Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Т. 1. Вып. 1 • 2012 Специальный выпуск СИСТЕМА ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time Elektronische wissenschaftliche Auflage Almabtrieb 'Raum und Zeit' Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'

Кора — мантия — ядро

Crust - Mantle - Core / Krusten - Mantel - Kern

УДК 550.34/.834:551.21/.462:550.34

Злобин Т.К.*, Полец А.Ю.**, Пеньковая О.В.***

Т.К. Злобин



А.Ю. Полец

О.В. Пеньковая

Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

*Злобин Тимофей Константинович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, профессор СахГУ. E-mail: t.zlobin@mail.ru

**Полец Анастасия Юрьевна, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института морской геологии и геофизики ДВО РАН

E-mail: polec84@mail.ru

***Пеньковая Ольга Витальевна, аспирант Сахалинского государственного университета по специальности «Геофизика. Геофизические методы поисков полезных ископаемых» E-mail: Penkovaj.Olga@mail.ru

В статье рассмотрены основные проявления динамики в тектонических и сейсмовулканических процессах в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Они связаны с образованием и размещением углеводородов, современными, сильными и катастрофическими землетрясениями на Средних Курилах 15.11.2006 г. (М = 8,3) и 13.01.2007 г. (М = 8,1), а также извержением вулкана Пик Сарычева, произошедшего на Средних Курилах (на о-ве Матуа) 9.08.2009 г.

Ключевые слова: геодинамика, углеводороды, землетрясения, Средние Курилы, извержение вулкана, флюиды.

Динамика недр планеты проявляются во многих процессах, которые происходят в планете от ядра, до ее приповерхностной части [Злобин 2008, 2010]. Динамка литосферы, проявляется, прежде всего, в тектонических движениях, влияющих на формировании полезных ископаемых, а также выражается в землетрясениях и активном вулканизме.

Особенно ярко в настоящее время эти явления происходят на границе наиболее крупных морфорструктур Земли и ее основных структурных элементов — континентов и океанов. При этом наиболее ярко они проявляется между крупнейшим Азиатским континентом и самым большим на планете Тихим океаном. Именно здесь в зоне перехода от материка к океану происходят современные и самые значительные землетрясения и связанные с ними цунами, известные современные извержения действующих вулканов. Здесь же, в зоне перехода особенно на шельфе окраинных Дальневосточных морей, в результате седиментации и тектонических движений (пликативных и дизъюнктивных) образовались месторождения углеводородов (нефти, газа, газогидратов).

Поэтому, рассмотрим основные проявления тектонических и иных процессов в зоне перехода связанных с образованием и размещением углеводородов, современные сильные и катастрофические землетрясения и современный активный вулканизм.

Месторождения углеводородов и сейсмоактивные разломы

При освещении вопроса нахождения месторождений углеводородов и рассмотрим, прежде всего, такие важные моменты, как возможную нефтегазоносность в зонах коллизии на границах Охотской литосферной плиты, расположенной в зоне перехода и положение ослабленных зон повышенной проницаемости (каналов дегазации и флюидов) в Курило-Охотском регионе этой зоны.

При этом проницаемость и подъем флюидов из недр в этой области активного вулканизма имеет значение и для освещения вопросов извержения современных действующих вулканов в Курило-Камчатской островной дуги, которые рассмотрим ниже.

Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Дальнейшие перспективы прогноза обнаружения углеводородов связаны с тем, на какой теории происхождения они основаны. От этого зависит и роль, которая принадлежит исследованиям глубинного строения и динамики Земли. Несмотря на подавляющее доминирование в течение многих десятилетий концепции органического происхождения нефти авторы допускают и разделяют существование альтернативной гипотезы, например И.М. Шахновского [Шахновский 2002], т.е. возможность неорганического происхождения, и исходит из нее. Принципиально важным является то, из какой теории исходить, поскольку от этого зависит необходимость и важность исследований глубинного строения и с каких глубин изучать поступление и накопление материала.

Рассмотрим вопросы размещения углеводородов в пределах Охотской литосферной плиты. Эта литосферная плита расположена между Тихоокеанской и Евразиатской плитами (с востока и запада, соответственно) и Североамериканской и Китайской с севера и юга (**Рис. 1**).



Рис. 1. Границы Охотской литосферной плиты и ее положение среди других плит.

1 — границы литосферных плит; 2 — положение границ плит, выраженных в зонах субдукции и глубоководных желобах; 3 — ось зоны задугового спрединга; стрелками показано направление движения блоков земной коры и верхней мантии при спрединге; 4 — направление движения плит и вращения их блоков. СА—ЕА, А—О — центры вращения Североамериканской (СА) и Евразиатской (ЕА) плит, Амурской (А) и Охотской (О).

На основе детального анализа сейсмичности нами проведены границы Охотской литосферной плиты. Не вызывает сомнений восточная граница. Она всеми проводится по Курило-Камчатской сейсмофокальной зоне, с которой связывается субдукция Тихоокеанской плиты под Евразиатскую и ее часть — Охотскую микроплиту. С точки зрения изучения связи образования и накопления залежей углеводородов, наличия и положения каналов подъема из глубин флюидов рассмотрены две зоны. Первая — северная часть Западной границы плиты, вторая — северо-восточная на Северной границе.

Западная граница Охотской литосферной плиты. Ее положение к настоящему времени определено неоднозначно и проводится по-разному. Так японские ученые Т. Сено и др. [Сено и др. 1995] и многие отечественные геофизики проводят ее через о-в Сахалин в меридианальном направлении, причем, продолжая ее положение далее на север прямо через Охотское море, несмотря даже на практически отсутствие вообще здесь землетрясений. Таким образом, полностью игнорируя отсутствие очагов землетрясений, а также региональные и глубинные закономерности геологических структур (например, дугообразную форму Охотско-Чукотского вулкано-плутонического пояса). Построенная нами схема (**Рис. 1**) основана на том, что западная граница плиты севернее Сахалина проходит по однозначно фиксируемым эпицентрам землетрясений, которые поворачивают здесь на запад. С юга же Сахалина западная граница плиты проходит по Татарскому проливу западнее острова. Далее в срединной части она пересекает Сахалин, где структуры мелового преддугового прогиба смещены по мезозойскому трансформному разлому [*Рождественский 1976*]. Затем севернее она продолжается вдоль восточной стороны Сахалина до окончания острова, после чего граница плиты поворачивает к материку на запад, контактируя с Китайской плитой. Причины смещения региональных меридианальных разломов и связанных с ними структур вдоль Сахалина и, согласно им западной границы литосферной плиты нам представляется, связана с раскрытием Южно-Курильской впадины вследствие образования рифта под действием мантийного диапира, внедрившегося и поднимающегося здесь из глубин.

Зоны сочленения плит рассматриваются нами, как зоны повышенной проницаемости, в которых может иметь место подъем флюидов, что подтверждается образованием многочисленных месторождений углеводородов здесь на шельфе восточного Сахалина в области западной границы плиты. Поэтому, исходя из плитотектонического критерия К.А. Клещев с соавт. [Клещев и др. 2001] пишут, что на западной границе плиты во многих локальных структурах Татарского пролива, в его южной части можно ожидать наличия месторождений углеводородов (газа и газоконденсата). Основанием для этого является

ЗЛОБИН Т.К., ПОЛЕЦ А.Ю., ПЕНЬКОВАЯ О.В. ГЛУБИННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

следующее: под Татарским проливом расположен Западно-Сахалинский осадочный бассейн, включающий в себя Северо-Татарский, Центрально Татарский, Южно-Татарский прогибы, прогиб Исикари и Западно-Сахалинское поднятие. При этом для разломов Северо-Татарского прогиба характерна повышенная сейсмическая активность и флюидопроницаемость [*Структура... 1996*]. Центрально-Татарский пролив отделен от соседних, структурных элементов региональными разломами, а его срединная часть представляет собой крупную зону растяжений средне-позднемиоценового времени и своеобразную зону «зияния» земной коры. Это может способствовать подъему глубинных **флюидов.** Южно-Татарский прогиб, центральная часть которого является областью интенсивного растяжения и также своеобразной зоной «зияния» земной коры. Прогиб Исскари — представляет собой, по сути, ассиметричную синклинальную структуру. Таким образом, в южной части зоны западной границы Охотской плиты имеется ряд структур, перспективных на углеводороды. В северной части этой западной границы Охотской плиты уже нет необходимости доказывать наличие здесь нефтегазоносности, поскольку здесь на шельфе уже найдены крупные месторождения и ведется промышленная добыча углеводородов в Дерюгинском прогибе.

Северная граница Охотской литосферной плиты. Она представляет собой границу типа Plate-boundary zones, то есть здесь деформации плит происходят в широкой зоне и сейсмичность здесь представляет собой «размытую» полосу не ярко выраженной концентрации эпицентров землетрясений. Она проводится по области рассеянной сейсмичности [Злобин 1999; Имаев и др. 2000]. Мы особо рассмотрели положении северной границы Охотской литосферной плиты на основе детального изучения сейсмичности в ее северо-восточной (прикамчатской части), которая проходит под заливом Шелихова в Западно-Камчатском бассейне в прогибе Тинро, являющегося здесь основным очагом генерации углеводородов [Злобин 2002].

Как видно, в восточной части северной границы плиты таких явных блоковых смещений в пределах Камчатки не наблюдается. В то же время северная граница Охотской плиты достаточно хорошо не изучена. При этом в полосе пересечения границей плиты залива Шелихова имеет место группирование сильных землетрясений субширотного направления обрывающиеся в районе западного побережья Камчатки южнее м. Южный (между этим мысом и р. Ича). Таким образом, от р. Ичи до м. Южный может иметь место смещение блоков литосферы или земной коры, восточнее которого граница Охотской и Североамериканской плит проходит через Алеуты до м. Южный, а затем смещается по субмеридианальному разлому на юг. Далее, на западе от этой линии смещения она проходит между южным окончанием прогиба Тинро и северной границей Центрально-Охотского свода [Злобин 2002]. Морфология северо-восточной части Охотского моря, а именно — залив Шелихова, видимо, отражает движение блоков литосферы Охотской плиты, осложнившее ее форму аналогично изгибу западной границы плиты северо-западнее Сахалина в районе Шантарских островов, севернее которых выделяются крупные очаги нефтеобразования [Геология и нефтегазоносность... 2002].

Поскольку на западной границе Охотской плиты на шельфе Сахалина найдены значительные промышленные запасы нефти и газа, то есть смысл рассмотреть в этом отношении и восточную (прикамчатскую) часть Охотской плиты. Поэтому мы проанализировали сочленение северной и восточной границы *[Злобин, Злобина 1999; Злобин 2002]*. Как следует из анализа сейсмичности, возможно в северо-восточной части плита также имела не простое строение. Цепочка эпицентров сильных землетрясений субширотного направления южнее г. Магадан (п-ова Кони и п-ова Пьягина) по траверсу п. Охотск — п. Усть-Хайрюзово на Камчатке возможно трассирует границу блока литосферы. Эта граница могла быть также продолжением западной границы, по которой мощнейший раздел в литосфере между Североамериканской и Тихоокеанской плитами, проходящий по Алеутской дуге был смещен на юг по линии секущего ортогонального разлома, протягивающегося от п. Усть-Тигиль (м. Омгон) до устья р. Ича на Западной Камчатки. Такое предположение отражают эпицентры очагов сильных землетрясений.

Если обратиться к построенной нами структурной схеме акустического фундамента [Злобин 1987; Злобин, Злобина 1991], то видно, что такая предполагаемая в субширотном направлении разломная зона от п. Охотска до п. Усть-Хайрюзово проходит между впадиной Тинро и Прикамчатским валом. Соответственно, ортогональная зона смещений (глубинный надлитосферный разлом) трассируется серией тектонических нарушений субмеридианального направления к западу от п-ва Камчатка в выявленных структурах фундамента и осадочного чехла под восточной частью Охотского моря (в Прикамчатском вале). Это соответствует на побережье Камчатки территории от м. Утхолокский до устья р.Ича. Вторая аналогия тектонической обстановки и развития западной присахалинской части Охотской плиты и восточной прикамчатской заключается в том, что Дерюгинский прогиб, содержащий большинство месторождений нефти на шельфе Сахалина и прогибы северо-восточной части плиты (прогибы Тинро и Шелихова), согласно Г.С. Гнибиденко [*Гнибиденко* 1976] являются рифтовыми структурами. Здесь вышеназванный автор выделяет Северо-Охотскую рифтовую зону, располагающуюся на северо-восточной окраине Охотского свода. Она протягивается на расстояние свыше 300 км при ширине около 150 км. При этом Г.С. Гнибиденко отмечал, что северо-западная часть этого грабен-синклинального прогиба также характеризуется относительно повышенной сейсмичностью.

Согласно А.В. Журавлеву [устное сообщение], прогиб Тинро являться мощным очагом генерации углеводородов, а В.В. Харахинов и др. [Структура... 1996] прогнозируют здесь в комплексе «D» высокие концентрации нефтематеринских свойств. О сходстве геологического строения Западной Камчатки и Сахалина писал и И.И. Тютрин [Тютрин 1982]. Оно выражается, по его мнению, в четкой сопоставимости их кайнозойских отложений, однотипности тектонических структура... тур (преобладании блоковых деформаций) и особенностях проявления в кайнозое магматизма (траппы). Следовательно,

ЗЛОБИН Т.К., ПОЛЕЦ А.Ю., ПЕНЬКОВАЯ О.В. ГЛУБИННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

можно говорить об определенном сходстве тектонического развития северо-восточной и западной присахалинской границ Охотской литосферной плиты, а значит и о перспективе обнаружения углеводородов здесь при наличии соответствующих иных условиях (режима осадконакопления, образования коллекторов, покрышек, локальных структур и т.п.).

Таким образом, применение плитотектонических критериев и детальный анализ сейсмичности зон коллизий на границе Охотской литосферной плиты позволяет говорить более обоснованно о возможной здесь нефтегазоносности.

Кроме вышеизложенных исследований под руководством Т.К. Злобина [Злобин 2002], в Курило-Охотском регионе в 1975—2007 гг. были выполнены и проинтерпретированы глубинные сейсмические исследования методами ГСЗ, КМПВ, МОВЗ, МОВ ОГТ. В результате этого были построены глубинные разрезы земной коры и верхней мантии Охотского моря от Сахалина до Камчатки и Курильской островной дуги. При исследованиях глубинного строения земной коры устанавливались скоростные характеристики слоев и их возможная геологическая интерпретация. При этом были установлены внутренние неоднородности различной природы, блоки, а также внутрикоровые и глубинные разломы.

