



MODELLING OF ZONES OF POTENTIAL EARTHQUAKES FOCI FOR TERRITORIES NEAR BENIOFF ZONES

M.Yu. Andreeva, V.N. Patrikeev

*Institute of Marine Geology and Geophysics,
Far East Branch, Russian Academy of Sciences
1b Nauki street, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia*

Abstract: Based on the catalogue of earthquakes of the Kuril-Kamchatka region for the period from 1737 to 2007, a 3D model may zones of potential earthquake foci is developed for the Southern Kuril territory. The model can be useful for seismic hazard forecasting. Boundaries of structural elements of the zones with potential earthquake foci are determined by seismic methods.

Key words: earthquakes, catalogue of earthquakes, zones with potential earthquake foci, lineaments, zoning.

Recommended by V.A. San'kov 10 February 2012

Citation: Andreeva M.Yu., Patrikeev V.N. Modelling of zones of potential earthquakes foci for territories near Benioff zones // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012. V. 3. № 1. P. 69–76. DOI:10.5800/GT-2012-3-1-0063.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ ЗОН БЕНЬОФА

М.Ю. Андреева, В.Н. Патрикеев

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1б, Россия*

Аннотация: На основе каталога землетрясений Курило-Камчатского региона за 1737–2007 гг. для Южных Курильских островов создана трехмерная модель зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ) для оценки сейсмической опасности. Сейсмическими методами уточнены границы структурных элементов зон ВОЗ (линеаментов).

Ключевые слова: землетрясения, каталог землетрясений, зоны возможных очагов землетрясений, линеаменты, районирование.

1. ВВЕДЕНИЕ

Землетрясения — одно из основных опасных явлений для жителей Курильских островов. В результате стихийных бедствий страдает экономика Сахалинской области, разрушаются инфраструктура, гражданские и промышленные объекты и, самое главное, возможны человеческие жертвы, поэтому надежная оценка сейсмической опасности остается основной задачей сейсмологических исследований.

Такие исследования следует проводить на основе полного однородного каталога землетрясений изучаемого региона за максимально возможный временной период. Использование при расчетах сейсмической опасности наиболее полных исходных данных каталогов сейсмических событий приводит к созданию достоверных карт детального сейсмического районирования. Важность такой работы на этой территории подтверждается решением правительства о выделении до 2015 г. дополнительных финансовых средств (общим размером 31 млрд руб.) на развитие Курильских островов.

Постановка задачи. Курило-Камчатская зона субдукции является наиболее подвижным и сейсмически активным регионом Северной Евразии. Основной структурной особенностью области перехода от континента к океану выступает сейсмофокальная зона. Она служит основным источником сейсмической энергии, определяющей уровень сейсмической опасности Курильского региона.

Гипоцентры в пределах фокальной зоны расположены неравномерно. В Курильском регионе наибольшая концентрация землетрясений наблюдается в верхней части фокальной зоны до глубин около 80 км, на больших глубинах количество землетрясений резко уменьшается [Tarakanov, 1997]. Детальное изучение сейсмического режима и строения сейсмофокальной зоны указывает на значительное различие их параметров по латерали и по глубине.

На основе этих исходных данных, а также информации о строении сейсмофокальной зоны по материалам каталога [Kim, Andreeva, 2009] и изучения деформации осадочного чехла, акустического фундамента по материалам метода отраженных волн (МОВ) [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006] была поставлена задача разработать дробную трехмерную модель зон возможных очагов землетрясений с сейсмолинеаментами для территории Южных Курильских островов.

2. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ

В основу создания карты общего сейсмического районирования (ОСР-97) и нашей модели зон ВОЗ положена линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель, разработанная на базе решеточной регуляризации [Ulotov, 1998]. В соответствии с принятой

концепцией в ЛДФ-модели рассматриваются четыре масштабных уровня: крупный регион с интегральной характеристикой сейсмического режима и три его основных структурных элемента – линеаменты, в генерализованном виде представляющие оси верхних кромок трехмерных сейсмоактивных разломных структур, и структурированную сейсмичность. Основным каркасом ЛДФ-модели являются домены, покрывающие всю территорию и характеризующиеся рассеянной, или диффузной, сейсмичностью; потенциальные очаги землетрясений, указывающие на наиболее опасные участки и, как правило, приуроченные к линеаментным структурам. Для вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО) территории Южных Курильских островов необходима такая модель зон источников сейсмических колебаний, которая описывала бы распределение очагов землетрясений в пространстве, окружающем острова, и в которой задавались бы основные параметры самих очагов (размеры, ориентация, тип смещений в очаге и т.п.). Мы ограничились рассмотрением только тех событий, которые могут возникать на расстояниях до 300 км от о-вов Кунашир и Итуруп, а по глубине до 150–200 км. Предпочтение отдали смешанной модели, в которой небольшие землетрясения диффузно распределены двух- или трехмерно, а крупные землетрясения генетически связаны с разломами [Shteinberg et al., 1993]. Она основана на представлении о распределении сейсмических событий по закону Пуассона. Для обеспечения независимости событий проводится процедура очистки каталогов землетрясений от афтершоков.

