 и 11.5 часов), а самый сильный на момент написания этой статьи (середина мая) афтершок случился на 9 день после главного толчка (30 апреля) и имел пока наибольшую среди всех афтершоков магнитуду $M = 6.2$ (рис. 6). Этот афтершок в населенных пунктах сопровождался колебаниями до 7 баллов. В результате были снова повреждены некоторые из уже частично восстановленных зданий в Корфе. Афтершоки, как видно из данных, представленных рис. 6, распределены в пределах овальной области северо-восточного простирания, имеющей, как и «полагается» землетрясению с $M \approx 8$, протяженность около 200 км.

Распределение афтершоков с $M \geq 4.5$ во времени в течение первого, второго, ...и седьмого дней следующее: 33, 5, 3, 0, 0, 1 и 1. В первую неделю было отмечено 43 таких афтершока, во вторую неделю - 8.

В целом афтершоки в течение первых двух недель после Хаилинского 1991 г. и Олюторского 2006 г. землетрясений распределены примерно в равных долях при их суммарно большем количестве для второго события. Отличие заключается в том, что после Олюторского землетрясения

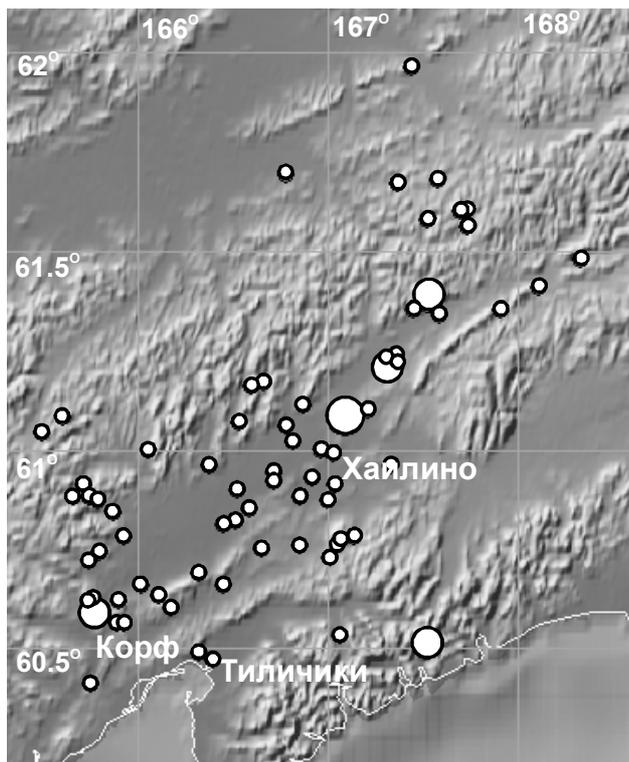


Рис. 6. Сейсмичность очага Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 года с $M=7.8$ по данным об афтершоках двух недель после главного толчка. Самым большим кружком обозначен эпицентр главного толчка, кружками меньшего диаметра эпицентры афтершоков с $M \approx 6$ и меньшими – афтершоков с $4.5 \leq M < 6$ в течение первых двух недель. Данные о координатах использовались из каталога землетрясений Геологической службы США NEIC.

высотой, цунами, которые могут обрушиться на Беринговоморское побережье через 15-20 мин после сейсмического толчка; значительный, до 1-1.5 м в год, размыв береговой линии песчаных кос.

Распределение величины опасности по территории КАО неравномерно. Из приведенных в настоящей работе данных следует: наибольшему риску в результате воздействия природных катастроф подвержены населенные пункты, расположенные в пределах 8-балльной зоны вдоль Беринговоморского побережья, и особенно в его прибрежной части, подверженной воздействию цунами и размыву береговой линии - территории Олюторского и Карагинского районов КАО, прилегающие к одноименным заливам (рис. 4).

