

ЭКСТРУЗИИ (ПЛЮМЫ) ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ БЛИЗ КАЛЬДЕРЫ ЛЬВИНАЯ ПАСТЬ (О-В ИТУРУП)

В.Л. Ломтев, М.Г. Гуринов

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

E-mail: seismika@imgg.ru

Поступила в редакцию 2 марта 2007 г.

По данным одноканального непрерывного сейсмопрофилирования 21 рейса НИС «Пегас»-1980 анализируется строение нескольких плюмов (экструзии, экструзивные купола или магматические диапиры) на охотской окраине Курильской дуги и прилегающем ложе Южно-Охотской котловины близ кальдеры Львиная Пасть (ЮЗ побережье о-ва Итуруп). Экструзии поднимают, прорывают и/или замещают морской, олигоцен-четвертичный осадочный чехол, формируя конические горы и холмы, которые по данным промера и драгирования обычно интерпретировались как подводные или частью наземные вулканы. Для кальдеры с экструзивной соммой (кольцевая дайка вязких лав) восстановлена история, связанная с направленным взрывом экструзивного палеовулкана (курильский Кракатау) в среднем плейстоцене (0,8 млн. лет).

Ключевые слова: *Курильская дуга, охотская окраина, НСП (непрерывное сейсмическое профилирование), плюм, экструзия, диапир, кальдера, сомма, вулкан.*

OKHOTSK MARGIN EXTRUSIONS (PLUMES) OF THE KURIL ARC NEAR LION MOUTH CALDERA (ITURUP ISL.)

V.L. Lomtev, M.G. Gurinov

Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch of RAS

The structure of some plumes (extrusions, extrusive domes or magmatic diapirs) on the Okhotsk margin of Kuril arc and adjacent seafloor of the South-Okhotsk basin near Lion Mouth caldera (SW coast of Iturup isl.) are analysed from single-channel, seismic continuous data of 21 cruise of r/v «Pegas»-1980. Extrusions raise, break and/or replace marine, Oligocene-Quaternary sedimentary cover, forming conic seamounts and seahills, which, from echo sounding and dredging, usually are interpreted as submarine or partly land volcan. History of caldera with extrusive somma (ring dike of viscous lavas) is restored and connected with a purposeful explosion of extrusive paleovolcan (Kuril Krokotoa) in the Middle (0,8 Ma) Pleistocene.

Key words: *Kuril arc, Okhotsk margin, SCP (seismic continuous profiling), plum, extrusion, diapir, caldera, somma, volcan.*

В настоящем сообщении представлены фрагменты нескольких временных разрезов или профилей (далее ПР) НСП МОВ (одноканальное непрерывное сейсмопрофилирование методом отраженных волн) с элементами геологической интерпретации в прикурильской части ложа Южно-Охотской батинальной котловины и на охотской подводной окраине Курильской островной дуги, в районе кальдеры Львиная Пасть, на ЮЗ побережье о-ва Итуруп (Большая Курильская гряда), (рис. 1-5). Сейсмопрофилирование проводилось в 21 рейсе НИС «Пегас»-

1980 сейсмиками СахКНИИ (с 1985 г. – ИМ-ГиГ) под руководством В.В. Жигулева [Красный и др., 1981; Корнев и др., 1982]. Однако, в отличие от детальной геолого-геофизической съемки охотской окраины, проведенной позднее в ряде рейсов НИС «Вулканолог» ИВ ДВО РАН [Подводный..., 1992], включая исследуемый район, здесь оно было подчинено задачам поиска выходов акустического фундамента с целью их последующего драгирования. Вместе с тем в этих и других опубликованных работах (см. литературу) данные НСП МОВ