При генерализованном сейсмическом районировании, каким является ОСР-97, в пределах нескольких районов (в том числе и Курильского) не удалось выделить линеаменты, генерирующие землетрясения с $M \geq 6.0$ (обычно не хватает знаний о положении выхода разломов на поверхность под дном океана). Так, крупная зона субдукции Курило-Камчатского региона рассматривалась в виде объемных доменов с повышенными значениями магнитуд.

3. ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН РАЗРЫВОВ

Выделение зон разрывов осуществлено по результатам изучения деформаций осадочного чехла и акустического фундамента островного склона Курильского глубоководного желоба по сейсмическим материалам МОВ. Они были получены ИМГиГ ДВО РАН и трестом «Дальморгеофизразведка» в период 1976–1989 гг. с использованием спутниковой навигационной системы «Транзит», обеспечивающей реальную точность привязки профилей первые сотни метров.

Исследование южной части Курильских о-вов до пролива Буссоль проведено методом общей глубин-

ной точки (МОГТ) на основе двух профилей (ПР 1700 и ПР 1620), отличающихся глубиной исследований под дном до 8–10 км (рис. 1). В дополнение к ним использовались профили одноканального сейсмического профилирования, полученные с применением мощного (до 200–300 КДж) электроискрового источника, обеспечивающего в условиях внутреннего склона желоба глубинность исследований под дном до

2 км. Таким образом, это дало возможность получить плотность профилей вдоль Курильского склона в среднем 1 профиль на 50 км.

Представленный сейсмический разрез (рис. 2) из [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006 2006], иллюстрирующий строение внутреннего склона Курильского желоба, позволяет авторам выявить участки склона с наиболее интенсивными деформациями осадочно-чехла и фундамента. На сейсмических разрезах в пределах осадочного чехла эти деформации проявляются в отсутствии фазовой корреляции волн, отраженных от кровли фундамента и дна, резком ослаблении их интенсивности, обилии дифрагированных волн, что свидетельствует о наличии уступов амплитудой сотни метров. Анализ разрезов МОГТ показывает, что наиболее интенсивными деформациями отличается нижняя часть внутреннего склона в районе фронтальной пластины. Здесь не только отсутствует фазовая корреляция отражений в осадочном чехле и резко ослабляется их интенсивность, но очень слабо проявляется расслоенность в карманах, заполненных самыми молодыми позднеплейстоценовыми осадками. Множество уступов в рельефе фундамента и дна также свидетельствуют о современной тектонической активности этой части склона. Сейсмическими материалами МОВ устанавливается, что основная часть разломов фокальной зоны выходит на дно в районе фронтальной пластины. На юге Курильской островной дуги в структуре островного склона выделяются две крупные тектонические пластины, характеризующиеся однотипным строением. Пластины представляют собой моноклинали с взброшенным северо-западным и опущенным юго-восточным крыльями.

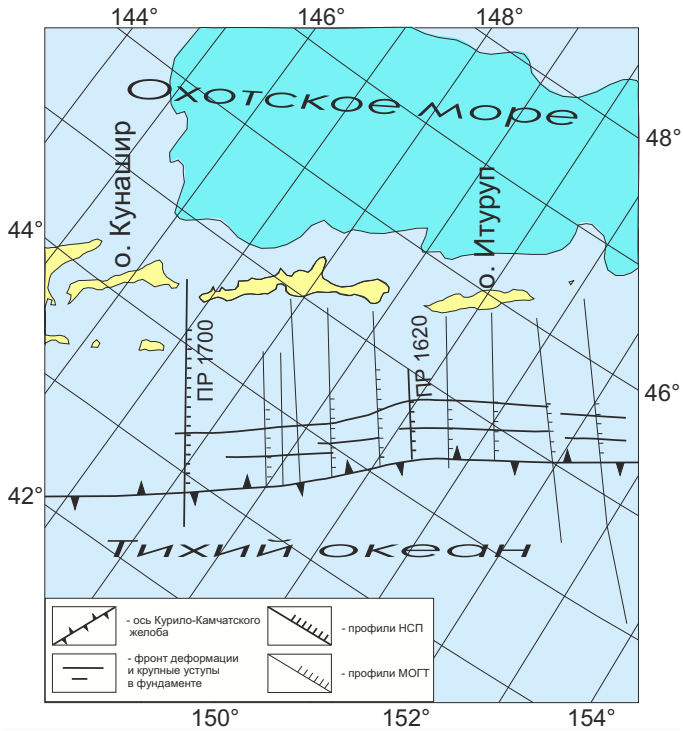


Рис. 1. Карта выхода вероятных разрывов Курильской сейсмоактивной зоны на дно океана.

Fig. 1. Map of the Kuril seismically active zone, showing outlets of potential surface fractures towards the ocean bottom.