Цунамигенные землетрясения вблизи Беринговоморского побережья происходят сериями. Повторяемость событий в серии составляет первые сотни лет при временном интервале между сериями - первые тысячи лет. По-видимому, такая же закономерность характеризует повторяемость и наиболее сильных землетрясений в пределах всей территории северной Камчатки.

Как видно из полученных результатов, высокая природная опасность территории КАО определяется весьма интенсивными глубинными процессами в сейсмической зоне северо-восточного простирания, служащей, по-видимому, границей тектонических плит (Ландер и др., 1994), и вихревыми течениями - в ее прибрежных морских акваториях (Поротов, Селиванов, 1997; Porotov, Vikulin, 1996). Дальнейшие исследования позволят уточнить как тектоническое строение региона и волновую структуру морских течений в прибрежных акваториях в условиях повышения уровня Мирового океана, так и обосновать возможности практического использования гидротермальных ресурсов (теплоснабжение, электроэнергия).

Результаты исследования позволяют проблему риска прибрежных территорий, расположенных в сейсмически активных регионах, рассматривать с принципиально иной позиции, которая бы позволила в рамках единой концепции учесть все составляющие комплексной природной опасности (Викулин и др., 1997; Porotov, Vikulin, 1996; Викулин, 1998). Действительно, суммарная оценка величины природного риска прибрежной территории, например, Берингово-

отсутствовала явная концентрация наиболее сильных афтершоков сразу после главного толчка. На основании этих данных можно предположить, что афтершоковый процесс после Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 г. в его достаточно интенсивной фазе будет продолжаться в течение гораздо более длительного периода, чем после Хаилинского землетрясения 1991 г., когда он длился около полутора месяцев. Впрочем, такой вывод очевиден и определяется значением магнитуды второго толчка.

Следует заметить, что наиболее сильный афтершок с $M = 7$, разрушивший Жупаново, произошел после основного толчка 4.5.1959 с $M = 7,6$ с очагом в Кроноцком заливе через полтора месяца. Аналогичная ситуация возможна и в КАО.

Сравнение простираний афтершоковых областей Хаилинского и Олюторского землетрясений показывает, что сделанный в результате первого землетрясения вывод о том, что Хаилинское землетрясение не привело к снятию накопленных напряжений и начале перестройки тектонических напряжений в регионе оправдался и, по сути, реализовался вторым землетрясением в 2006 г.

ВЫВОДЫ И УРОКИ

1. В результате выполнения работ в 1991-1996 гг. убедительно показано, что территория КАО является зоной высокого комплексного риска. Землетрясение 21 апреля 2006 г. лишнее подтверждение это. Для нее характерны сильные, до 9 - 10 баллов, землетрясения; мощные, до 4 - 6 м

морского побережья КАО, должна в совокупности определяться сейсмической - до 9 - 10 баллов, цунамигенной - с высотой волны до 4 - 6 м и штормовой компонентами. При этом наличие волнения поверхности моря в момент сильного землетрясения может привести к значительному увеличению высоты цунами. Известно, что сильные землетрясения часто сопровождаются извержениями вулканов. Поэтому, для таких регионов, как восточное побережье Камчатки, которое расположено в 9-10-балльной зоне (рис. 4), к этим компонентам следует добавить и опасность подвергнуться воздействию извержений, в том числе подводного вулкана Пийпа в Беринговом море.

Таким образом, суммарный риск, очевидно, будет превышать величину каждого из его составляющих в отдельности. Однако величина риска не будет являться простой суммой всех его компонент, поскольку не каждое землетрясение сопровождается цунами и вулканическими извержениями, не каждое цунами происходит при штормовых условиях и т.д.

Для определения величины такой комплексной оценки риска прибрежной территории в пределах сейсмоопасной зоны (и зоны действия вулканов), необходимо проведение дальнейших исследований, целью которых должно быть установление корреляционных зависимостей между всеми составляющими природной опасности.