Зоны разломов являются тектонически ослабленными зонами. По ним могли подниматься магматические флюиды. В связи с этим в ряде случаев к выявленным разломным зонам приурочены вулканические аппараты, зоны орудинений а также гипоцентры землетрясений. Были выявлены глубинные каналы, связывающие очаги вулканов с зонами магмосодержания. Таким образом, выделялись зоны повышенной проницаемости, по которым возможен подъем флюидов. Но кроме магматических флюидом с этими глубинными зонами, возможно, связывать подъем иных флюидов (углеводородов), а также газов.

Такие зоны выделялись нами в земной коре и верхней мантии в Курильской островной дуге и мантии в пределах сейсмофокальной зоны (СФЗ), а также в земной коре Охотского моря. При этом на вулканических островах Курил выделенные разломные зоны по сейсмическим данным МОВЗ и ГСЗ представляли наибольший интерес для установления их связи с вулканическими аппаратами и зонами магмообразования, о чем изложено ниже, а в зонах СФЗ — с катаклазироваными породами в очаговых зонах землетрясений. Выявление же разломов в земной коре по данным МОВ ОГТ в Охотском море представляет интерес, прежде всего, именно для оценки проницания по этим ослабленным и разрушенным зонам флюидом углеводородов.

На глубинном разрезе земной коры вдоль профиля Южный Сахалин — Охотское море — Камчатка (**Рис. 2**) в земной коре выявлен ряд глубинных разломов. Они выделены на всем протяжении профиля и проходят через различные структуры. Из них наиболее глубинные, проникающие на всю мощность коры расположены по флангам профиля, в присахалинской и прикамчатской частях. Наибольший интерес, с точки зрения существования возможных каналов транспортировки глубинных флюидов, **в юго-западной части профиля** представляют два региональных разлома и один внутрикоровый. Первые два установлены на ПК 0—50, третий — 130—140 (**Рис. 2**). В северо-восточной части профиля наибольший интерес представляют глубинные разломы, установленные на ПК 1140 и 1290 км.





Рис. 2. Глубинный разрез земной коры вдоль профиля Сахалин-Камчатка

1—3 — пикеты: профиля ГСЗ 19 через Сахалин (**1**), МОВ ОГТ 1611 через Охотское море (**2**) и профиля 4 через Камчатку (**3**); **4** — пересечения разреза с профилями ГСЗ и их номер; **5** — водный слой; **6** — осадочный (осадочно-вулканогенный) слой; **7**, **8** — гранитометаморфический (верхний и средний) (**7**) и гранулитобазитовый («базальтовый», нижний) слой консолидированной земной коры (**8**); **9—13** — сейсмические границы: в осадочном чехле по данным МОВ ОГТ (**9**); в земной коре по данным ГСЗ, МОВЗ (**10**); в том числе, связанные с кровлей консолидированной коры (**11**); разделом Конрада между нижним (гранулитобазитовым) и вышележащим слоем (**12**), а также подошвой земной коры (**13**); **14**, **15** — средние (**14**) и граничные (**15**) сейсмические скорости, км/с; **16** — разломы.

Первые разломы в западной части профиля соответствуют Центрально-Сахалинскому и Хоккайдо-Сахалинскому разломам. Если первый из них проходит среди складчатых наземных структур Сахалина, то второй Н.А. Богданов др. [Объяснительная записка... 2000] относят к структурному шву, и он проходит в восточной части о-ва Сахалин и по шельфу

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Охотского моря восточнее Сахалина, заливу Терпения Охотского моря, проливу Лаперуза и уходит на Хоккайдо.

Таким образом, этот глубинный разлом (шов) пересекается сейсмическим профилем и расположен под акваториями залива Терпения Охотского моря. Здесь в осадочном чехле по данным сейсмических исследований МОВ ОГТ выявлен ряд структур, в том числе Западно-Охотский и Стародубский прогибы. В последнем мощность осадочных отложений достигает 8—10 км. Залив Терпения в настоящее время менее изучен и пока там не найдены углеводороды, в отличие от крупных месторождений севернее, в Дерюгинском прогибе. Однако, нахождение под ним зоны глубинного разлома, достигающего мантии, позволяет считать, что в нижние горизонты прогиба могут проникать глубинные флюиды углеводородов и газа.

Кроме того, глубинный Хоккайдо-Сахалинский разлом на большей (центральной и северной) части проходит вдоль восточной окраины острова Сахалина. На восточном же шельфе Сахалина, как известно, открыты крупнейшие промышленные месторождения нефти и газа (углеводородов). При этом Хоккайдо-Сахалинский разлом и оперяющие его тектонические нарушения являются сейсмоактивными. Именно к нему приурочено катастрофическое Нефтегорское землетрясение 1995 года явившееся самой большой сейсмической катастрофой в России и унесшее более 2000 тысяч жизней людей [Злобин 2010]. Заметим, что Верхне-Пильтунский разлом представляет собой северный отрезок Срединно-Сахалинской шовной зоны. Она к северу, в свою очередь, сливается именно с Хоккайдо-Сахалинским разломом, в непосредственной близости от которого обнаружены ряд промышленных месторождений нефти (Чайвинское, Арктун-Дагинское, Пильтун-Астохское, Одоптинское и др.) в Северо-Сахалинском бассейне.

Таким образом, можно ожидать наличие связи активности этого «живого» глубинного разлома, как с сейсмичностью, так и с возможной транспортировкой флюидов, нефти и газа с больших глубин. В таком случае залежи и месторождения углеводородов могут быть и в более глубоких горизонтах, чем обнаружено до сих пор. Третий из названных разломов в юго-западной части профиля, проходящий по профилю в районе 130 км, имеет меньшую глубину. Возможно, он также доходит до поверхности М, но осадочный чехол здесь имеет меньшую мощность (2—4 км).

Глубинные разломы **северо-восточной части** на 1140 и 1290 км профиля проникают всю мощность земной коры, в мантию и могут играть большую роль в оценке потенциала на углеводороды, способствуя проникновению глубинных флюидов. Особенно важным является то, что, как было показано ранее Т.К. Злобиным [Злобин 2002], на карте изопахит в пределах Большерецкого поднятия, севернее Голыгинского прогиба предполагается наличие ловушки углеводородов. Ловушки здесь выделены на основании выклинивания и примыкания слоев осадочных отложений кайнозойского чехла.

До сих пор поиски нефти многие десятилетия велись на суше в Западной Камчатке несколько северо-западнее этой области в Западно-Камчатском нефтегазоносном районе, в Ичинским и Колпаковском прогибах. В Колпаковском прогибе были найдены проявления углеводородов.

Таким образом, наибольший интерес с точки зрения проницания по разлому флюидов в земной коре, подъем флюидов нефти и газа, накопления их в ловушках представляют места пересечения глубинного разлома, установленного на 1130 км данного разреза в районе профилей ГСЗ 9-м, МОВ ОГТ 11 и 1613. Можно заключить, что сейсмические исследования в Охотском море позволяют говорить о наличии глубинных структур (разломов), способных содействовать подъему глубинных флюидов и образовании в соответствующих структурах верхнего этажа земной коры месторождений нефти и газа.

Современные катастрофические землетрясения в Курило-Охотском регионе зоны перехода

В настоящей работе мы рассмотрели наиболее важные и последние современные значительные землетрясения. Им явились катастрофические Симуширские землетрясения 2006 и 2007 гг. соответственно с магнитудой M_w = 8,3 и 8,1, впервые в истории инструментальных наблюдений с 1965 года произошедшие на Средних Курилах [Злобин и др. 2008].

Для понимания причин землетрясений большое значение имеет изучение глубинного строения среды (земной коры и верхней мантии) в которой они происходят. При этом важно выяснить строение тектонических и геологических струк-

тур, физические параметры среды, ее напряженное состояние и т.д.

Особый интерес данной работы связан с тем, что в 2007 году 13 января, а также накануне — 15 ноября 2006 года произошли мощные (с магнитудой 8,3 и 8,1), катастрофические Симуширские землетрясения на Средних Курилах, где долгие годы имело место длительное сейсмическое затишье. Некоторые ученые высказывали мнение, что на Средних Курилах не может быть землетрясений с магнитудой более 7,5 и обосновывали это особенностью строения среды, аномальной пластичностью вещества, где не могут накапливаться большие напряжения *[Тараканов, Бобков 1997]*. Другие, например С.А. Федотов *[Федотов, Чернышев 1987]*, наоборот, многие годы ожидали и предсказывали сильное землетрясение на Средних Курилах. Поэтому происшедшие вышеназванные сейсмические события в районе о-ва Симушир на Средних Курилах вызвали большой интерес. Особое значение имеет следующее обстоятельство. В 1983 году, за несколько лет до того, как произошли вышеназванные катастрофические землетрясения, именно в районе Средних Курил комплексной сейсмической экспедицией Института мор-

ской геологии и геофизики ДВО РАН под руководством Т.К. Злобина были выполнены уникальные по сложности и информативности сейсмические исследования глубинного строения земной коры. Они были выполнены методами ГСЗ — КМПВ (в наземно-морском варианте), МОВ-НСП и МОВЗ *[Злобин 1987; Злобин и др. 1987; Аносов и др. 1988; Злобин и др. 1998*].

Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Было отработано два ортогональных профиля проинтерпретированные в настоящее время. Один из них был пройден вдоль, другой вкрест Курильской островной дуги (КОД) (**Рис. 3**).





При этом продольный профиль длиной 270 км проложен от Урупа до Расшуа и выполнен методами ГСЗ, МОВЗ. Он проходил и вдоль о-ва Симушир. Второй, поперечный профиль протяженностью около 400 км был проложен из Охотского моря через Курильскую островную дугу (пересекая о-в Симушир) в Тихий океан. Этот второй профиль ГСЗ, КМПВ, МОВ-НСП прямо прошел через область, которая соответствовала очаговым зонам происшедших в настоящее время катастрофических землетрясений 2006 и 2007 годов (**Рис. 3**). Таким образом, появилась редкая возможность сопоставить глубинное строение земной коры в очаговых зонах и особенности этих катастрофических Симуширских землетрясений.

Первое из рассматриваемых катастрофических землетрясений произошло 15 ноября 2006 года в 11 час. 14 мин. 13 сек., второе — 13 января 2007 года в 4 часа 23 мин 21 сек. По каталогу NEIC параметры первого землетрясения были ϕ = 46,592⁰ с.ш., λ = 153,266⁰ в.д., второго ϕ = 46,243⁰ с.ш., λ = 154,524⁰ в.д. Глубина очага составила 10 км у обоих землетрясений. Моментные магнитуды М_w, по оценке Сейсмологического центра Гарвардского университета (США), составили 8,3 и 8,1 соответственно.

Для первого землетрясения 15.11.2006 г. общая протяженность сейсморазрыва по оценке, приведенной И.Н. Тихоновым и др. [Тихонов и др. 2007], составила $L \sim 300$ км, ширина $W \sim 60$ км. При этом величина смещения по падению в плоскости сейсморазрыва была $d \sim 6,7$ м. Для второго землетрясения 13.01.2007 г. смещения по косейсмическим измерениям соответствовали сбросу по плоскости сейсморазрыва северо-восточного простирания, круто падающей на северо-запад. Параметры сейсморазрыва соответственно были: $L \sim 180$ км, $W \sim 46$ км. Величина максимального смещения (сброс) составила $d \sim 5,1$ м.

Результаты первых полученных данных о вышеназванных катастрофических Симуширских землетрясениях мы сопоставили с глубинными сейсмическими исследованиями в районе Средних Курил. При этом имелось в виду, что детальность полученных сейсмических данных (ГСЗ, МОВ—НСП) о строении коры значительно выше, чем точность определения координат и глубин гипоцентра землетрясений в сейсмологии.

Установленные основные особенности строения земной коры центральной части Курильской островной дуги от о-ва Уруп до Расшуа (включая о-в Симушир) по профилю I являются следующие (**Рис. 4**) [Злобин 1987; Злобин и др.1987].



Рис. 4. Скоростной разрез земной коры по профилю І Уруп-Расшуа.

1 — изолинии скорости; **2** — сейсмические границы и значения скорости над границей и под ней, км/с; **3** — границы скоростных блоков, отождествляемые с границами структурных несогласий и разломами; **4** — поверхность Мохоровичича (М); **5**, **6** — слой повышенной (**5**) и пониженной (**6**) скорости.

ЗЛОБИН Т.К., ПОЛЕЦ А.Ю., ПЕНЬКОВАЯ О.В. ГЛУБИННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

В скоростном отношении разрез земной коры неоднороден. Нами выделено 5 разнородных по скорости блоков. При этом в блоке IV имеет место нормальный закон нарастания скорости с глубиной, которая меняется от 2,9 до 7,0 км/с. В остальных блоках установлены слои пониженной скорости. Кроме этого, в блоке II выделен слой повышенной (от 7,5 до 7,7—8,0 км/с) скорости, ниже которого она имеет значение 6,2—6,5 км/с.

Важнейшим является выявленный по скоростному разрезу в блоке III под о-вом Симушир разрыв границы М и подъем (взброс) его северо-восточного крыла относительно юго-западного. Это установлено в районе ПК150 (под действующим вулканом Прево), где имеет место исчезновение этой границы (**Рис. 4**). При этом восточнее ПК140, ниже положения изолинии скорости V=6,2 км/с, на глубине более 5 км строение земной коры резко меняется и вместо имевшего место высокоскоростного слоя — имеет место низкоскоростной. Кроме того, на ПК140 по данным МОВ, ГСЗ и скоростному разрезу устанавливается мощный наклонный глубинный разлом, падающий на юго-запад. Таким образом, этот блок III под о-вом Симушир имеет резко аномальное строение.

Второй наземно-морской сейсмический профиль ГСЗ проложен ортогонально первому и проходит через о-ов Симушир (**Рис. 5**). Установлено следующее. Земная кора слоисто-блоковая и в ней выделено до 5 слоев.



Рис. 5. Сейсмический разрез земной коры вдоль профиля II.