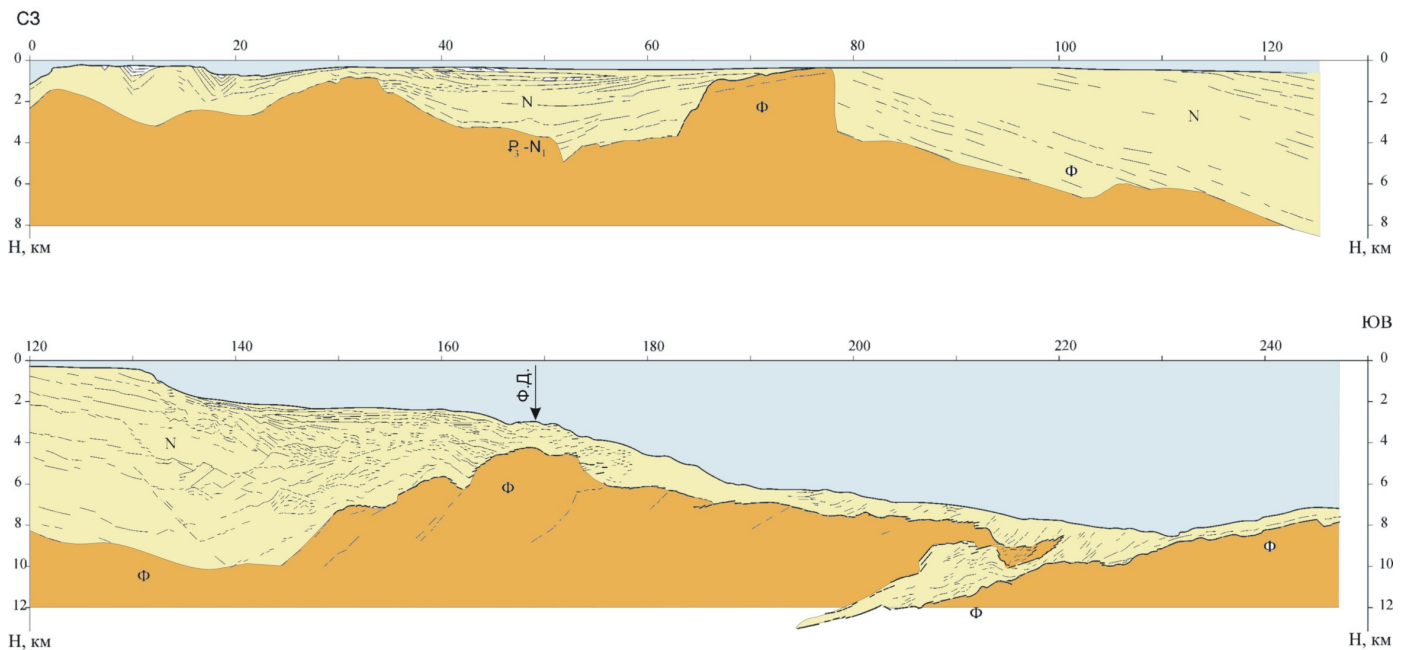


Рис. 2. Глубинный разрез МОГТ ПР-1700: Ф – меловой период, ФД – фронт деформаций.

Fig. 2. CDPM PR-1700 deep cross-section. Ф – Cretaceous; ФД – deformation front.

Авторами на основании этих материалов представлена карта выхода плоскости разломов на дно океана (см. рис. 1). Кроме того, на ней показаны крупные, коррелируемые на многие десятки и даже сотни километров уступы в рельефе фундамента, которые связываются с наиболее активными разломами в пределах фронтальной пластины. Одни из этих разломов активны в настоящее время, и уступ прекрасно выделяется на дне, другие проявляли большую активность в недавнем прошлом и в рельефе дна выражаются существенно слабее.

4. ЗОНЫ ВОЗ

С усовершенствованием методов ВАСО постоянно изменяются представления о зонах ВОЗ. Принцип их модификации для территорий, расположенных вблизи зон Бенъофа, заключается в том, что площадные участки ВОЗ дополнительно разбиваются по глубине.

Настоящая расчетная модель включает в себя пять площадных зон источников, которые отвечают определенным структурным элементам Курильской островной дуги. Кроме того, в нашей модели сейсмоактивный объем разделен на два-три слоя по глубине, что позволяет создать трехмерную модель. Выделение этих глубинных участков происходило на основании анализа сейсмичности Курило-Охотского региона за период 1737–2007 гг.

Эпицентры подавляющего большинства курильских землетрясений, в том числе и наиболее сильных, располагаются между Тихоокеанским побережьем островов и осью глубоководной Курило-Камчатской впадины. Основная масса неглубоких (до 60 км) очагов приурочена к крутому северо-восточному борту и удалена от Большой Курильской гряды в среднем на 100–150 км. Курило-Камчатская полоса этих землетрясений соединяется с Японской в районе о-ва Хоккайдо, составляя с ней единое целое. Единым на всем протяжении является и глубоководный желоб, служащий границей проявления сейсмической активности. Полоса эпицентров землетрясений, расположенных между цепью вулканов и глубоководным желобом, отделяется от полосы глубоководных землетрясений почти асейсмичным пространством [Tarakanov, 2006].