2. Необходимо помнить, что из 24 населенных пунктов КАО, внесенных в «Список населенных пунктов РФ, расположенных в сейсмоопасных районах» (Строительство..., 2000), 16 находятся в 8-балльной зоне. К таким относятся и крупные населенные пункты, к которым кроме уже «печально» известных поселков Тилички и Корфа относится и районный центр Оссора (рис. 4), застройка которого включает большое количество многоэтажных железобетонных зданий. С точки зрения цунамиопасности Оссора также является «уязвимым» населенным пунктом, так ее прибрежное расположение затрудняет эвакуацию жителей из опасной зоны. Все здания и сооружения «8-балльных» поселков необходимо обследовать и при необходимости приступить к их сейсмоусилению. Для всех цунамиопасных населенных пунктов необходимо разработать схемы эвакуации населения.

3. После окончания работ 1991 - 1996 гг. у администрации КАО и у проводившей эти работы Камчатской ОМСП не хватило средств и сил для продолжения сейсмических (и геофизических) наблюдений. Времена, конечно, были сложные, это понятно. А когда они были простые? Сеть станций на территории КАО прекратила свое существование, осталась только станция в Каменском, построенная по совместному российско-

японскому проекту. Теперь ясно, что мы упустили уникальнейшую возможность путем проведения непрерывного сейсмического мониторинга сильное Хаилинское землетрясение в 1991 г. связать с катастрофой 21 апреля 2006 г., а, возможно, и спрогнозировать ее.

21 апреля практически в том же месте (рис. 3, б) произошло теперь уже второе сильное землетрясение (Олюторское), которое в эпицентре ощущалось с интенсивностью до 9 и, возможно, больше баллов. Наиболее зрелищные для публики - горе людей, потерявших кров и ночующих у костров, разрушенные здания, трещины на взлетной полосе и т.д., а, по сути - трагические, последствия этого землетрясения достаточно подробно представлены в средствах массовой информации. Однако многие очень важные для сейсмологии и геологической науки детали этого события были безвозвратно утеряны, т.к. по существующей «дурной» традиции своевременно (до нового снега) не была проведена аэрофотосъемка района землетрясения. Такую аэрофотосъемку совершенно необходимо было выполнить и для объективной оценки нанесенного землетрясением материального ущерба. Ведь наверняка у МЧС РФ есть средства и самолет АН-30, оборудованный соответствующей аппаратурой, который мог бы провести аэрофотосъемку всего пострадавшего района за короткое время.

И главное: испуг 1991 г., который, как теперь уже ясно, был, фактически, «доброжелательной» подсказкой Природы о возможности более сильного землетрясения в регионе, через 15 лет в 2006 г. в результате общего бездействия обернулся катастрофой. Природу и логику бездействия такого рода, думается, правильно подметил публицист М. Веллер (2004, с. 171): «Россия, милая Россия, аршином индивидуальным давай тебя мерить. Каким образом две тысячи чеченских бандитов могут подчинить себе десятиллионную столицу? А таким, что они храбры, наглы и люди чести. Или подкупят, или убьют, но не покорятся. А может, дешевле будет перестрелять без суда их всех? Вы что, вообще? Фашисты. Мы лучше уьем сто тысяч детей и женщин в Чечне. Но так, нечаянно. Никто не виноват».

Слава богу, что землетрясение 21 апреля обошлось без человеческих жертв, но материальный ущерб, который еще предстоит оценить и который невозможно выразить только в рублях или долларах, для этого региона - гигантский. Последствия катастрофы будут ощущаться в течение продолжительного времени и, не факт, что они когда-нибудь будут ликвидированы. Достаточно вспомнить брошенные в этом районе многочисленные рыбконсервные заводы - это «местный» пример. Или «общероссийский»: события, связанные с Нефтегорским землетря-

сением 1995 г. Вспомните, как долго и болезненно по ним принимались и реализовывались решения, как мы позволяли сами себе вытеснять из нашей жизни эти болезненные для нашего общества события другими явлениями. Конечно, события середины 90-ых гг. прошлого века тоже не были простыми для нашей страны. Но, повторимся еще раз, а когда они были простыми?