1 — пункты постановки буйковых станций; 2, 3 — пункты постановки донных станций при исследованиях КМПВ (2) и ГСЗ (3); 4, 5 — преломляющие границы, построенные по данным КМПВ (4) и ГСЗ (5) (цифры сверху границы — значение эффективной скорости, снизу — значения граничной скорости); 6, 7 — поверхность Мохоровичича, построенная по результатам исследований 1983—1984 гг. (6) и 1957—1959 гг. (7); 8 — поверхность акустического фундамента океанического склона желоба; 9 — участки интерполяции преломляющих границ; 10 — глубины залегания сейсмических границ по данным ГСЗ и МОВЗ в местах пересечения с профилем I; 11 — зоны тектонических нарушений; 12—15 — местоположение на разрезе очагов землетрясений различной магнитуды; 16, 17 — фокальные механизмы очагов землетрясений 15.11.2006 г. и 15.01.2007 г. (16) и положение на разрезе проекции гипоцентра их главного толчка (17); 18 — границы сейсмофокальной зоны.

Ниже впервые дана их геологическая интерпретация с позиций общепринятой классификации В.В. Белоусова, Н.И. Павленковой [Белоусов, Павленкова 1985], подтвержденной нашими исследованиями глубинного строения Курильской островной дуги [Злобин 1987].

Согласно ей в первый слой можно объединить осадки, залегающие от поверхности дна в пределах прилегающих акваторий. Они имеют мощность до 2—3 км. Скорость сейсмических волн (V) в отложениях здесь от 2,3—2,8 до 3,3—4,0 км/с. Второй гранито-гнейсовый слой расположен на глубинах от 3 до 6—8км. Скорость по его поверхности и в слое V=5,0—6,1км/с (средняя 5,4 км/с). Третий слой определяется нами, согласно вышеназванной модели (отсутствует ссылка), как гранулитогнейсовый. Кровля его выделяется на глубинах 6—8 км, а подошва на глубинах 12—17 км. Он характеризуется скоростью по разрезу 6,4—6,6 км/с . Пластовая скорость составила 6,4 км/с. Граничная скорость по подошве в основном 7,4—7,6 км/с (местами 8,2 км/с). Основной особенностью слоя является то, что далее в океане он обрывается (выклинивается) на ПК100—110. При этом восточнее по профилю с глубин 8—10 км под первым осадочным слоем залегает четвертый слой. Это самый нижний гранулито-базитовый слой. Он установлен на глубинах до 12—17 км (под океаном) и до 20—30 км (под ост-

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

ровной дугой). Скорость по его поверхности в основном составляет V = 7,4—7,6 км/с (средняя), а по подошве — 8,2—8,4 км/с. Нижней границей этого слоя является поверхность Мохоровичича, то есть подошва земной коры.

Основные, структурные особенности глубинного разреза отражены в положении сейсмической границы М и поверхности вышележащего гранулито-базитового («базальтового») слоя характеризующегося в среднем граничной скоростью Vr = 7,4—7,6 км/с .Верхний, гранулито-гнейсовый слой в западной Охотоморской части профиля выделяется под о-вом Симушир и приостровным склоном желоба. Скорость в нем составляет Vr = 6,4—6,5 км/с. Прослеживание его имеет место до ПК 100. Далее к востоку 110—150 по профилю воздымается подошва земной коры и нижний гранулито-базитовый слой. Восточнее ПК170, в приосевой части глубоководного желоба, т.е. там, где профиль проходит по океанической плите погрузившейся к западу, граничная скорость по поверхности этого слоя составила 6,8—6,7 км/с. Затем он выклинивается.

Рассмотрение пространственного положения эпицентров (**Рис. 3**) и гипоцентров (**Рис. 5**) землетрясений 15.11.2006 и 13.01.2007 г., определенных по каталогу NEIC, показало, что они практически лежат в области изученного сейсмическими данными разреза земной коры. Это позволило сопоставить особенности глубинного строения (слои, скорости в них) по профилю II и положения очагов названных землетрясений.

Их совместный анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. Гипоцентр главного толчка первого землетрясения 15.11.2006г. расположен под приостровным склоном желоба на ПК 110—150 в резко воздымающемся гранулито-базитовом («базальтовом») слое коры, который здесь, на глубинах от 7 до 15 км и более заменил находившийся западнее третий гранулито-гнейсовый слой. Соответственно сейсмическая скорость здесь существенно увеличилась от 6,4—6,5 км/с до 7,1 км/с.

2. Над гипоцентром главного толчка землетрясения 15.11.2006 г. сейсмическими исследованиями установлены коровые разломы и воздымание вышележащих границ, а под ним — резкий перегиб и подъем к востоку в сторону океана границы М.

3. Очаги землетрясений 15.11.2006 г. и 13.01.2007 г. расположены по краям сейсмофокальной зоны на ее перегибе. Причем первым был толчок, расположенный ближе к внешней стороне, второй — к внутренней.

4. Резкое изменение глубины залегания подошвы земной коры (границы М) под восточной частью о-ва Симушир (в блоке III на ПР I), взброс ее на 10 км возможно связан с секущим островную дугу глубинным разломом, продолжающимся на восток в сторону океана. Видимо с ним, а также с другими разломами связаны рассмотренные землетрясения, гипоцентры главных толчков которых расположены на траверсе этого поперечного разлома.

Сильные землетрясения 2006—2009 годов,

последовавшие после катастрофических Симуширских землетрясений

После вышеназванных катастрофических Симуширских землетрясений 2006 и 2007 годов зафиксированных в Средне-Курильском блоке литосферы восточнее о-вов Симушир, Кетой, Матуа наряду с вышеназванными землетрясениями с магнитудой 8,3 и 8,1 произошла серия сильных землетрясений с магнитудой от 7,4 до 6,5 *[Злобин и др. 2009]*. Это были землетрясения 03.03.2008 года (M_w = 6,5), 15.01.2009 г. (M_w = 7,4) и 07.04.2009 г. (M_w = 6,9) (**Рис. 6**). Кроме того, названные события сопровождались афтершоками меньшей силы (**Рис. 7**).



Рис. 6. Схема расположения профилей ГСЗ, разломы, согласно тектонической схеме Охотоморского региона [*Структура...* 1996] и эпицентров землетрясений.

1 — сейсмическая станция «Симушир»; **2** — наземные, автономные станции МОВЗ «Черепаха»; **3** — положение эпицентров землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 и 07.04.2009 г.; **4** — мегасдвиги; **5** — региональные разломы. Прямыми линиями показано положение профилей ГСЗ. На врезке в рамке — район работ.

Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Т. 1. Вып. 1 • 2012 Специальный выпуск СИСТЕМА ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time Elektronische wissenschaftliche Auflage Almabtrieb 'Raum und Zeit'

Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'



Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений 2006—2009 годов на Средних Курилах. На врезке землетрясения:

1 — 15.11.2006 г., **2** — 13.01.2007 г., **3** — 03.03.2008 г., **4** — 15.01.2009 г., **5** — 07.04.2009 г. и значения магнитуд.

Уже первые два из названных катастрофических события вызвали большой интерес и освещались нами и другими авторами [Злобин и др. 2008; Викулин 2007; Тихонов и др. 2007 и др.]. Настоящая работа вызвана дальнейшим развитием сейсмической активности в этом блоке литосферы и последними, сильными землетрясениями, произошедшими в 2008 и 2009 годах.

В настоящей работе рассмотрены названные сейсмические события совместно с полученными данными о глубинном строении земной коры на Средних Курилах и прилегающих акваториях [Злобин и др.,1998; Аносов и др.,1988], разрывной тектонике, а также механизмами очагов главных толчков. Было проанализировано положение эпицентров, региональных разломов (Рис. 6), афтершоков (Рис. 7), глубинный разрез земной коры по сейсмическому профилю вдоль средних Курил (см. Рис. 4), вертикальный разрез области гипоцентров афтершоков (см. Рис. 5), механизмы очагов и подвижки в главных толчках землетрясений 2006—2009 года. Это позволило построить вертикальный разрез гипоцентров землетрясений и рассмотреть положение очаговых зон этих сильных землетрясений в структурах литосферы и сейсмотектонику Средне-Курильского блока земной коры (Рис. 8).



Рис. 8. Вертикальный разрез гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г. (M = 8,3), 13.01.2007 г. (M = 8,3),

03.03.2008 г. (М = 8,3), 15.01.2009 г. (М = 8,3) и 07.04.2009 г. (М = 8,3), их афтершоков и сейсмодислокации вкрест простирания Курильской островной дуги. Механизмы сильных землетрясений с магнитудой 5,0—8,3 показаны в проекциях на вертикальную плоскость. **I** — зона плавления пород в области контакта плит; **II** — поток тепла и легкоподвижных компонентов из возможных областей дифференциации магмы.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Детальный анализ карты эпицентров афтершоков всех названных пяти сильных и катастрофических землетрясений 2006—2009 гг. в районе Средних Курил показал следующее (см. **Рис. 7**). Афтершоки землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г. и 15.01.2009 г. в основном располагались от островов Курильской дуги до глубоководного желоба и 100 км за ним на траверзе от о-ва Симушир до о-ва Шиашкотан. Эпицентры афтершоков землетрясения 07.04.2009 г. образуют компактную группу, несколько вытянутую в северо-западном направлении размером около 80-90 км под проливом Буссоль.

Глубинный разрез земной коры вдоль Средних Курил (см. **Рис. 4**) показал, что подошва земной коры (граница М) установлена под о-вом Симушир и соседними островами (Черные Братья, Кетой, Ушишир, Расшуа) на глубинах около 30 км [Злобин и др.,1998; Злобин,1987; Злобин и др.,1987]. Однако под островом Симушир (140—170 км профиля I) выявлено аномальное строение земной коры: граница М не прослеживается и наблюдается 30-ти километровое «зияние», ее «размыв» после которого северо-восточнее на 145 км профиля наблюдается резкое смещение границы до глубин 20 км. Эта зона, соответствующая блоку III отличается в скоростном и, по-видимому, литологическом отношении, а ее границы, показанные пунктирными линиями, и могут соответствовать тектоническим нарушениям (см. **Рис. 4**). Сопоставление разреза земной коры и положения гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г., 03.03.2008 г. и 07.04.2009 г. показало, что они находятся на траверзе разреза, названной аномальной зоны и юго-восточнее нее (см. **Рис. 4**).

Рассмотрение региональных разломов и мегасдвигов в земной коре в районе Средних Курил и под прилегающими акваториями на тектонической схеме Охотоморского региона [*Структура... 1996*] (см. **Рис. 6**) показало, что южнее о-ва Симушир под проливом Буссоль и далее в Тихий океан по направлению ортогональному простиранию Курильской дуги предполагается разлом в земной коре, сопровождаемый серией оперяющих нарушений, с одним из которых, видимо, можно связывать землетрясение 07.04.2009 г.

Рассмотрение глубинного разреза земной коры вдоль Средних Курильских островов и положения гипоцентра землетрясения 07.04.2009 г. показало, что его очаг расположен под проливом Буссоль в блоке II по разрезу (**Рис. 5**) в переходной зоне от коры к мантии (границе М). При этом, согласно полученным нами данным [Злобин и др. 1998, рис. 5], над ним находится мощный слой пониженной (6,5 км/с) скорости толщиной 15—20 км, подстилаемый породами верхней мантии со скоростью 8,0 км/с и перекрытый тонким (5 км) высокоскоростным (7,0—7,7 км/с) слоем. Таким образом, очаг приурочен к неоднородному блоку с резко дифференцированными скоростями и, видимо, плотностями, а также литологией.

Дальнейший анализ разрывной тектоники и положения эпицентров сильных землетрясений [Злобин 2009] показал следующее (**Рис. 6**). Через полтора года после главного толчка катастрофического землетрясения 15.11.2006 в этой же очаговой зоне произошло вновь сильное сейсмическое событие 03.03.2008 г. Оба они оказались в зоне расположения двух параллельных разломов северо-восточного направления (**Рис. 6**). Поскольку глубина гипоцентров обоих землетрясений согласно каталогу NEIC оценивается в 10 км, можно считать, что они расположены в земной коре, и их уместно связывать с ослабленной тектонической зоной этих разломов. Можно ожидать, что по ним были смещены блоки в при-курильском склоне желоба. При этом, согласно одному из возможных вариантов интерпретации механизмов, оба эти землетрясения являются пологими надвигами.

Отметим, что согласно данным детальной сейсмики МОВ в районе желоба на сейсмограммах четко выделены надвиговые структуры, а авторы работы [Ломтев, Патрикеев 1985] считают, что региональное боковое сжатие в Курильской дуге и желобе связано с надвиганием континентальной плиты (наклонная коромантийная пластина) вдоль сейсмофокальной зоны.

Последнее из рассматриваемых землетрясений 07.04.2009 г. произошло о зоне тектонического нарушения, оперяющего основной разлом земной коры под проливом Буссоль (**Рис. 6**). Хотя гипоцентр этого землетрясения определен на глубине около 30 км, однако можно ожидать, что дезинтеграция пород в зоне его сказалась на появлении тектонического разрыва (надвига) вызванного землетрясением 07.04.2009 г.

Интересно отметить, что согласно данным NEIC гипоцентры двух сильных землетрясения 13.01.2007 и 15.01.2009 расположены прямо под осью глубоководного желоба, причем, если первое из них произошло на глубине около 12 км, а второе — около 31 км.

Анализ механизмов очагов всех рассматриваемых землетрясений показал следующее. Подвижки были трех видов: пологий надвиг, сброс и взброс. Первоначально в первом землетрясении 15.11.2006 года произошел пологий надвиг в западной, внешней прикурильской части сейсмофокальной зоны (СФЗ). Практически в той же очаговой зоне примерно на удалении около 10 км через год и 4 месяца произошло вновь сильное землетрясение 03.03.2008 года. Это, безусловно, говорит о том, что эти события были следствием одного итого же движения блоков земной коры, начавшиеся 15.11.2006 года и продолжавшиеся, как минимум до 3 марта 2008 года.

После первой подвижки, выразившейся в пологом надвиге в западной части СФЗ, 13.01.2007 произошел сброс в центральной части СФЗ, под осью глубоководного желоба. При этом, расстояния между гипоцентрами было 90—100 км при почти одной и той глубине около 10 км, т.е. в верхнем слое земной коры.

Завершили эту серию подвижки, интерпретируемые нами как взброс. Таким образом, в очаговых зонах этих толчков

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

блоки испытывали пологий надвиг (с 15.11.2006 по 03.03.2008 г.) на глубинах около 10 км, в течение которых произошел сброс (13.01.2007 г.), а затем через два года (15.01.2009 г.) отмечен взброс на глубинах 30—40 км.

Следовательно, имела место релаксация в блоках литосферы в СФЗ. Надо добавить, что наш анализ движения блоков на Южных Курилах показал, что, например, типы подвижек, произошедших в 1980 году, повторились в 1996 году.