Наглядную картину распределения гипоцентров землетрясений можно получить с помощью вертикальных разрезов фокальной зоны, ориентированных вкоструктур островной дуги. Для построения вертикальных разрезов и анализа особенностей строения сейсмофокальной зоны Южно-Курильский район был разделен сеткой локальных координат на равновеликие (по 10^4 км²) криволинейные трапеции [Tarakanov et al., 1977]. Сетка локальных координат представляет собой систему поясов (дуг окружностей), ориентированных вдоль структур островной дуги, и секторов, секущих дуги под прямым углом. Центр окружности, соответствующий Курило-Камчатской дуге,

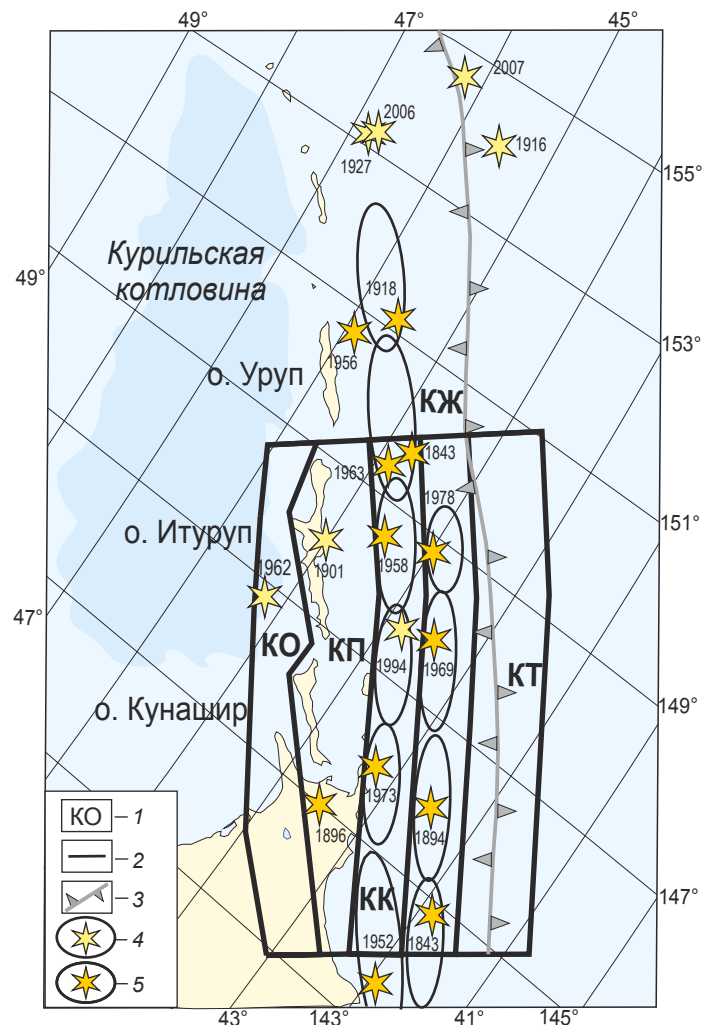


Рис. 3. Зоны ВОЗ с очагами сильнейших землетрясений Южно-Курильской сейсмоактивной зоны. 1 – зоны ВОЗ; 2 – границы зон ВОЗ; 3 – глубоководный желоб; эпицентры и области очагов (по материалам [Kim, Andreeva 2009]) сильнейших в зоне землетрясений с $M \geq 7.0$ с глубиной: 4 – $h \leq 30$ км; 5 – $h > 30$ км.

Fig. 3. Model of zones of potential earthquake foci (PEF), showing the strongest earthquakes of the Southern Kuril seismically active zone. 1 – PEF zones; 2 – boundaries of DEF zones; 3 – deep-sea trough; epicenters and foci areas (according to data from [Kim, Andreeva, 2009]) of the world strongest earthquakes ($M \geq 7.0$) at depth: 4 – $h \leq 30$ km; 5 – $h > 30$ km.

лежит в точке с координатами $\varphi = 58^{\circ}01' \pm 1^{\circ}$ с. ш., $\lambda = 129^{\circ}52' \pm 1^{\circ}$ в. д. [Tokarev, 1970]. На рис. 4 показан один из двенадцати вертикальных разрезов, построенных через 100 км вкоструктур дуги от о-ва Хоккайдо до о-ва Уруп по данным за период 1737–2005 гг.

Видно, что гипоцентры в пределах фокальной зоны расположены неравномерно и для Курильского региона наибольшая концентрация землетрясений наблюдается в верхней части наклонной фокальной зоны на глубинах от 30 до 50 км, на глубинах, больших 70 км, количество землетрясений резко уменьшается. В промежутке глубин 200–300 км выделяется почти асейсмическая зона (рис. 4).

Для более точного разделения зон ВОЗ (в том числе и для зонирования по глубине) была проведена количественная оценка параметров сейсмичности.

В результате наших исследований в пределах изучаемой области на глубинах от 0 до 200 км вы-

делены следующие зоны возможных очагов землетрясений: Курило-Тихоокеанская (КТ), Курильский желоб (КЖ), Курило-Континентальная (КК), Курило-Приостровная (КП), Курило-Охотская (КО) (см. рис. 3).