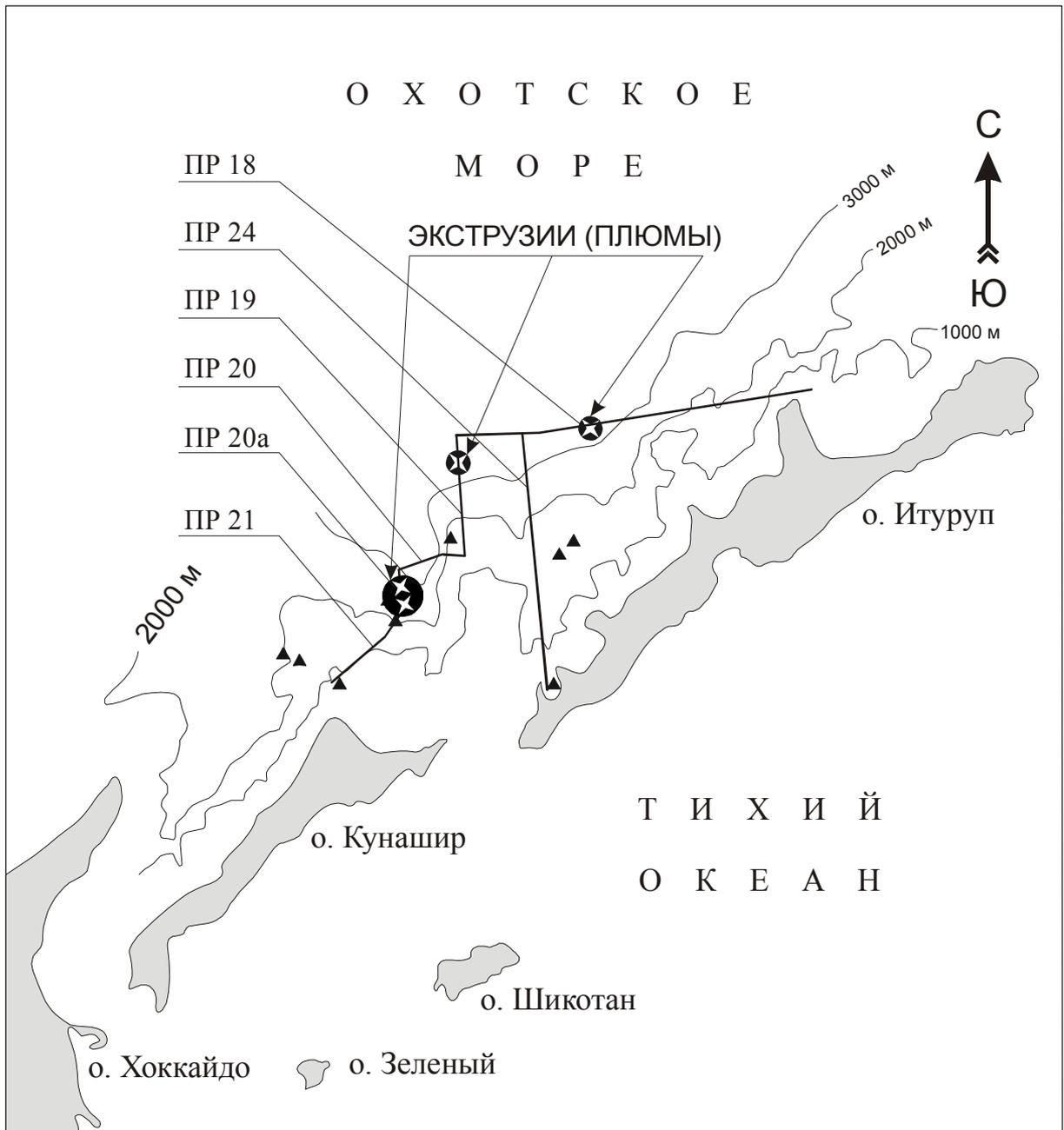


Рис. 1. Схема профилей НСП 21 рейса НИС «Пегас»-1980, фрагменты которых представлены на рис. 2-5, и станции драгирования (черные треугольники по М.Л. Красному и др. [1981]).

почти не представлены, несмотря на то, что они вполне отчетливо фиксируют разнообразные экструзивные образования (экструзивные купола, плюмы, или магматические диапиры, кольцевая экструзия или дайка кальдеры Львиная Пасть), которые поднимают, прорывают и местами, возможно, замещают морской, олигоцен-четвертичный осадочный чехол [Савостин и др., 1978; Чуйко и др., 1988; Тектоника..., 2004], формируя конические холмы и горы высотой до 2,5 км как одиночные, так и объеди-

ненные в гряды и/или массивы. Несомненно, это новый тип подводных магматических (вулканических) структур в тылу Курильской дуги, поскольку предшественниками, по данным эхолотного промера и драгирования, они традиционно рассматривались как подводные [Безруков и др., 1958; Затонский и др., 1961; Геолого-геофизический..., 1987; Подводный..., 1992; Новейший..., 2005, и др.], реже надводные [Остапенко, 1978] вулканы, т.е. насыпные лаво-шлаковые постройки.