Перечисленные выше - одни из главных следствий сильных землетрясений 1991 и 2006 гг. Теперь ясно, что большой удачей было расположение очага землетрясения 21 апреля на суше, а не в море. Иначе последствия могли быть более трагичными и, по местным меркам, сравниться с трагедией двухлетней давности в 2004 г., происшедшей на побережье Индонезии. Необходимо помнить, что если в Тиличихах после землетрясения жители достаточно быстро могут подняться на сопки, что они и делали при обоих землетрясениях, то жителям Корфа, Пахачей и Ильпырского с песчаных кос, на которых они проживают, бежать некуда и в случае цунами они были обречены на гибель. Землетрясение 21 апреля - второе и уже не такое «доброжелательное» предупреждение Природы. И об этом необходимо постоянно помнить!

Сейсмические наблюдения на территории КАО должны быть восстановлены как можно быстрее и также быстро должна быть создана служба предупреждения об угрозе цунами. При этом совместно с Госкомиссией, в настоящий момент осуществляющей оценку ущерба землетрясения 21 апреля и последующих афтершоков, необходимо принять такие меры, чтобы эти наблюдения, начавшись - не прекратились. Очевидно, после землетрясения 21 апреля снова необходимо будет провести комплекс работ с целью нового уточнения сейсмичности территории Северной Камчатки и цунамиопасности ее беринговоморского побережья.

4. Еще одно следствие сильных землетрясений 1991 и 2006 гг. имеет прямое отношение к территории всей Камчатки, особенно к ее восточному побережью и г. Петропавловску-Камчатскому, в частности.

Вспомним, что построение новой методики и, как следствие, составление на ее основе новой карты общего сейсмического районирования привело не только к повышению «разрешенного» картой уровня сейсмичности для территории Корякии с 5 до 9 баллов (рис. 1, 4). Такое большое изменение уровня «разрешенной» картой ОСР-97 сейсмичности территории Корякии стало возможным в результате того, что произошло изменение положения всех изолиний, разделяющих территорию Камчатки на зоны с разной балльностью. При этом изолинии, разделяющие 10, 9, 8, 7 и 6 балльные зоны Камчатской области,

«переместились» в сторону западного побережья. Это привело к увеличению «поперечного» (поперек Камчатки) размера каждой из зон за счет исчезновения достаточно «широкой» 6-балльной зоны, ранее протягивающейся вдоль западного побережья Камчаткой области, и, как следствие, перевода г. Петропавловска-Камчатского из 9- в, фактически, 10-балльную зону (рис. 1, 4). Ярким примером 10-балльного толчка, возможного в г. Петропавловске-Камчатском, может служить не такое уж и далекое по времени землетрясение 17.10.1737 г. (Викулин, Мелекесцев, 1989).

Конечно, новая методика сейсмического районирования, как и все другие методики, обладает рядом недостатков. Например, она, по видимому, в полной мере учитывает влияние всех сильных землетрясений, происходящих в Тихом океане, но, похоже, слабо учитывает воздействие на сейсмичность территории Камчатской области и КАО слабых землетрясений, происходящих повсеместно на суше и вблизи вулканов. Эти и другие вопросы будут обсуждаться учеными и со временем, несомненно, найдут свое разрешение в виде новых научных разработок и методик и будут реализованы на практике. Однако, несомненно и то, что имеющиеся данные убедительно показывают: вопросы сейсмической опасности для территории Камчатки и г. Петропавловска-Камчатского были и остаются важнейшими. Их игнорирование или пренебрежительное к ним отношение рано или поздно приведет к трагедии.

Нельзя утверждать, что вопросы сейсмической опасности в нашем регионе замалчиваются. Нет, эта тематика постоянно обсуждается. Наверное, немногие знают, что в Камчатской области Советом народных депутатов Камчатской области 8 июня 2005 г. принят Закон Камчатской области «О сейсмической безопасности в Камчатской области», определяющий правовые и экономические основы обеспечения сейсмической безопасности населения, производственной и социальной инфраструктуры Камчатской области.