Зона КЖ (см. рис. 3) ограничивается с запада выходом западной границы сейсмофокальной зоны на дневную поверхность, восточный ее край располагается в 10–40 км западнее оси глубоководного Курило-Камчатского желоба. Эта зона включает основную часть гипоцентров землетрясений наклонной сейсмофокальной зоны с глубинами до 70–80 км. Она разбита на две подзоны: КЖ-1 (до глубин 40 км) и КЖ-2 (до глубин 60 км) (рис. 4). Первое достоверно известное сильное землетрясение в этой зоне произошло 25.4.1843 г. ($M=8.4$; $h=70$ км) в районе северной оконечности о-ва Хоккайдо (КЖ-2). Наиболее сильным было землетрясение 22.3.1894 г. ($M=8.8$; $h=40$ км), произошедшее восточнее городов Немуро и Кусиро (КЖ-1). 11.8.1969 г. в 90 км юго-восточнее о-ва Шикотан произошло землетрясение с $M_w=8.2$ на глубине $h=40$ км.

По сейсмическим данным [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006] верхняя часть этой зоны располагается в пределах фронтальной пластины, выделяемой к северо-западу от аккреционной призмы, и прослеживается до глубоководной террасы (см. рис. 2). Ее ширина вкрест простирания дуги составляет 60 км. В поперечном сечении она представляет собой клин, обращенный на юго-восток. С обеих сторон пластина имеет тектонические ограничения. Этот участок склона глубоководного желоба отличается наиболее интенсивными деформациями осадочного чехла и фундамента. При приближении к глубоководной террасе фундамент внутреннего склона резко погружается, в осадках улучшается корреляция отраженных волн, они становятся расслоенными, а верхняя их часть практически не деформированной. Этот уча-

сток склона предлагается рассматривать как фронт деформации, связанный с выходом западной границы фокальной зоны на дно. Следовательно, сейсмическими материалами МОВ устанавливается, что основная часть разломов фокальной зоны выходит на дно в районе фронтальной пластины, а тектоническими ограничениями этой пластины являются линеаменты.

Зона КТ (см. рис. 3) с западной стороны граничит с зоной КЖ, а с восточной стороны ограничивается группой землетрясений, происходящих за Курило-Камчатским желобом.

По сейсмическим данным [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006] верхняя часть этой зоны располагается в пределах аккреционной призмы и океанического борта желоба (см. рис. 2), осложненного разломами юго-восточного падения, разделяющими склон на блоки шириной 2–5 км. Вертикальная амплитуда разломов максимальна в нижней части склона и уменьшается в направлении вала Хоккайдо. На этом основании можно определить положение юго-восточной границы верхней части этой зоны в 70 км от оси желоба. По результатам детальных исследований эти разломы прослеживаются параллельно оси желоба, а их протяженность часто превышает 40–50 км.

Зона КК (рис. 4) включает очаги землетрясений с глубины приблизительно от 20 до 80 км, неравномерно распределенные по глубине, поэтому разделена на несколько подзон: КК-1, КК-2, КК-3.

По сейсмическим данным [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006] эта подзона располагается в пределах глубоководной террасы и хребта Витязя (см. рис. 2). Последний представляет собой тектоническую пластину или пластину внешней дуги, имеющую с обеих сторон тектонические ограничения, которые проявляются в деформациях осадочного чехла в ее фронтальной части и несогласиях в тылу пластины. Она имеет моноклиальное строение с взброшенным

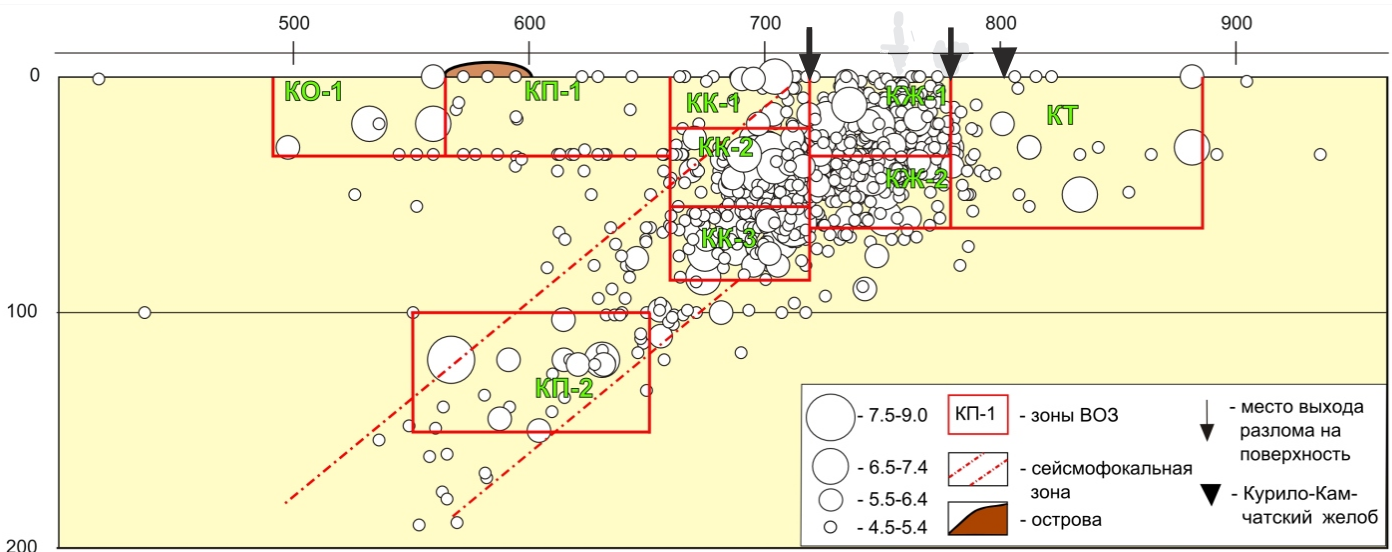


Рис. 4. Районирование зон ВОЗ Южно-Курильской сейсмоактивной зоны по глубине (по горизонтали и вертикали – расстояния в км).