При рассмотрении положения гипоцентров афтершоков изучаемых землетрясений на вертикальном разрезе вкрест простирания островной дуги и сейсмофокальной зоны видно (**Рис. 8**), что область концентрации афтершоков всех названных землетрясений позволяет аппроксимировать их наклонной полосой шириной около 70 км и падающей на северо-запад под углом около 37—40⁰. При этом гипоцентры главных толчков землетрясений 15.11.2006 г., 03.03.2008 г. и 07.04.2009 г. четко соответствует северо-западной, внешней границе этой линии, а землетрясения 13.01.2007 г. и 15.01.2009 г. явно находятся на продолжении линии, ограничивающей внутреннюю, юго-восточную границу полосы, которая, видимо, связана с зоной субдукции Тихоокеанской плиты под Охотскую (Евразиатскую).

Таким образом, в работе даны основные особенности серии у катастрофических и сильных землетрясений 2006—2009 гг. произошедших после многолетнего (с середины прошлого столетия) затишья и отсутствия здесь землетрясений с магнитудой более 7,5, имевшихся на других флангах дуги и сейсмофокальной зоны.

Сопоставление местоположения очагов землетрясений с глубинным строением Средних Курил и тектоникой района показало их соответствие зонам региональных разломов и областям аномального строения земной коры. На основе изучения механизмов очагов установлены типы сейсмодислокаций (сбросы, взбросы, пологие надвиги), позволившие судить о сейсмотектонике района восточнее Средних Курил. Рассмотренные землетрясения и их афтершоки образуют сейсмофокальную зону, падающую на запад под островную дугу и континент под углом 37—40⁰.

Проявление глубинной геодинамики в извержениях активных вулканов и геодинамических процесах

Для рассмотрения проявлений глубиной геодинамики в современном активном вулканизме ниже мы рассмотрели результаты последних наших исследований извержения вулкана Пик Сарычева 11.06.2009 г., произошедшего на Средних Курилах (на о-ве Матуа). Оно представляет особый интерес исследования сеймовулканических и геодинамических процессов, а также возможной связи извержения вулкана с землетрясениями и динамикой недр.



Эруптивная колонна над вершиной вулкана Пик Сарычева. Выброс парогазового облака и пепла во время извержения. Север в правом верхнем углу. Снимок NASA 12 июня 2009 г. Фото

Извержение вулкана Пик Сарычева. Снимки NASA. Фото с сайта http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=39120

Для изучения полной картины извержения вулкана Пик Сарычева 11.06.2009 г. интерес представляют исследования сеймовулканических и геодинамических процессов, а также возможной связи извержения вулкана с землетрясениями и динамикой недр.

Геодинамические процессы, глубинное строение, тектонические напряжения, землетрясения и вулканизм многие годы изучались на Курилах [Авдейко 2001; Горшков 1967; Злобин 1987, 2004, 2005а, 2008; Злобин и др. 2003, 2006, 2008; Симбирева и др. 1976; Тараканов 1981; Тихонов и др. 2007; Федорченко Родионова1975; Zlobin e.a., 2008; 2009а—в].

Извержение вулкана Пик Сарычева, которое произошло 11 июня 2009 года на Средних Курилах (о-в Матуа), было одним из крупнейших за исторический период. Параметры извержения описаны в работе [Левин и др.,2009]. Перед этим извержением вулкана, а именно, 15 ноября 2006 года и 13 января 2007 года на Средних Курилах произошли катастрофические землетрясения с магнитудой соответственно M_w=8,3 и M_w=8,1 [Zlobin et.al. 2008, 2009а]. В дальнейшем за период с 2006 по 2009 годы на Средних Курилах в районе о-ва Симушир произошла серия сильных землетрясений (**Рис. 7**), пер-

ЗЛОБИН Т.К., ПОЛЕЦ А.Ю., ПЕНЬКОВАЯ О.В. ГЛУБИННАЯ ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

вые особенности которых были также изучены авторами [Zlobin et.al. 2009b].

Это значительные события, произошедшие в недрах перед извержением вулкана Пик Сарычева 11.06.2009 г важны для изучения сеймовулканических и геодинамических процессов, исследования возможной связи сейсмичности и вулканизма. Поэтому важно рассмотреть их и наличия возможной связи между ними.

Кроме вышеназванных сейсмических событий с точки зрения динамики недр интерес представляет изучение тектонических напряжений имевших место в районе Курил, а также глубинное строение и положение здесь корневых зон вулканов на основе настоящих и выполненных исследований [Злобин 1987, 2005; Zlobin et.al. 2008, 2009а—c].

Сейсмические исследования строения земной коры и верхней мантии на Курилах

Привлечение результатов сейсмических исследований стало возможно благодаря тому, что практически на всех островах Курильской дуги и слагающих их вулканах помимо вулканологических работ [Мархинин 1967; Федорченко др. 1975 и др.] с 1975 года ИМГиГ ДВО РАН проводил сейсмические исследования методами обменных волн землетрясений (МОВЗ) [Злобин 1987]. Это позволило изучить глубинную структуру литосферы, скоростные особенности земной коры, внутреннее строение вулканов, выявить магматические очаги и корневые зоны магмоообразования.

Кроме того, выполнялись исследования внутреннего строения сейсмофокальной зоны (СФЗ). При этом последние данные [Злобин, Полец 2008] свидетельствуют о сложном внутреннем строении СФЗ, ее поперечной неоднородности и зональности. Землетрясения, связанные с субдуцирующей Тихоокеанской плитой указывают на то, что она представляется не однородной единой плитой, а состоящей из сегментов (блоков), отличающихся по глубине, размерам, строению и сейсмичности. Выполненные исследования [Zlobin et.al. 2008, 2009a,b] показали, что последние сильные землетрясения на Курилах могут быть связаны с тектономагматической активностью Средне-Курильского сегмента, включающего острова от Симушира до Матуа.

При этом анализ сейсмичности показал, что извержению вулкана Пик Сарычева не предшествовала какая-либо повышенная сейсмичность непосредственно в районе о-ва Матуа. Здесь не были зарегистрированы никакие значимые предшествующие землетрясения или сейсмические признаки произошедшего извержения. Надо подчеркнуть, что в данном случае мы имеем в виду не возможные микроземлетрясения, т.е. мелкие, вулканические землетрясения, которые могли быть связаны непосредственно с движение магмы по выводному каналу, а сильные тектонические землетрясения с магнитудами более М ≥ 3—5, проявление которых связано с глубинными процессами. Поэтому необходимо проанализировать особенности глубинного строения литосферы, сейсмичность за длительный период и тектоническое поле напряжений в районе Средних Курил под о-вом Матуа, где расположен вулкан Пик Сарычева.

Основную информацию о сейсмичности недр Курил дают карты эпицентров и глубинные разрезы гипоцентров землетрясений. Ранее за период инструментальных наблюдений с 1995 по 2000 годы по данным Сахалинского филиала ГС РАН мы построили разрез гипоцентров землетрясений вдоль Курильской островной дуги (КОД) в полосе 100 км (Рис. 9) и рассмотрели его [Злобин и др. 2006].



O M=7,1...7,9 O M=6,1...7,0 O M=5,1...6,0 O M=4,0...5,0

Рис. 9. Глубинный разрез гипоцентров земной коры и верхней мантии вдоль Курильской дуги по данным ЮС ГС РАН за 1995-2000 гг. Разный размер кружочков соответствует разным значениям магнитуд землетрясений.

Разрез показал, что в литосфере на глубинах от 70 до 200 км имеет место практически сплошное поле гипоцентров землетрясений, в то время, как в земной коре под вулканами Курильской гряды часто имеются области отсутствия землетрясений. Поэтому для изучения вопроса наличия или отсутствия землетрясения здесь необходимо проведение анализа сейсмичности. В процессе многолетних сейсмических исследований строения литосферы методом обменных волн землетрясений

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

(МОВЗ) на вулканах Курильской островной дуги нами были построены глубинные сейсмические разрезы земной коры и верхней мантии вдоль большинства вулканов и островов Курильской дуги [Злобин 1987], например, вдоль о-ва Кунашир [Злобин 2008] (**Рис. 10**).

Это позволило выделить области отсутствия обменных волн землетрясений и дать им более обоснованную интерпретацию. Аномальное затухание в них сейсмических волн, преимущественное затухание или отсутствие поперечных волн, а также приуроченность к действующим вулканическим постройкам позволили отожествлять эти области с областями однородной, гомогенной частично расплавленной породы, которые мы связывали с магматическими очагами, а также зонами магмообразования [Злобин 1987; Злобин и др. 1997; Злобин, Федорченко1982]. При этом названные зоны расположены практически везде в пределах выделенных нами областей отсутствия гипоцентров землетрясений. Сопоставление областей отсутствия обменов и областей отсутствия землетрясений показало их хорошее соответствие. Положение очагов хорошо видно на глубинном сейсмическом разрезе литосферы под о-вом Кунашир, где были выполнены наиболее детальные работы МОВЗ (**Рис. 10**).



Рис. 10. Глубинный сейсмогеологический разрез МОВЗ через вулканы о-в Кунашир (Курильские острова) [Злобин 2010].

1—3 — комплексы (**1** — верхнемиоцен-четвертичный, **2** — верхнеолигоцен-миоценовый, **3** — геосинклинальный верхнего мела и палеогена (?); **4** — палеозойское (а возможно, и докембрийское) основание; **5** — базальтовый слой; **6—8** — слои верхней мантии; **9—11** — зоны отсутствия обменных волн: **9** — расслоенные магматические очаги, **10** — дифференцированные интрузивные тела базальтов — более ранних порций базальтовых магм; **11** — не интерпретированные магматические тела; **12** — зоны проницаемости под очагами; **13** — **Рис. 11.** Положение магматической камеры и сейсмогенной зоны вулкана Сен-Хеленс по S. Carey [*Carey 1985*].

флюидные трансмагматические потоки; **14** — реликты субстрата в областях магматического замещения; **15** — крупнейшие разломы.

Поскольку землетрясения указывают на хрупкость среды, а деформации в очаге землетрясения исключают наличие пластичного, расплавленного вещества, то о возможном существовании непосредственно магматического очага вулкана можно говорить только вне наличия землетрясений, то есть в областях их отсутствия. Это подтвердилось при детальном анализе слабой местной сейсмичности на вулкане Сент-Хеленс (**Рис. 11**).

С. Карей [*Carey 1985*] показал, что в магматической камере нет землетрясений, вызванных подъемом магмы, а сейсмогенная зона находится за ее пределами, окружает ее и оконтуривает. То же показали детальные исследования сейсмичности Гавайской вулканической системы при построении пространственно–временной модели этой вулканической системы путем томографического анализа сейсмичности, приведенные П.Е. Котляр [*Котляр 1989*]. При этом вычисления положения гипоцентров землетрясений выполнялись с точностью ±1,0 км.

Таким образом, области, связываемые с магматическими очагами, можно выявить по сейсмическим данным. Это может быть выполнено так, как показал С. Карей, а также Т.К. Злобин методом МОВЗ [Злобин 1987]. Кроме того, выявление

Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

областей, которые могут быть связаны с магматическими очагами вулканов, можно осуществлять известными сейсмическими способами. Так, С.Т. Балеста оценил очаговую область на сейсмических разрезах по данным ГСЗ путем сейсмического просвечивания вулкана Безымянный в Ключевской группе вулканов [Балеста 1981].

Поэтому нами для анализа связи извержений вулкана Пик Сарычева и землетрясений были построены карта эпицентров (**Рис. 12**) и глубинный разрез гипоцентров землетрясений Средних Курил от о-ва Симушир до о-ва Харимкотан (**Рис. 13**). Они построены в полосе 50 км по каталогу NEIC в диапазоне 3,4 < M ≤ 8,3 [National Earthquake Information Center...] (**Рис. 12**). Нижний предел магнитуд на **Рис. 12** был равен 4,5.



Рис. 12. Карта эпицентров землетрясений средней части Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны за 2000—2009 гг. по каталогу NEIC. На врезке — район исследований на Средних Курилах. В рамке 50-километровая полоса эпицентров и положение линии разреза.

1—**5** — магнитуда землетрясений: 4 ≤ M < 5 (**1**); 5 ≤ M < 6 (**2**); 6 ≤ M < 7 (**3**); 7 ≤ M <8 (**4**); M ≥ 8 (**5**).

о. Харимкотан

км СВ

280

Ο

Рис. 13. Глубинный разрез гипоцентров землетрясений на Средних Курилах

1—**3** — гипоцентры землетрясений с магнитудой 4 ≤ M < 5 (**1**); 5 ≤ M < 6 (**2**); M >6 (**3**); **4** — линия контура обла-



75

стей отсутствия землетрясений. Стрелками показано движение флюидов и теплового потока. Вертикальными прямыми линиями показано положение областей с пониженными сейсмическими скоростями по данным ГСЗ. Тонированные концентрические области вокруг гипоцентров — зоны возможной ошибки определения.

На карте эпицентров в исследованной прямоугольной области показаны землетрясения, которые были использованы для построения глубинного разреза вдоль линии профиля. На построенном затем разрезе гипоцентров землетрясений за

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

2000—2009 годы по каталогу землетрясений NEIC оконтурены области отсутствия землетрясений выделенные в литосфере под Средними Курилами (**Рис. 13**). При этом, для уверенного определения областей отсутствия землетрясений оконтурены только те из них, которые расположены за пределами области возможных ошибок в определения гипоцентра по каталогу NEIC, показанные концентрическими зонами радиусом 15 и 20 км вокруг гипоцентров.

Выделенная таким образом основная область отсутствия землетрясений установлена нами на Средних Курилах. Она близвертикальна, имея небольшой наклон на северо-восток. Выход ее на дневной поверхности соответствует 140—165 км профиля. При этом сам магматический очаг находился под постройкой вулкана, в районе 145—150 км профиля (**Рис. 12**). Именно здесь, на этих интервалах профиля расположен о-в Матуа и вулкан Пик Сарычева, извергавшийся в 2009 году.

Выделенная нами область отсутствия землетрясений составляла около 25—50 км в ширину и до 200 км в глубину (**Рис. 13**). Она может представлять собой ослабленную тектоническую зону. Ее форма сложная, близкая к изометричной. При этом она расширяется на глубинах 25—75 км и 120—175 км.