Однако следует признать, что наши действия, направленные на практическое решение вопросов уменьшения сейсмического риска на территории Камчатки, во многом отстают от уровня современных требований. Например, на протяжении многих лет ставятся и не решаются первоочередные задачи, которые «поставлены» перед городом и регионом 7-балльным землетрясением 25 ноября 1971 г.:

- создание новых территориальных строительных норм (ТСН), которые будут в себя включать региональные сейсмические воздействия на здания и сооружения с учетом специфики проявлений сильных землетрясений на Камчатке, уточненные расчеты интенсивности сотрясений

для средних грунтовых условий с дифференциацией по районам г. Петропавловска-Камчатского и его окрестностей, указания и рекомендации по сейсмоусилению существующих зданий, по внедрению новых конструкций сейсмоизоляции с учетом применения местных строительных материалов;

- корректировка проведенного в 1973 г. сейсмического микрорайонирования (СМР) территории города с учетом результатов всех последних геофизических, сейсмологических и инженерно-геологических работ, уточнением (выбором) средних грунтов и учетом влияния рельефа на интенсивность сотрясений;

- проведение на современном уровне инженерно-сейсмологических наблюдений с созданием сети станций для регистрации сильных землетрясений в пунктах с характерными для г. Петропавловска-Камчатского грунтовыми условиями и модернизацией инженерно-сейсмометрических наблюдений на зданиях и сооружениях г. Петропавловска-Камчатского.

Эти вопросы многократно обсуждались на различных уровнях от «узких» профессиональных на научно-технических советах институтов до «широких» - на соответствующих Отделах, Департаментах и Управлениях администраций г. Петропавловска-Камчатского и Камчатской области. А воз - и ныне там. Вывод очевиден. На Камчатке по-прежнему отсутствуют механизмы, которые бы могли запустить решение этих задач «изнутри». Остается только сожалеть, что на строительство большого количества супермаркетов в городе средства находятся, а на проведение мероприятий по защите наших жизней - нет. Вывод - мы не можем или не хотим употребить власть!

Справедливости ради, следует заметить, что последняя кратковременная вспышка интереса к решению этих «сейсмических» вопросов имела место со стороны администрации г. Петропавловска-Камчатского в начальный период ее «становления». С этой целью между городской администрацией и Камчатским Технопарком КамГУ в 2005 г. был заключен договор, целью которого была консолидация усилий всех заинтересованных институтов и специалистов Камчатки для решения выше обозначенных «сейсмических» вопросов. Но, после предоплаты и подписания промежуточного отчета, в котором проведена постановка проблемы и сформулированы основные стоящие перед регионом задачи, активность городской администрации заметно «утихла». Складывается впечатление, что как важные «сейсмические» проблемы, так и Технопарк, ответственный в настоящее время за их решение, администрацией города или ее некоторыми чиновниками были использованы и продолжают использоваться отнюдь не для

решения важных задач, а в совершенно других целях. Думается, что спекулировать такими важными вопросами на Камчатке, иными словами - играть жизнями проживающих на ее территории людей, недопустимо.

Следующее сильное землетрясение в городе, которое неминуемо будет, в очередной раз напомнит нам об этом. И мы в очередной раз будем совершать героические усилия и тратить гигантские средства на восстановление и ликвидацию...

Список литературы

Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др. Возраст действующих вулканов Курило-Камчатского региона // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4-5. С. 5-35.

Веллер М. Представления. СПб: 2004, 585 с.

Викулин А.В. Природный риск Северной Камчатки // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17, № 2. С. 85-92.

Викулин А.В. Миграция очагов сильнейших камчатских и северо-курильских землетрясений и их повторяемость // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 46-61.

Викулин А.В., Дроздюк В.Н., Семенец Н.В., Широков В.А. К землетрясению без риска. Петропавловск-Камчатский, 1997. 120 с.