Fig. 4. PEF zonation of the Southern Kurile seismically active zone by depth (horizontal and vertical distances are given in kilometers).

северо-западным и опущенным юго-восточным крыльями. Хребет Витязя на большем его протяжении срезан абразией. В его пределах наблюдается множество малоамплитудных разломов, предположительно сбросового характера, в большинстве своем не выходящих на дно. Тектонические ограничения внешней дуги являются линеаментами, прослеживающимися на северо-восток до пролива Буссоль. Предполагается, что в настоящее время они малоактивны, особенно северо-западный линеамент.

В подзоне КК-2 (см. рис. 4) было сильное сейсмическое событие 6.11.1958 г. ($M=8.2$; $h=40$ км) вблизи о-ва Итуруп. В северной оконечности очага Итурупского землетрясения, юго-восточнее о-ва Уруп, 13.10.1963 г. зафиксировано одно из сильнейших землетрясений региона ($M_w=8.4$; $h=47$ км). Подобное событие произошло 4.10.1994 г. с эпицентром восточнее о-ва Шикотан ($M_w=8.3$; $h=26$ км).

В подзоне КК-3 можно выделить землетрясение 17.06.1973 г., очаговая область которого располагалась юго-восточнее п-ва Немуро.

Кроме основных (КТ, КЖ и КК) выделены две второстепенные зоны возможных очагов землетрясений КП и КО (рис. 4), которые также показаны на вертикальном разрезе.

Зона КО включает очаги землетрясений шельфовых участков Курильских островов. Западная граница этой зоны проходит примерно по дну Курильской глубоководной впадины Охотского моря, а восточная вдоль островов Курильской гряды. В этой зоне стоит отметить землетрясение 7.5.1962 г. западнее о. Итуруп ($M=7.1$; $h=20$ км).

Особое положение занимает зона КП-1 (рис. 3, 4). Она включает в себя землетрясения с эпицентрами непосредственно под Курильскими островами, их очень мало. В этой зоне стоит выделить два землетрясения: 18.11.1896 г. на северо-восточной оконечности о. Хоккайдо ($M=7.6$; $h=40$ км) и 05.04.1901 г. на восточной оконечности о. Итуруп ($M=7.5$; $h=30$ км).

По сейсмическим данным [Tektonicheskoe rajonirovanie..., 2006] эта зона располагается в пределах островной дуги и Срединно-Курильского прогиба (см. рис. 2). Поскольку позднеплейстоценовые осадки в прогибе залегают спокойно и практически не нарушены деформациями, можно полагать, что тектоническая активность этой части тихоокеанского склона незначительна.

Зона КП-2 (рис. 4) представляет собой часть наклонной сейсмофокальной области под Курильскими островами. Очаги землетрясений в ней расположены на промежуточных глубинах 100–200 км. Зона КП-2 отличается от зоны КЖ, КК по характеру и интенсивности сейсмического процесса. Здесь не отмечены землетрясения с $M > 7.8$, а общее их количество резко понижается. Зона КП-2 образована очагами с глубинами, большими 100 км; ниже рас-

полагается астеносферный слой ослабленной прочности и пониженной скорости сейсмических волн.

5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧНОСТИ ЗОН ВОЗ

В соответствии с основными положениями ВАСО, зависимые события (форшоки и афтершоки) были удалены из каталога по методикам, предложенным в работах [Gardner, Knopoff, 1974; Reasenber, 1985; Uhrhammer, 1986]. Тем самым три каталога независимых землетрясений были построены при использовании трех различных определений афтершоков. Из этих каталогов были получены три альтернативных распределения для параметров повторяемости во всех зонах сейсмических источников, как показано в таблице (в таблицу занесены данные для шести основных зон, дающих максимальный макросейсмический эффект от землетрясений, происходящих в них).

Структурные элементы зон ВОЗ, как и землетрясения, классифицируются по магнитуде M_{max} с шагом 0.5 ед. магнитуды: $M \leq 8.5 \pm 0.2$, $\leq 8.0 \pm 0.2$, $\leq 7.5 \pm 0.2$, $\leq 7.0 \pm 0.2$, $\leq 6.5 \pm 0.2$ и $\leq 6.0 \pm 0.2$. Знак « \leq » указывает на то, что каждый из линеаментов с M_{max} включает в себя все менее крупные, вплоть до $M = 6.0$. Верхний порог магнитуды M_{max} определяется реальной сейсмогеодинамической обстановкой (таблица), а нижний M_{min} – надежностью регистрации землетрясений с минимальной магнитудой, не представляющих определенную сейсмическую опасность (в настоящих исследованиях принято $M_{min} = 5.0$, а сейсмическая интенсивность $I_{min} = 5$).