При рассмотрении положения этой зоны и глубинных региональных разломов на тектонической карте Охотоморского региона под ред. Н.А. Богданова и В.Е. Хаина [Объяснительная... 2000] видно, что вдоль Курильской островной дуги (КОД) имеют место разломы (мегасдвиги, сбросы и взбросы), направление которых в основном соответствует простирания КОД. При этом один из разломов расположен непосредственно в районе Средних Курил. Более того, он проходит в 50 км восточнее о-ва Симушир в районе очаговой области катастрофического землетрясения 15 ноября 2006 года, а далее продолжается на север к о-ву Матуа и, согласно тектонической карте [Объяснительная... 2000], практически проходит через вулкан Сарычева. Поэтому, выделенная нами область (**Рис. 13**) может ассоциировать с зоной дезинтегрированных тектонически ослабленных пород связанных с этим разломом.

Кроме того, оценивая физические (упругие) свойства выделенной зоны следует заметить, что согласно сейсмическим данным ГСЗ С.М. Зверева, И.П. Косминской и др. на разрезах литосферы вдоль Курильской островной дуги устанавливаются области пониженной скорости (Vp = 7,3—7,5, Vp = 7,7—7,9 км/с) [Золотарев и др. 1972; Строение...1964]. Рассматривая сейсмические данные вдоль нее и под прилегающими акваториями можно видеть, что области пониженной сейсмической скорости выделяются под о-вом Матуа и северо-восточнее, на вышеназванных интервалах глубин показанных вертикальными линиями на **Рис. 5**. Как известно, пониженные скорости наблюдаются именно при наличии пластичных, частично расплавленных пород.

Согласно работе [Федотов 2006], в области пониженных скоростей сейсмических волн в мантии (Vp = 7,3—7,7 км/с) находятся тела, с которыми связано их экранирование и наблюдается эффект дифракции волн от землетрясений с глубинами 100—200 км.

Рассматривая положение выделенных зон, отметим, что в соответствии с построенным разрезом гипоцентров (**Рис. 13**) первая область отсутствия землетрясений и пониженных скоростей находиться на глубинах 25—75 км. Ниже, на глубине 120—160 км выделяется вторая аналогичная область. Проанализировав их глубины и петрографический состав изверженных пород вулканов можно заключить следующее. На основе изучения в 2009 году и в предыдущие годы [Горшков 1967; Левин и др. 2009; Федорченко и др.1974] продуктов извержения вулкана Пик Сарычева (андезиты и андезитобазальты) можно заключить следующее: магматический очаг вулкана Пик Сарычева располагается в нижнем слое земной коры, на глубинах от 10—15 до 25 км. Об этом же свидетельствуют и глубинные сейсмическим исследованиям вулканов Курильских островов [Злобин 1967].

Однако при этом зона магмообразования может располагаться и глубже, в верхней мантии (**Рис. 12**). Возможность существования этой второй глубинной области, выявленной по разрезу гипоцентров землетрясений под Средними Курилами, подтверждают ксенолиты, найденные в лавах вулкана Кунтоминар на соседнем острове Шиошкотан, а также вулкана Пик Немо (о. Онекотан) и в кальдере Заварицкого (о. Симушир) [Федорченко и др. 1975].

Аналогичный вывод был сделан при исследованиях вулканов Камчатки. Полученный результат исследований свидетельствует о том, что «глубина "корней вулканов" под Камчаткой может превышать 100 км» [Федотов и др. 1974, с. 52].

Анализ тектонических напряжений в литосфере под Курилами

Большое значение для настоящих исследований имеет изучение упругого поля тектонических напряжений, наряженного состояния литосферы, положения осей сжатия и растяжения. Как известно, подъем расплавленной породы (магмы) происходит по ослабленным зонам, разломам, тектоническим нарушениям, трещинам и разрывам, которые возникают в условиях растяжения в литосфере. Поэтому ниже проанализированы сейсмотектонические условия в литосфере Курило-Камчатской дуги (в том числе и Средних Курил) и рассмотрено поле упругих напряжений, наличие обстановки горизонтального сжатия или растяжения в очагах землетрясений под Курило-Камчатской островной дугой. Анализ этих данных показывает следующее. Характер деформации структур земной коры и верхней мантии (глубины 0—60 км) блока в центре Курильской островной дуги, согласно И.Г. Симбиревой, С.А. Федотову и др. *[Симбирева и др. 1976]*, обуславливают формирование области горизонтального растяжения (**Рис. 14**).

Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Т. 1. Вып. 1 • 2012 Специальный выпуск СИСТЕМА ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time Elektronische wissenschaftliche Auflage Almabtrieb 'Raum und Zeit' Special issue 'The Earth Planet System' Sonderheft 'System Planet Erde'





Рис. 14. Проекция траекторий осей сжатия и растяжения в вертикальной плоскости вдоль фокальной зоны, по работе [Симбирева и др. 1976].

 траектория осей сжатия, ориентированных вдоль (а) и вкрест
фокальной плоскости и положение в пространстве главных нормальных осей напряжений сжатия оз
(в); 2 — траектория осей растяжения, ориентированных вдоль фокальной плоскости (а) и положение в пространстве главных нормальных осей напряжений растяжения оз (б);
3 — зоны максимальных градиентов локального поля напряжений. Величина стрелок соответствует количественному соотношению растягивающих и сжимающих сил.

Вышеназванная обстановка латерального растяжения земной коры в районе Средних Курил свидетельствует о том, что она способствовала возникновению ослабленных зон, с которыми мог быть связан подъем магмы и извержение вулкана Пик Сарычева о-ва Матуа.

Дальнейший анализ упругого поля напряжений показывает, что с глубин от 70 до 100 км выделяется зона максимальных градиентов локального поля напряжений. Она прослежена вдоль дуги под средними и северными Курилами и уходит почти вертикально вверх к острову Симушир, где преобладают растягивающие силы. Здесь же эта зона уходит вниз в верхнюю мантию. Ниже, на глубинах 100—250 км в северной и центральной части Курильской дуги на этих глубинах преобладают горизонтально ориентированные растягивающие силы. Следовательно, названная сейсмотектоническая обстановка на Средних Курилах способствовала извержению вулкана Пик Сарычева на о-ве Матуа.

Анализ построенного глубинного разреза гипоцентров (**Рис. 13**) показывает, что кроме вышеназванной области отсутствия землетрясений под о-вом Матуа выделяется также меньшая по ширине и глубине подобная зона под северной частью о-ва Шиашкотан на 255-270 км профиля. На дневной поверхности ее выход имеет ширину около 15 км. В глубину она уверенно выделяется до 50 км, хотя глубже в верхней мантии возможно ее продолжение. Данная область расположена под вулканами Кунтоминтар и Синарка. Это позволяет говорить, что и под этими вулканам имеет место глубинное строение и условия аналогичные первой зоне (под о-вом Матуа), поэтому при соответствующем развитии глубинных процессов это может способствовать также и их извержению. Таким образом, выделенные нами области отсутствия землетрясений отвечают областям отсутствия обменных волн, положение которых, как было раннее показано (**Рис. 10**), соответствуют вулканическим постройкам и магматическими очагами вулканов. При этом они отвечают также области пониженной сейсмической скорости и зоны латерального растяжения в литосфере. Все это подтверждается и произошедшим извержением вулкана Пик Сарычева 11—16 июня 2009 года.

Связь сильных землетрясений на Средних Курилах в 2006—2009 гг.

и извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 году

Связь вулканов и землетрясений общеизвестна. Она проявляется даже в глобальном пространственном размещении землетрясений и вулканов на планете. «Еще в тридцатые годы ХХ в. было выяснено, что землетрясения с глубиной очага 100—200 км в тихоокеанском сейсмическом поясе происходят по большей части в тех областях, где имеются активные вулканы. Было естественно предположить, что между этими явлениями существует зависимость» [Федотов 2006].

Многолетние исследования вулканов и землетрясений на Камчатке и Курилах [Федотов, 2006] показали наличие землетрясений под вулканами. Более того, существует методика определения времени извержений вулканов исходя из количества энергии землетрясений [Токарев 1976]. Причем она основана именно на наличии связи между этими явлениями. Однако, как писал С.А. Федотов, «до сих пор по этому поводу высказываются противоположные мнения» [Федотов 2006]. Общеизвестно, что землетрясения происходят в акустически жестких средах, способных привести к деформации

слоев и к нарушению сплошности среды.

В то же время, магматический очаг, магма представляет собой уже по определению, пластичную массу, т.е. это тело,

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

в котором не могут возникнуть и располагаться очаги землетрясений, поскольку для возникновения и распространения упругих волн от землетрясений необходима упругая среда. Поэтому возникает противоречие в вопросе о возможности или отсутствии землетрясений под вулканами.

Детальные исследования показывают, что когда идет речь о наличии землетрясений под вулканами, то речь идет зачастую о регистрации мелких и слабых, местных землетрясений, класс которых в основном от 6 и менее до 9—10, то есть малой магнитуды (M = 1—3) [Федотов 2006].

Слабые сотрясения могут происходить в малом объеме горных пород, представляющем собой довольно упругую, жесткую среду. В нем могут возникать мелкие нарушения, трещины, сколы и т.д., в том числе и мелкие землетрясений.

Поэтому важным моментом является определение точного положения землетрясений (их эпи- и гипоцентров) под вулканом. Это важно потому, что даже когда пространственно землетрясения находятся, а целом под вулканом, однако диаметр вулканической постройки составляет обычно около 30 км и более, а непосредственно магматический очаг вулкана (или магматическая камера) имеет размеры зачастую от 3—5 до 0,5 км и менее [Федотов и др. 2000]. Следовательно, очаг землетрясения может находиться хотя и под вулканической постройкой, но вне пластичных, частично расплавленных пород магматического вулканического очага или камеры. Таким образом, определение точного положения очага землетрясения с одной стороны исключает кажущееся физическое противоречие по отношению к требованиям среды, а с другой — является критерием выявления положения магматического очага по сейсмическим данным. Именно это было показано в приведенных выше работах С. Карей [*Carey 1985*] и П.Е. Котляра по Гавайям [*Котляр 1989*].

Выделенные нами области отсутствия обменных волн по данным МОВЗ (**Рис. 3**), отождествляемые с магматическими очагами имеют размеры в основном около 3—5 км в диаметре, что согласуется с работами С.А. Федотова [*Федотов 2006*]. Области аномального строения земной коры, с которыми можно связывать магматический очаг по данным С.Т. Балесты имеют размеры до десяти и более километров. Радиус аномальной зоны неоднородности с пониженными вязко-упругими параметрами на глубинах от 10 до 20 км выявленной по наблюдениям времен запаздывания сейсмических волн при сейсмических исследованиях на Ключевской группе вулканов достигал 15 км [*Балеста, 1981*].

При этом важно отметить следующее. Очаг землетрясения, как область, в которой проявляется физическое воздействие землетрясения, в среде может иметь несопоставимо большие размеры, особенно при больших (M ≥ 7—8) магнитудах. Например, размер Шикотанского землетрясения 4 октября 1994 года на Южных Курилах с M = 8,2 составил около 270 км [Злобин 2005а]. Очаг катастрофического Симуширского землетрясения 15 ноября 2006 года на Средних Курилах с M = 8,3, судя по размерам области афтершоков, составлял около 250—300 км [Zlobin T.K. et al. 2009а], а протяженность сейсморазрыва оценивается величиной около 300 км [Zlobin T.K. et al. 2008]. Поэтому, рассматривая возможное воздействие землетрясений на магматический очаг вулкана и процессы, связанные с ними, необходимо рассматривать среду в такой значительной области. Это будем учитывать при рассмотрении возможной модели процессов.

Связь геодинамических процессов, субдукции с сейсмофокальной зоной землетрясений и извержениями вулканами

Как известно, концепция тектоники плит была основана на установлении закономерного распределения землетрясений на Земле, их концентрации в протяженных (в том числе, сейсмофокальных) зонах, окаймляющих плиты. Поэтому естественно необходимо рассмотреть возможную связь вулканов и землетрясений в сейсмофокальных зонах (СФЗ). Причем, в моделях сейсмических и вулканических процессов эта связь проявляется через третье явление, а именно, например, через процесс субдукции. Благодаря существованию единого тектономагматического процесса, проявляющегося в субдукции в Курило-Камчатской зоне могут быть связаны между собой извержения вулканов и землетрясений.

Связь геодинамических процессов и проявлений их в сейсмичности, а также извержениями вулканов очевидна, поскольку они являются следствием этих процессов. О связи вулканов с сейсмофокальным слоем писал С.А. Федотов, Р.З. Тарака-

нов, П.И. Токарев и др. [Федотов 2006; Тараканов 1981; Токарев 1976] «П.И. Токаревым было обнаружено, что действующие вулканы Камчатки проектируются по вертикали вниз на ту узкую полосу в фокальном слое, в котором происходит резкое уменьшение сейсмической активности с глубиной» [Федотов 2006, с. 59]. Исследования Р.З. Тараканова [Тараканова 1981] показали, что фокальная зона «состоит из мозаики блоков с повышенными и пониженными значениями скоростей и плотности гипоцентров, причем в областях с пониженными скоростью и сейсмической активностью может наблюдаться режим горизонтального растяжения» [Тараканов 1981, с. 62]. На основании этого и анализа других параметров он выделил астеносферные слои. При этом и Р.З. Тараканов [Тараканов 1981], и А.И. Фарберов [Фарберов 1974], и другие рассматривали вещество мантии в этих слоях как близкое к плавлению или находимся в частично расплавленном состоянии.

Согласно Р.З. Тараканову, астеносферные слои, в которых наблюдается уменьшение максимальных магнитуд землетрясений, находятся на глубинах 60—80 км, 110—150 км. 220—290 и 400—460 км [Тараканов 1981]. Впоследствии Р.З. Тараканов предложил модель строения и схему возможных процессов в земной коре и верхней мантии, согласно которым из областей первичной генерации расплавов происходит отделение и подъем разогретых и обогащенных газами легкоплавких компонентов. Как пишет вышеназванный автор, «эти компоненты формируют разуплотненные зоны, которые в виде непра-

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

вильного цилиндра или конуса располагаются, по-видимому, на глубине 60—120 км. Они выявляются как области аномально высокого поглощения сейсмических поперечных волн и низких скоростей объемных волн» [Тараканов 1981, с. 61].