Викулин А.В., Мелекесцев И.В. О вероятности и повторяемости 10-балльных землетрясений в Петропавловске-Камчатском // Сейсмология и сейсмостойкое строительство на Дальнем Востоке. Владивосток: ДальНИИС Госстроя СССР, 1989. С. 66-67.

Гусев А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России // Физика Земли. 2002. № 12. С. 56-70.

Гусев А.А. Некоторые вопросы сейсмологического обоснования норм сейсмостойкого проектирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2003. № 1. С. 32-36.

Гусев А.А., Петухин А.Г. Методика построения региональной прогнозной зависимости между параметрами сейсмических колебаний грунта, магнитудой и расстоянием при небольшом числе инструментальных записей на примере прогноза максимального ускорения для Камчатки // Bulgarian Geophysical Journal. Vol. XXII, № 4. P. 40-49.

Гусев А.А., Шумилина Л.С. Некоторые вопросы методики сейсмического районирования // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ОИФЗ РАН, 1995. Вып. 2-3. С. 289-299.

Егоров О.Н. Оценка сейсмичности горных регионов при отсутствии наблюденных инструментальных данных // 1-я Международная конференция «Сейсмическая безопасность урба-

низированных территорий". 12-16 февраля 1996. Петропавловск-Камчатский. С. 19.

Егоров О.Н. Геодинамика и палеосейсмичность фланговых областей северо-западного сектора зоны перехода Тихий океан – континент. М. Наука. 2006. 183 с.

Заякин Ю.А. Цунами на Дальнем Востоке. Петропавловск-Камчатский, 1996. 86 с.

Заякин Ю.А. Возникновение и распространение цунами в западной части Берингова моря // Метеорология и гидрология. 1988. № 2. С. 66-73.

Зобин В.М., Бахтияров В.Ф., Борисенко В.Н. и др. Корякское землетрясение 8 марта 1991 г. // Землетрясения в СССР в 1991 году. М.: Наука, 1997. С. 76-88.

Зубин М.И., Таракановский А.А. Тектоника и особенности поля силы тяжести района Ключевской группы вулканов // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов. Владивосток, 1976. С. 17-28.

Ландер А.В., Букчин Б.Г., Дроздин Д.В., Кирышкин А.В. Тектоническая позиция и очаговые параметры Хаилинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 г.: существует ли плита Берингия? // Вычислительная сейсмология. М.: Наука, 1994. Вып. 26. С. 103-122.

Леонов В.Л., Егоров О.Н. Обвалы и оползни на территории Корякского автономного округа, связанная с ним опасность и факторы ее определяющие // Вопросы географии Камчатки. 1998. Вып. 11.

Леонтьев И.О. Расчет волн, течений и вдольбереговых потоков наносов в прибрежной зоне // Океанология. 1994. Т. 33. № 1. С. 429-434.

Мелекесцев И.В., Курбатов А.В. Частота крупнейших палеосейсмических событий на северо-западном побережье и в Командорской котловине Берингова моря в позднем плейстоцене-голоцене // Вулканология и сейсмология. 1997. № 3. С. 3-11.

Мороз Ю.Ф. Глубинное строение юго-западной части Корякского нагорья // Сов.геология. 1987. № 5. С. 118-123.

Мороз Ю.Ф. Электропроводность земной коры и верхней мантии Камчатки. М.: Наука, 1991. 181 с.

Пинегина Т.К., Мелекесцев И.В., Брайцева О.А. и др. Следы доисторических цунами на восточном побережье Камчатки // Природа. 1997. № 4. С. 103-106.

Поротов А.В., Селиванов А.О. Возможное развитие берегов России в условиях ожидаемого подъема уровня океана на побережье Коряки // Развитие морских берегов России и их изменения при возможном подъеме уровня Мирового океана. М.: МГУ, 1997. С. 220-243.

Развитие морских берегов России и их изменение при возможном подъеме уровня мирового океана. М.: МГУ, 1997. 306 с.

Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. М.: Наука, 1979. 192 с.

СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1982. 40 с.