Построенные эмпирические графики повторяемости для каждой из подзон (как нормальные, так и кумулятивные) были аппроксимированы в интервале магнитуд $M_{min} < M < M_{max}$ с помощью уравнения Гутенберга-Рихтера. Коэффициенты графиков повторяемости определялись по эмпирическим данным методом максимального правдоподобия.

Для каждой зоны источников эти три распределения были включены с одинаковым весом в логическое дерево модели сейсмической опасности (при невозможности выбора наиболее предпочтительной методики) и проведены расчеты сейсмической опасности в 2010 г. для территории четырех населенных пунктов (Южно-Курильск, Курильск, Малокурильское и Крабозаводское).

Результаты детального сейсмического районирования населенных пунктов Южных Курильских островов, полученные ВАСО с использованием логического дерева, дают уменьшение расчетных оценок интенсивности сейсмических сотрясений на 0.5–1.0 балла по сравнению с результатами ОСР-97. Эти величины достаточно хорошо согласуются с максимально наблюдаемыми макросейсмическими сотрясениями в населенных пунктах Курильских островов за период 1900–2010 гг.

Основные параметры сейсмических зон по каталогу Курильских землетрясений с $M \geq 5$
 Key parameters of seismic zones, according to the Kuril Earthquakes Catalogue (for earthquakes with $M \geq 5$)

Название зоны	Расположение по глубине		Площадь, км ²	Число событий в зоне	Макс. магнитуда по каталогу	Параметры Гутенберга-Рихтера по методу максимального правдоподобия		Макс. магнитуда для анализа
	Интервал глубин, км	Средняя глубина, км				a	b	
Декластеризация каталога по [Gardner, Knopoff, 1974]								
КТ	0 – 70	36	79290	114	7.7	4.76±0.172	0.93±0.039	8.0
КЖ-1	0 – 35	22	58490	116	6.6	4.75±0.312	0.91±0.057	7.0
КЖ-2	35 – 70	46	58490	155	8.2	3.66±0.358	0.69±0.058	8.2
КК-1	20 – 55	40	55340	223	8.2	3.22±0.095	0.58±0.015	8.2
КК-2	55 – 90	67	55340	151	7.9	3.68±0.127	0.69±0.021	8.0
КО	0 – 30	19	51510	13	7.0	1.89±0.218	0.48±0.037	7.5
Декластеризация каталога по [Uhrhammer, 1986]								
КТ	0 – 70	35	79290	128	7.7	5.31±0.213	1.03±0.036	8.0
КЖ-1	0 – 35	23	58490	238	6.6	6.70±0.239	1.25±0.043	7.0
КЖ-2	35 – 70	47	58490	252	8.2	4.72±0.262	0.86±0.043	8.2
КК-1	20 – 55	41	55340	414	8.2	4.75±0.343	0.82±0.053	8.2
КК-2	55 – 90	67	55340	270	7.7	5.21±0.299	0.94±0.049	8.0
КО	0 – 30	19	51510	12	6.6	2.04±0.253	0.52±0.048	7.0
Декластеризация каталога по [Reasenberg, 1985]								
КТ	0 – 70	37	79290	118	7.7	4.86±0.169	0.95±0.029	8.0
КЖ-1	0 – 35	23	58490	102	6.7	3.92±0.121	0.77±0.022	7.0
КЖ-2	35 – 70	49	58490	152	7.9	3.78±0.271	0.71±0.045	8.0
КК-1	20 – 55	40	55340	179	8.2	3.71±0.111	0.69±0.018	8.2
КК-2	55 – 90	69	55340	142	7.2	3.73±0.097	0.69±0.016	7.5
КО	0 – 30	18	51510	18	7.0	2.20±0.328	0.52±0.055	7.5

5. ВЫВОДЫ

На основании сейсмологических данных разработана трехмерная модель зон ВОЗ для юга Курильских островов. Уточнение сейсмическими методами границы структурных элементов зон ВОЗ

(линеаментов) позволяет более точно оценить сейсмическую опасность в населенных пунктах Курильских островов.

Работы проведены по федеральной целевой программе «Мировой океан» на 2008–2012 г.

7. ЛИТЕРАТУРА

- Balakina L.M. Kurilo–Kamchatskaya seismogennaya zona – stroenie i poryadok generacii zemletryasenij [The Kuril–Kamchatka seismogenic zone – its structure and the earthquake generation pattern] // Fizika Zemli. 1995. № 12. S. 48–57 (in Russian).
- Gardner J.K, Knopoff L. Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? // Bulletin Seismological Society American. 1974. V. 64. P. 1363–1367.
- Kim Chun Un, Andreeva M.Yu. Katalog zemletryasenij Kurilo–Kamchatskogo regiona (1737–2005 gg.) [The Kuril–Kamchatka Earthquakes Catalogue]. Yuzhno–Sahalinsk: IMGiG DVO RAN, 2009. 126 s. (Preprint) (in Russian).
- Shteinberg V.V., Saks M.V., Aptikaev F.F., Alkaz V.G., Gusev A.A., Erohin L.Yu., Zagradnik I., Kendzera A.V., Kogan L.A., Lutikov A.I., Popova E.V., Rautian T.G., Chernov Yu.K. Metody ocenki sejsmicheskikh vozdeystvij (posobie) [Seismic impact estimation methods (guidebook)] // Zadanie sejsmicheskikh vozdeystvij. M.: Nauka, 1993. S. 5–94. (Voprosy inzhenernoj sejsmologii, vyp. 34) (in Russian).