Еще раннее вопрос о подъеме магмы, силах вызывающих подъем магм, механизм и возможное положение мантийных областей питания вулканов были рассмотрены D.H. Green, A.E. Rinqwood [Rinqwood 1967], C.A. Федотовым [Федотовым 2006] и другими. Ими было показано, «что базальтовые магмы могут подниматься (выжиматься) из верхней мантии. Основание непрерывных вертикальных питающих магматические колонны должны находиться для колонн базальтового состава на глубинах 35—70 км или глубже, если в нижней части колонн находятся более плотные ультраосновные магмы» [Федотов 2006, с. 58]. При этом, ультраосновные магматические колонны поднимаются из фокального слоя с глубин 100—250 км. После выделение астеносферных слоев было естественным связать с ними поступление магмы к вулканам, что и сделали С.А. Федотов, Р.З. Тараканов и др. Причем магма движется в них на порядок быстрее, чем в астенолитах.

Сложным является то, что процессы подготовки и землетрясений и извержений вулканов, как известно, обычно являются длительными (сотни и миллионы лет), хотя проявляются они в событиях быстрых или почти мгновенных. Так, извержения вулканов (первая эксплозия, взрыв) происходят в течение часов или суток, а время землетрясения (первого, главного толчка) составляет буквально секунды (до минуты). Поэтому вопрос выявления и однозначного отождествления связи этих явлений сложен.

В частности, на о-ве Матуа периоды между извержениями вулкана Пик Сарычева составляли от нескольких до 63 лет. Извержение, предшествующее таковому событию в 2009 году было в 1946 году. Иным примером было извержение, произошедшее в южной Исландии. Здесь, на острове Хейман на вулкане Киркьюфелл, произлшло извержение, связанное с трещиной. Оно возникло восточнее вулкана Хельгафьелл, который считался потухшим 6000 лет [*Pact 1982*].

Более того, как известно, геологические процессы, приведшие впоследствии к извержению вулканов, длятся миллионы лет. Это и подъем астенолитов из астеносферы, подъем магмы и глубинного вещества (плюмов) от границы ядро мантия т.д.

Однако тектономагматические процессы, с которыми связаны последние сильные землетрясения на Средних Курилах в 2006—2009 годах [*Zlobin T.K. et.al. 2009в*], включая катастрофическое с магнитудой M_w = 8,3 [*Zlobin T.K. et.al. 2008*], явно свидетельствуют об их активизации на Средних Курилах, где С.А. Федотов прогнозировал сильное землетрясение. В связи с происшедшими здесь последними сейсмическими и вулканическими событиями необходимо рассмотреть такие возможные модели геодинамических (сейсмовулканических) процессов, которые смогла бы объяснить связь извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 году с землетрясениями 2006—2009 годов.

Модели и схемы сейсмовулканических и геодинамических процессов

Схема вулканического процесса, при котором из мантии происходит гидростатический подъем магм, была описана гипотезой Грина и Рингвуда [Green, Rinqwood 1967]. Независимые данные геофизики и петрологии подтверждают эту гипотезу. Однако подъем тел лишь под действие гидростатических сил, может осуществляться со скоростью порядка 1 см в год [Федотов 2006].

Особо протекают вулканические процессы в зонах субдукции. Здесь в результате трения литосферных блоков происходит повышение температуры, плавление пород, изменения свойств магмы в зоне контакта и в очаге и ее подвижности, иного соотношения летучих, накопления газа, изменение их давление в магматическом очаге вулкана, подъема флюидов и т.д. (см. **Рис. 8**).

Кроме того, «отделяющаяся от субдуцированной океанической коры вода мигрирует вверх и, попадая в область более высоких температур в пределах мантийного клина, является причиной плавления» [Авдейко 2001].

Важным фактором оценки состояния очага для последующих извержений вулканов имеют вулканические газы, заключенные в магме. Они вызывают вулканические извержения или, по крайней мере, являются их движущей силой

[Раст 1982] и могли способствовать подготовке извержения вулкана Пик Сарычева.

Однако при рассмотрении возможной модели, способной объяснить механизм произошедшего извержения этого вулкана, связывая его с происшедшими в 2006—2009 годах землетрясениями, представляется необходимым изложить нижеследующее. Помимо общеизвестных и вышеназванных моделей следует рассмотреть такую из них, которая учитывала бы роль флюидов и их проникновение по тектоническим разломам, нарушениям, трещинам, а также роль тектонических напряжений и давления флюидов в трещинообразовании, о чем писал Ю.Л. Ребецкий [Ребецкий 20086].

После землетрясений, тем более после таких сильных, как Симуширские 2006—2009 гг., значительно большее влияние на извержение вулкана оказывают не движение магмы или повышение температуры пород, а быстро поднимающиеся газы, флюиды. Землетрясение могло спровоцировать подъем газа в верхних горизонтах земной коры по разломам, в том числе вдоль субвертикальных тектонически ослабленным зонам, таким как мы выделили в районе Средних Курил и о. Матуа (**Рис. 13**). Флюиды мигрируют по каналам повышенной проницаемости согласно концепции о прохождении через кристаллическую земную кору глубинного флюидопотока. По пути миграции флюидов их вместилищами (ловушками) могут быть очаги вулканов, куда поступали новые порции флюидов.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

Эти флюиды и газы могли поступить по трещинам и разрывам, возникшим при Симуширских землетрясениях. При этом трещины возникают при определенной пороговой магнитуде [*Ребецкий 20086*]. Поэтому важным было то, что при катастрофическом Симуширском землетрясении магнитуда была M = 8,3, т.е. выше порогового значения. Это, безусловно, привело к возникновению трещин и тектоническим нарушениям, по которым мог двигаться флюид.

При этом по теоретическим представлениям [Sibson 1974] уровень девиаторных напряжений в коре может достигать значений в 3—6 килобар, однако результаты тектонофизической реконструкции напряжений, выполненные для субдукционных областей в работах [*Ребецкий 2006a, 2009*] показали, что они не превышают 250—350 бар. Это связано с повышенным флюидосодержанием и большим давление флюида в зонах разломов зон субдукции. В период подготовки землетрясения (т.е. хрупкого разрушения) давление флюидов в трещинно-поровом пространстве повышается, снижая силы сопротивления поверхностного трения на разрыве. Как показано Ю.Л. Ребецким «в периоды локализованного сдвигового течения в разломах наблюдается дилатансия пород — появление микро- и макротрещин отрыва, которая тем выше, чем больше структурная неоднородность существует на микро- и макроуровнях. В эти моменты времени флюидное давление падает из-за увеличивающегося объема трещинно-порового пространства» [*Ребецкий 2008а, с. 144*]. При достаточно высоком уровне сдвиговых напряжений реакция дегидратации осуществляется **взрывным** образом, со скоростью диффузионного процесса, на несколько порядков превышающей скорость диффузии в жидкой фазе. При таком развитии реакции дегидратации в областях сдвига в поровое пространство практически мгновенно впрыскивается большой объем флюидов.

К вышесказанному следует добавить, что извержение вулкана Пик Сарычева на о-ве Матуа могло произойти также согласно вакуумно-взрывной флюидодинамической модели, развивающей идеи А.Д.Дмитриевского и Б.М.Валяева и реализованной Е.Н.Наумовой и др. *[Наумова и др. 2008]* при установлении связи между сейсмичностью и вулканизмом. Согласно им в определенных динамических условиях (разрывах сплошности среды) из камер происходят выбросы (впрыскивание) флюидов в полости, сопровождающиеся взрывами.

Эти процессы сопровождаются выделением большой энергии способной образовать магмы. Энергия для упругой отдачи может накопиться в верхней части земной коры (до 20 км). Как пишет Е.Н. Наумова и др., «декомпрессия в разломных зонах вызывает *взрывное* соединение гелия и водорода, а мантийные пары и газы расширяют разломы и, тем самым, ослабевают сочленения блоков» [Наумова и др. 2008]. При этом общеизвестно, что землетрясения сопровождаются активностью флюидов.

Наличие связи между землетрясениями и выделением газа (в частности, метана) выявил А.И. Обжировым. Он установил, что на Сахалине и прилегающих акваториях подъем газов и флюидов был связан с Нефтегорским (27.05.1995 г.), Невельским (02.08.2006 г.) и другими землетрясениями [Обжиров 2008].

В ряде случаев сказались землетрясения и на деятельности грязевых вулканов Сахалина. Так в результате Углегорского землетрясения (04.08.2000 г.) магнитудой более 7 образовались сейсморазрывы, тяготеющие к зоне Западно-Сахалинского разлома, а в районе Пугачевской группы грязевых вулканов возникло 6 новообразований грязевулканической деятельности [Обжиров 2008]. В.В.Ершовым и др. была впервые обнаружена и представлена на конкретном фактическом материале ранее предполагавшаяся связь грязевулканической деятельности с сильными сейсмическими событиями в регионе. Установленные ко- и постсейсмические аномалии параметров грифонной деятельности Южно-Сахалинского грязевого вулкана представляющего собой отклик на Горнозаводское и Невельское землетрясения [Ershov 2008]. Все это говорит о связи между землетрясениями и вулканической деятельностью. Она может осуществляться быстро согласно названным нами выше моделям процессов в земной коре и мантии и передаваться через газы и флюиды.

Поэтому можно заключить, что после сильных Сумуширских землетрясений 2009—2009 гг. через возникшие в результате этих событий трещины тектонически ослабленной зоны вулканические газы повлияли на вулканический очаг вулкана Пик Сарычева, что способствовало его извержению 11—16 июня 2009 года.

Таким образом, рассмотрение глубиной геодинамики, проявившейся в извержениях современных активных вулканов,

и геодинамических процессов на примере вулкана Пик Сарычева позволяют сделать следующие выводы.

1. Показана возможная связь с геодинамическими процессами, тектоническими напряжениями, сильными землетрясениями 2006—2009 годов на Средних Курилах извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 году.

2. В земной коре и верхней мантии на Средних Курилах в районе о-ва Матуа под вулканом Пик Сарычева на глубинном разрезе гипоцентров землетрясений (**Рис. 13**) выделена асейсмичная область отсутствия землетрясений, способная вмещать магматический очаг. При этом на основе изучения положения в пространстве главных нормальных осей напряжений сжатия и растяжения на Средних Курилах, включая о-в Матуа установлено, что здесь имела место обстановка растяжения. Это способствовало подъему магмы из нижележащего очага.

3. На Средних Курилах после длительного сейсмического затишья 15 ноября 2006 произошло катастрофическое Симуширское землетрясение с магнитудой 8,3, после которого последовали сильные землетрясения [Zlobin 2009a,c]. Усиление сейсмической активности, проявившейся в землетрясениях 2006—2009 годов и извержении вулкана Пик Сарычева 11—16 июня 2009 году на острове Матуа свидетельствуют о повышении тектономагматической активности Средних Курил и усилении движений в последнее время этого сегмента Тихоокеанской литосферной плиты.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

4. Согласно геодинамической модели сейсмовулканических процессов подготовка извержения вулкана Пик Сарычев в 2009 году связана с субдукцией Тихоокеанской плиты, трением контактирующих блоков, плавлением пород, последующим подъемом расплавленного вещества, флюидов и газов в зону магмообразования и магматический очаг (**Рис. 8**), а само извержение связано с землетрясениями 2006—2009 годов на Средних Курилах.

5. В результате катастрофического Симуширского землетрясений 2006 года и последующих сейсмических событий возникли и обновились разрывы, трещины, разломы по которым произошел подъем флюидов. При значительном уровне сдвиговых напряжений, возникших вследствие землетрясений, реакция дегидратации могла осуществляться взрывным путем и в поровое пространство *мгновенно* вспрыскивались флюиды. Это и могло послужить непосредственной причиной извержения вулкана.

6. Толчком к извержению могли послужить также вулканические газы и флюиды, действовавшие по механизму вакуумно-взрывной флюидодинамической модели А.Н. Дмитриевского и Б.М. Валяева.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Палуева А.А. Современная тектоническая структура Курило-Камчатского региона и условия магмообразования // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 9—33
- Аносов Г.И., Аргентов В.В., Петров А.В. и др. Новые сейсмические данные о строении земной коры центрального звена Курило-Камчатской островной дуги // Тихоокеанская геология. 1988. № 1. С. 10—18.
- 3. Балеста С.Т. Земная кора и магматические очаги областей современного вулканизма. М.: Наука, 1981. 134 с.
- 4. Белоусов В.В., Павленкова Н.И. Типы земной коры // Геотектоника. 1985. № 1. С. 3—14.
- Викулин А.В. Землетрясения дуплеты 2006—2007 и 1780 гг. на Средних Курилах: закономерность или случайность? // Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири. Южно-Сахалинск, 2007. С. 10—11.
- Геология и нефтегазоносность Охотско-Шантарского осадочного бассейна / Варнавский В.Г., Жаров А.Э., Кириллова Г.Л., Кровушкина О.А., Кропп Э.Я., Троян В.Б., Чуйко Л.С. Владивосток: ДВО РАН, 2002. 148 с.
- Гнибиденко Г.С. О рифтовой системе дна Охотского моря // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229. № 1. С. 163—165
- Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- Элобин Т.К. Геодинамические процессы и природные катастрофы: учебное пособие / Т.К. Злобин. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2010. 228 с.
- Злобин Т.К. Глубинная геодинамика и строение Земли: учебное пособие / Т.К. Злобин. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008. 124 с.
- 11. Злобин Т.К. Динамика сейсмического процесса и строение очаговых зон сильных землетрясений Сахалина и Курил. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2005а. 141 с.