Соловьев С.Л. Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1737-1976 гг. // Изучение цунами в открытом океане. М.: Наука, 1978. С. 61-136.

Соловьев С.Л., Некрасов А.В., Бухтеев В.Г., Пясковский Р.В. Предварительное цунамирайонирование Курило-Камчатского побережья на основе гидродинамических расчетов // Теоретические и экспериментальные исследования по проблеме цунами. М.: Наука, 1977. С. 131-139.

Строительство в сейсмоопасных районах. СНиП II-7-81*. М.: Госстрой России. 2000. 44 с.

Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство. 1998. № 4. С. 30-34.

Bourgeois J., Pinegina T.K., Ponomareva V.V., Zaretskaia N.E. Holocene tsunamis in the Southwestern Bering Sea, Russia Far East and their tectonic implications // The Geol. Soc. Amer. Bull. 2006. Vol. 11(3/4). P. 449-463.

Dawson A.G., Foster I.D., Shi S. et al. The identification of tsunami deposits in coastal sediment sequences // Science of Tsunami Hazards. 1991. Vol. 9. № 1. P. 73-82.

Gusev A.A., Gordeev E.I., Guseva E.M. et al. The First Version of the $A_{\max}(M_w, R)$ Relationship for Kamchatka // Pure appl. Geophys. 1997. Vol. 149. P. 299-312.

Gusiakov V.K., Marchuk An.G. Estimation of tsunami risk: case study of the Bering coast of Kamchatka // Tsunami Migration and Risk Assessment. Proceedings of the International Tsunami Workshop, Petropavlovsk-Kamchatsky, August 21-24, 1996. Novosibirsk: Computing Center SD PAS, 1997. P. 33-46.

Gusiakov V.K., Marchuk An.G., Osipova A.V. Expert tsunami database for the Pacific: motivation, design, and proof-of-concept demonstration // Perspectives on Tsunami Hazard Reduction. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 1997. P. 21-34.

Minoura K., Gusiakov V.K., Kurbatov A. et al. Tsunami sedimentation associated with the 1923 Kamchatka earthquake // Sedimentary Geology. 1996. Vol. 106. P. 145-154.

Minoura K., Nakaya S. Origin of intertidal lake and marsh environments in and around Lake Jusan, Tsugaro // Geol. Soc. Japan. Mem. 1990. Vol. 36. P. 71-87 (in Japanese).

Porotov A., Vikulin A. The Natural Hazards assessment on coastal zone of the Koryak region // Partnership in Coastal Zone Management. 1996. Univ. Portsmouth. J.Tausik and J. Mitchel (eds.). Supl. Iss. P. 1-6.

Potapova O.V., Chernysheva G.V., Shumilina L.S. Seismicity of Koryak region // 5th Zonenshain Conference on the plate tectonics. Moscow. November 22-25, 1995. Moscow, 1995. P. 131.

Ranguelov B. Tsunami Hazard Methodology - a Case for the Black Sea // Стихия. Строительство. Безопасность. Сб. тез. докл. междунар. конф. Владивосток. 8-12 сентября 1997 г. Владивосток: ДальНИИС, 1997. С. 89-90.

Zobin V., Melekestsev I., Vikulin A. Seismic zonation of the Western coast of the Bering Sea // Proceedings of the First International Conference on Seismic Zonation. October 17-19, 1995. Nice. France. 1995. P. 1432-1439.

LESSONS OF KCHAILINO 1990, M=7 AND OF OLUTORSKOE 2006, M=7.8 EARTHQUAKES

A.V. Vikulin^{1,2}, I.V. Melekestsev^{1,2}

¹*Institute of volcanology and seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

²*Kamchatka State University by Vitus Bering, Petropavlovsk-Kamchasky, 683032, Russia*

The review of complex 1991-1996 investigation North Kamchatka results is gave. Preliminary macroseismic and instrumental data about Olutorskoe April, 21 2006, M = 7.8 earthquake are gave. Conclusions of comparative analysis of two strong earthquakes are formulated.