- Tarakanov R.Z. Sejsmicheskiy potencial Kurilo–Ohotskogo regiona [The seismic potential of the Kuril–Okhotsky region] // Problemy sejsmicheskoy opasnosti Dal'nevostochnogo regiona. Yuzhno–Sahalinsk: IMGIG DVO RAN, 1997. S. 75–93. (Geodinamika tektonosfery zony sochleneniya Tihogo okeana s Evraziej, t. 6.) (in Russian).
- Tarakanov R.Z. Sejsmichnost', glubinnoe stroenie i sejsmicheskaya opasnost' Kurilo–Ohotskogo regiona [Seismicity, deep structure and seismic hazard of the Kuril–Okhotsky region]: Dis. v vide nauch. dokl. ... d-ra fiz.-mat. nauk. Yuzhno-Sakhalinsk, 2006. 76 s. (in Russian).
- Tarakanov R.Z., Levyi N.V., Kim Chun Un. Sejsmichnost' Kuril'skogo regiona [Seismicity of the Kuril region] // Sejsmicheskoe rajonirovanie Kuril'skih ostrovov Priamur'ya i Primor'ya. Vladivostok, 1977. S. 27–39 (in Russian).
- Tektonicheskoe rajonirovanie i uglevodorodnyj potencial Ohotskogo morya: k 60-letiyu osnovaniya Instituta morskoy geologii i geofiziki DVO RAN [Tectonic zoning and hydrocarbon potential of the Okhotskoe sea: To the 60th Anniversary of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch, RAS] / O.V. Veselov, E.V. Gretskeya, A.Ya. Il'ev, V.E. Kononov, E.V. Kochergin, V.N. Patrikeev, V.P. Semakin, V.P. Senachin, V.N. Ageev, I.B. Vasyuk, P.F. Volgin, L.M. Zlobina, V.V. Zhigulev, O.S. Korney, A.V. Kochergin, V.V. Kudel'kin / *Otv. red. K.F. Sergeev. M.: Nauka, 2006. 130 s. (in Russian).*
- Tokarev P.I. O fokal'nom sloe, sejsmichnosti i vulkanizme Kurilo–Kamchatskoj zony [On focal layer, seismicity and volcanism of the Kuril–Kamchatka zone] // Izvestia AN SSSR. Seriya fizika Zemli. 1970. № 3. S. 15–30 (in Russian).
- Uhrhammer R.A. Characteristics of Northern and Central California seismicity // Earthquake Notes. 1986. V. 57(1). P. 21.
- Ulomov V.I. Modelirovanie zon vozniknoveniya ochagov zemletryasenij na osnove reshetochnoj regulyariizacii [Modeling of zones of occurrence of earthquake foci on the basis of lattice regularization] // Fizika Zemli. 1998. № 3. S. 4–8 (in Russian).
- Reasenber P. Second-order moment of Central California seismicity, 1969–1982 // Journal of Geophysical Research. 1985. V. 90. P. 5479–5495. doi:10.1029/JB090iB07p05479.

Сведения об авторах / Author information:

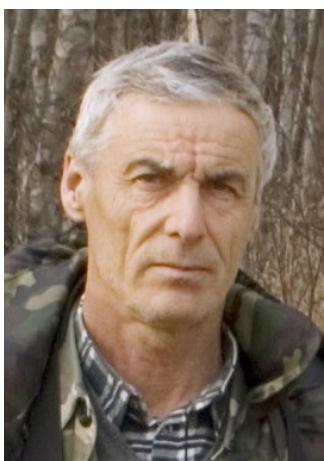


Андреева Марина Юрьевна

м.н.с. лаб. сейсмологии, ИМГиГ ДВО РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, д.16
Тел. (4242)791517
E-mail: andreeva-mu@mail.ru

Andreeva, Marina Yu.

Junior Researcher
Seismology Laboratory
Institute of Marine Geology and Geophysics Far East Branch
Russian Academy of Sciences
1b Nauki street, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia
Tel. (4242)791517
E-mail: andreeva-mu@mail.ru



Патрикеев Вячеслав Николаевич

к. г.-м. н., вед. научн. сотрудник, лаб. сейсмоики и морской акустики, ИМГиГ ДВО РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, д.16
Тел. (4242)791517
E-mail: patrik@imgg.ru

Patrikeev, Vyacheslav N.

Candidate of Geology and Mineralogy
Lead Researcher Laboratory of Seismics and Marine Acoustics
Institute of Marine Geology and Geophysics Far East Branch
Russian Academy of Sciences
1b Nauki street, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia,
Tel. (4242) 791517
E-mail: patrik@imgg.ru