- Avdeiko G.P., Popruzhenko S.V., Palueva A.A. (2001). Sovremennaya tektonicheskaya struktura Kurilo-Kamchatskogo regiona i usloviya magmoobrazovaniya. Geodinamika i vulkanizm Kurilo-Kamchatskoi ostrovnoi sistemy. IVGiG DVO RAN, Petropavlovsk-Kamchatskii. Pp. 9–33.
- Anosov G.I., Argentov V.V., Petrov A.V. i dr. (1988). Novye seismicheskie dannye o stroenii zemnoi kory tsentral'nogo zvena Kurilo-Kamchatskoi ostrovnoi dugi. Tikhookeanskaya geologiya. N 1. Pp. 10–18.
- 3. Balesta S.T. (1981). Zemnaya kora i magmaticheskie ochagi oblastei sovremennogo vulkanizma. Nauka, 134 p.
- 4. Belousov V.V., Pavlenkova N.I. (1985). Tipy zemnoi kory. Geotektonika. N 1. Pp. 3–14.
- Vikulin A.V. (2007). Zemletryaseniya duplety 2006—2007 i 1780 gg. na Srednikh Kurilakh: zakonomernost' ili sluchainost'? In: Problemy seismobezopasnosti Dal'nego Vostoka i Vostochnoi Sibiri. Yuzhno-Sakhalinsk. Pp. 10—11.
- Geologiya i neftegazonosnost' Okhotsko-Shantarskogo osadochnogo basseina. Varnavskii V.G., Zharov A.E., Kirillova G.L., Krovushkina O.A., Kropp E.Ya., Troyan V.B., Chuiko L.S. DVO RAN, Vladivostok. 2002. 148 p.
- Gnibidenko G.S. (1976). O riftovoi sisteme dna Okhotskogo morya. Dokl. AN SSSR. T. 229. N 1. Pp. 163–165
- 8. Gorshkov G.S. (1967). Vulkanizm Kuril'skoi ostrovnoi dugi. Nauka, Moskva. 288 p.
- 9. Zlobin T.K. (2010). Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy: uchebnoe posobie. T.K. Zlobin. SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 228 p.
- Zlobin T.K. (2008). Glubinnaya geodinamika i stroenie Zemli: uchebnoe posobie. T.K. Zlobin. SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 124 p.
- 11. Zlobin T.K. (2005a). Dinamika seismicheskogo protsessa i stroenie ochagovykh zon sil'nykh zemletryasenii Sakhalina i Kuril. Izd-vo SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 141 p.
- 12. Злобин Т.К. Модель строения нижележащей мантии под южной частью Охотского моря, связь ее с мантийным диапиром и мантийным плюмом // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: IV Косыгинские чтения 21—23 января 2003. г. Хабаровск / Под ред. Н.П. Романовского. Хабаровск: ИТИГ ДВО РАН, 2004. С. 204—218.
- 13. Злобин Т.К. Природные катастрофы в литосфере Сахалино-Курильского региона и меры безопасности: учеб. пособие / Т.К. Злобин. 2-е изд., испр. и доп. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2006. 132 с.
- Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1987. 150 с.
- 15. Злобин Т.К. Строение земной коры Охотского моря и нефтегазоносность ее в северо-восточной части (по сейсмическим данным): Монография. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2002, 98 с.
- Zlobin T.K. (2004). Model' stroeniya nizhelezhashchei mantii pod yuzhnoi chast'yu Okhotskogo morya, svyaz' ee s mantiinym diapirom i mantiinym plyumom. In: Tektonika, glubinnoe stroenie i geodinamika Vostoka Azii: IV Kosyginskie chteniya 21–23 yanvarya 2003. g. Khabarovsk. Pod red. N.P. Romanovskogo. ITIG DVO RAN, Khabarovsk. Pp. 204–218.
- 13. Zlobin T.K. (2006). Prirodnye katastrofy v litosfere Sakhalino-Kuril'skogo regiona i mery bezopasnosti: uchebnoe posobie. T.K. Zlobin. 2-e izd., ispr. i dop. SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 132 p.
- 14. Zlobin T.K. (1987). Stroenie zemnoi kory i verkhnei mantii Kuril'skoi ostrovnoi dugi (po seismicheskim dannym). DVNTs AN SSSR, Vladivostok. 150 p.
- 15. Zlobin T.K. (2002). Stroenie zemnoi kory Okhotskogo morya i neftegazonosnost' ee v severo-vostochnoi chasti (po seismicheskim dannym): Monografiya. Izd-vo SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 98 p.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

- Злобин Т.К., Абдурахманов А.И., Злобина Л.М. Глубинные сейсмические исследования вулкана Менделеева на Южных Курилах // Тихоокеанская геология. Т. 16. № 4.1997. С. 79—87.
- Злобин Т.К., Бобков А.О. Современная сейсмичность и разломная тектоника юга Сахалина. Южно-Сахалинск Сахалина: Монография. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2003. 124 с.
- Злобин Т.К., Волков И.А., Полец А.Ю. Анализ вулканизма и сейсмичности в литосфере Курил // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Сб. Туапсе: НИГТЦ ДВО РАН, 2006. С. 39.
- Злобин Т.К., Злобина Л.М. Охотская литосферная плита: сейсмичность и границы // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Тез. Докл. научно-практ. конференции. (6—9 апр. 1999.). Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН. 1999. С. 143.
- Злобин Т.К., Злобина Л.М. Строение земной коры Курильской островной системы // Тихоокеанская геология. 1991. № 6. С. 24—35.
- 21. Злобин Т.К., Костюкевич А.С., Злобина Л.М. Структура земной коры Средних Курил по данным сейсмического моделирования // Тихоокеанская геология. 1998. № 2. С. 115—121.
- Злобин Т.К., Левин Б.В., Полец А.Ю. Первые результаты сопоставления катастрофических Симуширских землетрясений 15 ноября 2006 г. (М = 8,3) и 13 января 2007 г. (М = 8,1) и глубинного строения земной коры Средних Курил // Доклады АН. Т. 420. № 1. 2008. С. 111–115.
- 23. Злобин Т.К., Пискунов Б.Н., Фролова Т.И. Новые данные о строении земной коры центральной части Курильской островной дуги // Доклады АН СССР. 1987. Т. 293. № 2. С. 185—188.
- Злобин Т.К., Полец А.Ю. Неоднородная (блоково-клавишная) структура Курильской островной дуги и сейсмофокальной зоны // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Т. 1. М.: ГЕОС, 2008. С. 333–336.
- Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Серия сильных и катастрофических Симуширских землетрясений 2006—2009 годов: основные особенности и сейсмотектоника очаговых зон // ДАН. 2009. Т. 428. № 4. С. 531—535.
- 26. Злобин Т.К., Федорченко В.И. Глубинная структура вулкана Головнина по данным изучения обменных волн от землетрясений // Вулканология и сейсмология. № 4. 1982. С. 99–103.
- Золотарев Б.П., Соболев С.Ф. Связь петрохимических особенностей базальтоидов Курильской островной дуги и сопредельных районов с различными типами земной коры // Земная кора островных дуг и дальневосточных морей. Верхняя мантия. № 9. М.: Наука, 1972. С. 171—191.
- 28. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 227 с.
- 29. Клещев К.А., Шеин В.С., Астафьеф Д.А., Петров А.И. Плитотектонические критерии прогноза нефтегазоносности // Геодинамика, стратиграфия и нефтегазоноснсть осадочных бассейнов Росси. М.: ВНИГНИ. 2001. С. 3—18.
- Котляр П.Е. Пространственно-временные модели Гавайской вулканической системы (томографический анализ сейсмичности). Новосибирск: ИГиГ СО АН ССР, 1989. 40 с.

- 16. Zlobin T.K., Abdurakhmanov A.I., Zlobina L.M. (1997). Glubinnye seismicheskie issledovaniya vulkana Mendeleeva na Yuzhnykh Kurilakh. Tikhookeanskaya geologiya. T. 16. N 4. Pp. 79–87.
- 17. Zlobin T.K., Bobkov A.O. (2003). Sovremennaya seismichnost' i razlomnaya tektonika yuga Sakhalina. Yuzhno-Sakhalinsk Sakhalina: Monografiya. Izd-vo SakhGU, Yuzhno-Sakhalinsk. 124 p.
- Zlobin T.K., Volkov I.A., Polets A.Yu. (2006). Analiz vulkanizma i seismichnosti v litosfere Kuril. In: Vulkanizm, biosfera i ekologicheskie problemy. Sb. NIGTTs DVO RAN, Tuapse. P. 39.
- Zlobin T.K., Zlobina L.M. (1999). Okhotskaya litosfernaya plita: seismichnost' i granitsy. In: Problemy seismichnosti Dal'nego Vostoka. Tez. Dokl. nauchno-prakt. konferentsii. (6—9 aprelya 1999.). KOMSP GS RAN, Petropavlovsk-Kamchatskii. P. 143.
- Zlobin T.K., Zlobina L.M. (1991). Stroenie zemnoi kory Kuril'skoi ostrovnoi sistemy Tikhookeanskaya geologiya. N 6. Pp. 24—35
- 21. Zlobin T.K., Kostyukevich A.S., Zlobina L.M. (1998). Struktura zemnoi kory Srednikh Kuril po dannym seismicheskogo modelirovaniya. Tikhookeanskaya geologiya. N 2. Pp. 115–121.
- Zlobin T.K., Levin B.V., Polets A.Yu. (2008). Pervye rezul'taty sopostavleniya katastroficheskikh Simushirskikh zemletryasenii 15 noyabrya 2006 g.(M = 8,3) i 13 yanvarya 2007 g.(M = 8,1) i glubinnogo stroeniya zemnoi kory Srednikh Kuril. Doklady AN. T. 420. N 1. Pp. 111–115.
- Zlobin T.K., Piskunov B.N., Frolova T.I. (1987). Novye dannye o stroenii zemnoi kory tsentral'noi chasti Kuril'skoi ostrovnoi dugi. Doklady AN SSSR. T. 293. N 2. Pp. 185–188.
- Zlobin T.K., Polets A.Yu. (2008). Neodnorodnaya (blokovoklavishnaya) struktura Kuril'skoi ostrovnoi dugi i seismofokal'noi zony. In: Obshchie i regional'nye problemy tektoniki i geodinamiki. T. 1. GEOS, Moskva. Pp. 333–336.
- Zlobin T.K., Poplavskaya L.N., Polets A.Yu. (2009). Seriya sil'nykh i katastroficheskikh Simushirskikh zemletryasenii 2006– 2009 godov: osnovnye osobennosti i seismotektonika ochagovykh zon. DAN. T. 428. N 4. Pp. 531–535.
- Zlobin T.K., Fedorchenko V.I. (1982). Glubinnaya struktura vulkana Golovnina po dannym izucheniya obmennykh voln ot zemletryasenii. Vulkanologiya i seismologiya. N 4. Pp. 99–103.
- Zolotarev B.P., Sobolev S.F. (1972). Svyaz' petrokhimicheskikh osobennostei bazal'toidov Kuril'skoi ostrovnoi dugi i sopredel'nykh raionov s razlichnymi tipami zemnoi kory. In: Zemnaya kora ostrovnykh dug i dal'nevostochnykh morei. Verkhnyaya mantiya. N 9. Nauka, Moskva. Pp. 171–191.
- 28. Imaev V.S., Imaeva L.P., Koz'min B.M. (2000). Seismotektonika Yakutii. GEOS, Moskva. 227 p.
- 29. Kleshchev K.A., Shein V.S., Astaf'ef D.A., Petrov A.I. (2001). Plitotektonicheskie kriterii prognoza neftegazonosnosti. In: Geodinamika, stratigrafiya i neftegazonosnst' osadochnykh basseinov Rossi. VNIGNI. Pp. 3—18.
- Kotlyar P.E. (1989). Prostranstvenno-vremennye modeli Gavaiskoi vulkanicheskoi sistemy (tomograficheskii analiz seismichnosti). IGiG SO AN SSR, Novosibirsk. 40 p.
- 31. Левин Ю.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И., Майор А.Ю., Салюк П.А., Жарков Р.В., Прытков А.С., Козлов Д.Н., Чернов А.Г., Чибисова М.В., Гурьянов В.Б. Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98—104.
- 32. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японских желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.
- 33. Мархинин Е.К. Роль вулканизма в формировании земной коры на примере Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 254 с.
- 34. Наумова Е.Н., Соловьев В.А., Соловьева Л.П. Сейсмичность, грязевой вулканизм, нефтегазоносность и дегазация Земли // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22—25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 334—336.
- Levin Yu.V., Rybin A.V., Razzhigaeva N.G., Vasilenko N.F., Frolov D.I., Maior A.Yu., Salyuk P.A., Zharkov R.V., Prytkov A.S., Kozlov D.N., Chernov A.G., Chibisova M.V., Gur'yanov V.B. (2009). Kompleksnaya ekspeditsiya «Vulkan Sarycheva-2009» (Kuril'skie ostrova). Vestnik DVO RAN. N 6. Pp. 98–104.
- 32. Lomtev V.L., Patrikeev V.N. (1985). Struktury szhatiya v Kuril'skom i Yaponskikh zhelobakh. DVNTs AN SSSR, Vladivostok. 141 p.
- 33. Markhinin E.K. (1967). Rol' vulkanizma v formirovanii zemnoi kory na primere Kuril'skoi ostrovnoi dugi. Nauka, Moskva. 254 p.
- Naumova E.N., Solov'ev V.A., Solov'eva L.P. (2008). Seismichnost', gryazevoi vulkanizm, neftegazonosnost' i degazatsiya Zemli. In: Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ikh paragenezy. Materialy Vserossiiskoi konferentsii, 22–25 aprelya 2008 g. GEOS, Moskva. Pp. 334–336.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

- 35. Обжиров А.И. Миграция углеводородов из недр к поверхности и формирование нефтегазовых залежей и газогидратов в Охотском море в период сейсмотектонических активизаций // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22—25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 359—362.
- Объяснительная записка к тектонической карте Охотоморского региона масштаба 1:2500 000. М.: ИЛОВМ РАН, 2000. 193 с.
- 37. Раст Х. Вулканы и вулканизм. Пер. с нем. М.: Мир, 1982. 344 с.
- Ребецкий Ю.Л. Дилатансия, поровое давление флюида и новые данные о прочности горных массивов в естественном залегании // Флюид и Геодинамика. Сб. М.: Наука. 2006а. С. 120—146.
- Ребецкий Ю.Л. Механохимические процессы в теле разлома // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Материалы XIV международной конференции. 2 часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008а. С. 143—146.
- Ребецкий Ю.Л. Напряженное состояние земной коры Курил и Камчатки перед Симуширскими землетрясениями // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 5. С. 70—84.
- Ребецкий Ю.Л. Разломы как особое геологическое тело. Модель развития крупномасштабного хрупкого разрушения // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22—25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 20086. С. 418—420.
- 42. Ребецкий Ю.Л., Маринин А.В. Поле тектонических напряжений до Суматра-Андаманского землетрясения 26.12.2004. Модель метастабильного состояния горных пород // Геология геофизика. 20066. Т 47. № 11. С. 1192—1206.
- Рождественский В.С. О сдвиговых смещениях вдоль зоны Тымь-Поронайского разлома на о. Сахалин // ДАН СССР. 1976. Т. 230. № 3. С. 678—780.
- Сено Т. Нефтегорское землетрясение как межплитное событие: тектоническая интерпретация // Информационноаналитический бюллетень. Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995. М.: МЧС, ОИФЗ РАН, 1995. С. 135—138.
- 45. Симбирева И.Г., Федотов С.А., Фиофилактов В.Д. Неоднородности поля напряжений Курило-Камчатской дуги по сейсмологическим данным // Геология и геофизика. № 1. 1976. С. 70—86.
- 46. Строение земной коры в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука,1964. 308 с.
- Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / В.В. Харахинов, И.К. Туезов, В.А. Бабошкина и др., М.: Национальный геофизический комитет РАН, 1996. 338 с.
- Тараканов Р.З. Бобков А.О. Зоны возможных очагов землетрясений Курило-Охотского региона // Проблемы сейсмической опасности дальневосточного региона. Южно-Сахалинск: ИМ-ГиГ ДВО РАН, 1997. Т. VI. С. 94—110.
- 49. Тараканов Р.З. Фокальные зоны и их роль в развитии островодужных систем // Геология дальневосточной окраины Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 53—66.
- 50. Тихонов И.Н., Василенко Н.Ф., Прытков А.С., Спирин А.И., Фролов

- 35. Obzhirov A.I. (2008). Migratsiya uglevodorodov iz nedr k poverkhnosti i formirovanie neftegazovykh zalezhei i gazogidratov v Okhotskom more v period seismotektonicheskikh aktivizatsii. In: Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ikh paragenezy. Materialy Vserossiiskoi konferentsii, 22—25 aprelya 2008 g. GEOS, Pp. 359—362.
- 36. Ob"yasnitel'naya zapiska k tektonicheskoi karte Okhotomorskogo regiona masshtaba 1:2500 000. ILOVM RAN, Moskva. 2000. 193 p.
- 37. Rast Kh. (1982). Vulkany i vulkanizm. Per. s nem. Mir, Moskva. 344 p.
- Rebetskii Yu.L. (2006a). Dilatansiya, porovoe davlenie flyuida i novye dannye o prochnosti gornykh massivov v estestvennom zaleganii. In: Flyuid i Geodinamika. Sb. Nauka, Moskva. Pp. 120—146.
- Rebetskii Yu.L. (2008a). Mekhanokhimicheskie protsessy v tele razloma. In: Svyaz' poverkhnostnykh struktur zemnoi kory s glubinnymi. Materialy XIV mezhdunarodnoi konferentsii. 2 chast'. KarNTs RAN, Petrozavodsk. Pp. 143—146.
- Rebetskii Yu.L. (2009). Napryazhennoe sostoyanie zemnoi kory Kuril i Kamchatki pered Simushirskimi zemletryaseniyami. Tikhookeanskaya geologiya. T. 28. N 5. Pp. 70–84.
- Rebetskii Yu.L. (2008b). Razlomy kak osoboe geologicheskoe telo. Model' razvitiya krupnomasshtabnogo khrupkogo razrusheniya. In: Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ikh paragenezy. Materialy Vserossiiskoi konferentsii, 22—25 aprelya 2008 g. GEOS, Moskva. Pp. 418—420.
- Rebetskii Yu.L., Marinin A.V. (2006b). Pole tektonicheskikh napryazhenii do Sumatra-Andamanskogo zemletryaseniya 26.12.2004. Model' metastabil'nogo sostoyaniya gornykh porod. Geologiya geofizika. T 47. N 11. Pp. 1192—1206.
- Rozhdestvenskii V.S. (1976). O sdvigovykh smeshcheniyakh vdol' zony Tym'-Poronaiskogo razloma na o. Sakhalin. DAN SSSR. T. 230. N 3. Pp. 678–780.
- Seno T. (1995). Neftegorskoe zemletryasenie kak mezhplitnoe sobytie: tektonicheskaya interpretatsiya. In: Informatsionnoanaliticheskii byulleten'. Neftegorskoe zemletryasenie 27(28).05.1995. MChS, OIFZ RAN, Moskva. S. 135–138.
- 45. Simbireva I.G., Fedotov S.A., Fiofilaktov V.D. (1976). Neodnorodnosti polya napryazhenii Kurilo-Kamchatskoi dugi po seismologicheskim dannym. Geologiya i geofizika. N 1. Pp. 70—86.
- 46. Stroenie zemnoi kory v oblasti perekhoda ot Aziatskogo kontinenta k Tikhomu okeanu. Nauka, Moskva. 1964. 308 p.
- Struktura i dinamika litosfery i astenosfery Okhotomorskogo regiona. V.V. Kharakhinov, I.K. Tuezov, V.A .Baboshkina i dr.. Natsional'nyi geofizicheskii komitet RAN, Moskva. 1996. 338 p.
- Tarakanov R.Z. Bobkov A.O. (1997). Zony vozmozhnykh ochagov zemletryasenii Kurilo-Okhotskogo regiona. In: Problemy seismicheskoi opasnosti dal'nevostochnogo regiona. IMGiG DVO RAN, Yuzhno-Sakhalinsk. T. VI. Pp. 94—110.
- 49. Tarakanov R.Z. (1981). Fokal'nye zony i ikh rol' v razviti ostrovoduzhnykh sistem. In: Geologiya dal'nevostochnoi okrainy Azii. DVNTs AN SSSR, Vladivostok. Pp. 53–66.
- 50. Tikhonov I.N., Vasilenko N.F., Prytkov A.S., Spirin A.I., Frolov D.I.

Д.И. Катастрофические Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. // Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири: междунар. науч. симпозиум. Южно-Сахалинск, Россия, 27—30 сентября 2007 г.: Тез. докл. / Отв. ред. И.Н. Тихонов, А.В. Коновалов. Южно-Сахалинск: Ин-т мор. геологии и геофизики ДВО РАН. 2007. С. 27—28.

- 51. Токарев П.И. Предсказание места и времени Большого Толбачинского извержения в июле 1975 года // Доклады АН СССР. 1976. Т. 229. № 2. С. 439—442.
- 52. Тютрин И.И. О направлении нефтегазопоисковых работ на пве Камчатка // Тихоокеанская геология. № 6. 1982. С. 73—77.
- 53. Фарберов А.И. Магматические очаги вулканов восточной Камчатки по сейсмологическим данным. Новосибирск: Наука, 1974. 88 с.

(2007). Katastroficheskie Simushirskie zemletryaseniya 15 noyabrya 2006 g. i 13 yanvarya 2007 g. In: Problemy seismobezopasnosti Dal'nego Vostoka i Vostochnoi Sibiri: mezhdunar. nauch. simpozium. Yuzhno-Sakhalinsk, Rossiya, 27—30 sentyabrya 2007 g.: Tez. dokl. Otv. red. I.N.Tikhonov, A.V.Konovalov. In-t mor. geologii i geofiziki DVO RAN, Yuzhno-Sakhalinsk. Pp. 27—28.

- 51. Tokarev P.I. (1976). Predskazanie mesta i vremeni Bol'shogo Tolbachinskogo izverzheniya v iyule 1975 goda. Doklady AN SSSR. T. 229. N 2. Pp. 439—442.
- 52. Tyutrin I.I. (1982). O napravlenii neftegazopoiskovykh rabot na p-ve Kamchatka. Tikhookeanskaya geologiya. N 6. Pp. 73–77.
- 53. Farberov A.I. (1974). Magmaticheskie ochagi vulkanov vostochnoi Kamchatki po seismologicheskim dannym. Nauka, Novosibirsk. 88 p.

Злобин Т.К., Полец А.Ю., Пеньковая О.В. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере зоны перехода от азиатского континента к Тихому океану

- 54. Федорченко В.И., Родионова Р.И. Ксенолиты в лавах Курильских островов. Новосибирск: СО АН СССР, 1975. 139 с.
- 55. Федотов С.А. Магматические питающие системы и механизм извержений вулканов / С.А.Федотов; Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН М.: Наука, 2006. 435 с.
- 56. Федотов С.А., Потапова О.В. Предварительная карта тел на глубинах 30—100 км в верхней мантии под Камчаткой, экранирующих Р и S волны // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке / Отв. ред. С.А. Федотов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 76—179.
- 57. Федотов С.А., Уткин И.С., Уткин Л.И. Оценка размеров коровых очагов вулканов и изменения их размеров во времени по данным о количестве, составе изверженных продуктов и глубине очага // Вулканология и сейсмология. 2000. № 3. С. 3—14.
- 58. Федотов С.А., Чернышев С.Д. 20 лет долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги: достоверность в 1981—1985 гг., в целом за 1965—1985 гг. и прогноз на 1986— 1990 гг. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 93—109.
- 59. Шахновский И.М. Происхождение нефтяных и газовых месторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2002. № 3. С. 16—24.

- 54. Fedorchenko V.I., Rodionova R.I. (1975). Ksenolity v lavakh Kuril'skikh ostrovov. SO AN SSSR, Novosibirsk. 139 p.
- 55. Fedotov S.A. (2006). Magmaticheskie pitayushchie sistemy i mekhanizm izverzhenii vulkanov. S.A.Fedotov; Institut vulkanologii i seismologii DVO RAN. Nauka, Moskva. 435 p.
- 56. Fedotov S.A., Potapova O.V. (1974). Predvaritel'naya karta tel na glubinakh 30—100 km v verkhnei mantii pod Kamchatkoi, ekraniruyushchikh P i S volny. In: Seismichnost' i seismicheskii prognoz, svoistva verkhnei mantii i ikh svyaz' s vulkanizmom na Kamchatke. Otv. red. S.A.Fedotov. Nauka, Novosibirsk. Pp. 76—179.
- 57. Fedotov S.A., Utkin I.S., Utkin L.I. (2000). Otsenka razmerov korovykh ochagov vulkanov i izmeneniya ikh razmerov vo vremeni po dannym o kolichestve, sostave izverzhennykh produktov i glubine ochaga. Vulkanologiya i seismologiya. N 3. Pp. 3–14.
- Fedotov S.A., Chernyshev S.D. (1987). 20 let dolgosrochnogo seismicheskogo prognoza dlya Kurilo-Kamchatskoi dugi: dostovernost' v 1981—1985 gg., v tselom za 1965—1985 gg. i prognoz na 1986— 1990 gg. Vulkanologiya i seismologiya. N 6. Pp. 93—109.
- 59. Shakhnovskii I.M. (2002). Proiskhozhdenie neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii. Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh mestorozhdenii. N 3. Pp. 16–24.
- 60. Carey S. The Magma Chamber Beneath Mount St. Helens. Maritimes. 1985. V. 29. N. 1. Pp. 10–11.
- 61. Ershov V.V., Levin B.W., Mel'nikov O.A., and A.V. Domansky . Manifestations of the Nevelsk and Gornozavodsk Earthquakes of 2006–2007 in the Dynamics of Gryphon Activity of the Yuzhno-Sakhalinsk Gas—Water—Lithoclastic (Mud) Volcano. Doklady Earth Sciences. 2008. Vol. 423A. No. 9. Pp. 1443—1447.
- 62. Green D.H., Rinqwood A.E. The genesis of basaltic magmas. Contrib.Mineral.Petrol. 1967. **15**, 103–190.
- 63. National Earthquake Information Center. URL: http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic_rect.html.
- 64. Sibson R.H. Frictional constraints on thrust, wrench and normal faults. Nature. 1974. Vol. 249. N 5457. P. 542–544.
- 65. Zlobin T.K., Levin B.W., and A.Yu. Polets. First Results of the Comparison of Catastrophic Simushir Earthquakes on November 15, 2006 (M = 8.3), and January 13, 2007 (M = 8.1), with the Deep Structure of the Earth's Crust in the Central Kuril Islands. Doklady Earth Sciences. 2008. Vol. 420. No. 4. Pp. 615–619.
- 66. Zlobin T.K. and A.Yu. Polets. Sourse Zones of the Catastrophic Simushir Earthquakes on November 15, 2006 (Mw = 8,3) and January 13, 2007 (Mw = 8,1) and Deep Crust Structure beneath the Middle Kuril Segment. Russian Journal of Pacific Geology. 2009a. Vol. 3. No. 5. Pp. 460–469.
- 67. Zlobin T.K., Poplavskaya L.N., and A.Yu. Polets. A Series of Strong and Catastrophic Simushir Earhquaes, 2006–2009: Ceneral Features and Seismotectonics of the Source Zones. Doklady Earth Scienses. 2009a. Vol. 428. No. 7. Pp. 1227–1231.
- 68. Zlobin T.K., Poplavskaya L.N., and A.Yu. Polets. Possibility of the Reconstruction of the Real Dynamics of the Earth's Crust (The Example of the Southern Regions of Sakhalin and Kuril Island). Doklady Earth Sciences. 2009b. Vol. 427A, No. 6. Pp. 1043–1046.

DEEP GEODYNAMICS AND ITS MANIFESTATIONS IN THE LITHOSPHERE OF TRANSITION ZONE FROM THE ASIAN CONTINENT TO THE PACIFIC OCEAN

*Timofei K. Zlobin, Doctor of Geology and Mineralogy, Chief Researcher at Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of RAS, Professor at Sakhalin State University (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

E-mail: t.zlobin@mail.ru

**Anastasia Yu. Polets, PhD (Physics and Mathematics), Junior Researcher at Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of RAS (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

E-mail: polec84@mail.ru

***Olga V. Penkovaya, postgraduate student at Sakhalin State University (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

E-mail: penkovaj.Olga@mail.ru

In this article authors described the main dynamics manifestations in the tectonic and seismovolcanic processes in the transition zone from the Asian continent to the Pacific Ocean. This manifestation are associated with the formation and location of hydrocarbons, they were considered according to the criteria of plate tectonics and the dynamics manifestations of the lithosphere which expressed in faulting on the profile from Sakhalin Island to the Kamchatka Peninsula. Particular manifestation of catastrophic earthquakes of 2006 and 2007 with magnitude 8.3 and 8.1 in the Central part of the Kuril Islands were named. The hypocenters of these earthquakes are located under the near-island slope of the trench and in its axial part. Eruption of the Sarychev peak volcano 11.06.2009 in the Central part of the Kuril Islands is connected with strong earthquakes of 2006–2009, stress tectonic field and geodynamic processes, which manifest in subduction, friction of the contact blocks, tectonic activation, rock melting and its rising, rising of gases and fluids. A deep cross section of earthquake hypocenters of the Middle Kuril islands was analyzed. Aseismic area was revealed under Matua Island (under Sarychev Peak volcano). The width of this area is about 30 km, depth is about 200 km. Tension in the lithosphere of the Middle Kuril islands, appearance and renewal of faults and cracks, as a result of earthquakes of 2006–2009, rising of gases and fluids were favored magma rising and the eruption of the volcano.

Keywords: geodynamics, hydrocarbons, earthquakes, the central part of the Kuril Islands, volcanic eruption, fluid.