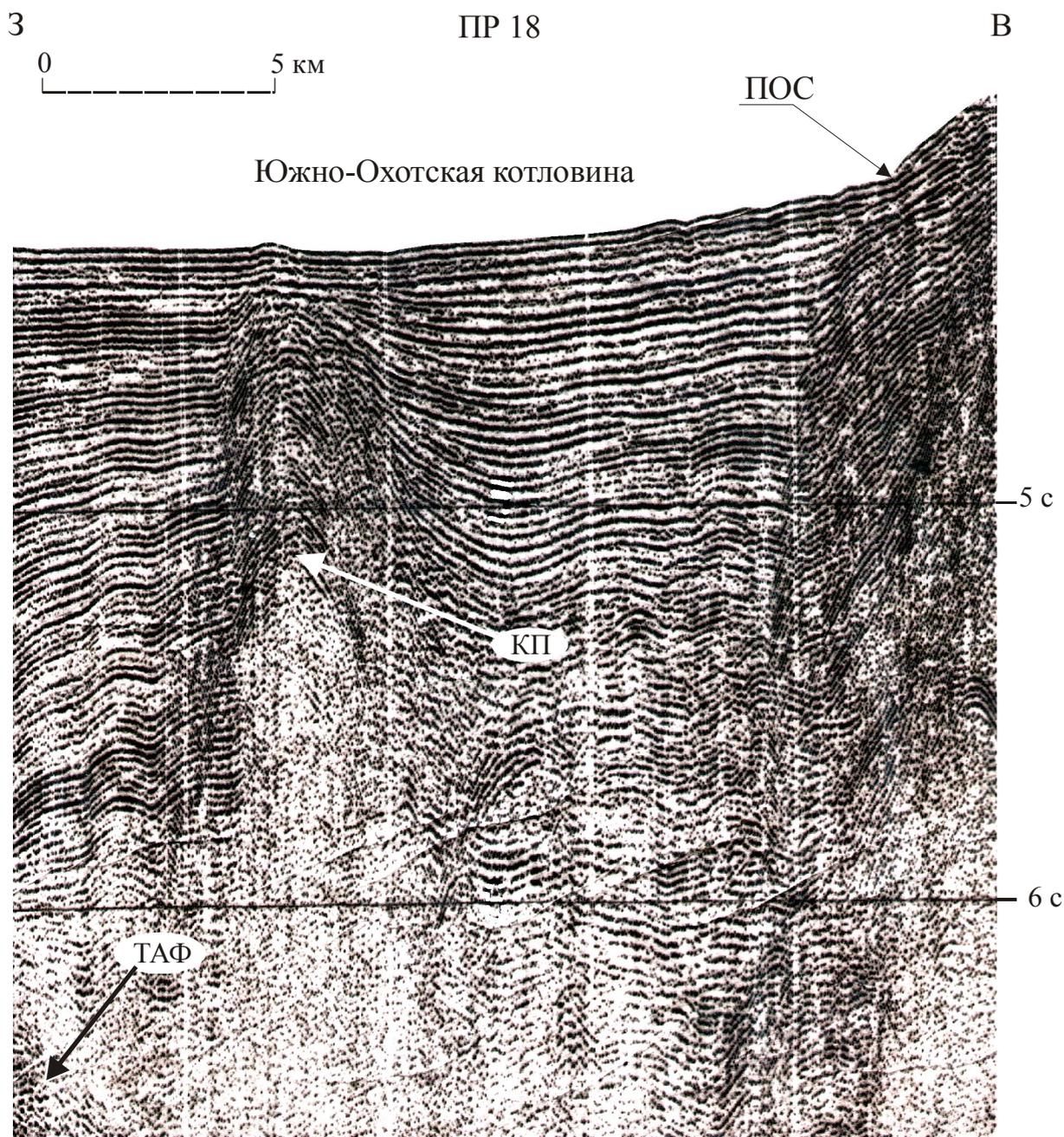


Рис. 2. Слепая экструзия в краевой части ложа Южно-Охотской котловины на ПР 18.

ТАФ – трапповый акустический фундамент, ПОС – подошва охотского склона Курильской дуги, КП – кровля плюма (ядро протыкания). Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега здесь и на рис. 3-5.

Экструзии (плюмы)

Слепой одиночный плюм (экструзия) на ПР18 обнаружен в краевой части ложа Южно-Охотской (Курильской) батинальной котловины у подножия охотского континентального склона Курильской дуги (рис. 1, 2). Он прорывает, вероятно, меловые траппы Охотии (акустический фундамент) и морской, олигоцен-четвертичный осадочный чехол котловины [Ломтев и

др., 2002; Тектоника..., 2004]. Последний состоит из верхней, контрастной, и нижней, прозрачной, толщ, в которых экструзия сформировала слегка асимметричную куполовидную диапировую брахискладку (плюм или экструзивный купол) диаметром около 8 км и высотой от 400 м на глубине до 10 м в рельефе дна. Средне-скоростные (~ 4-5 км/с) породы ее тела или т.н. ядро протыкания предполагаются в узкой (до 2 км) зоне зияния или перерыва отражающих

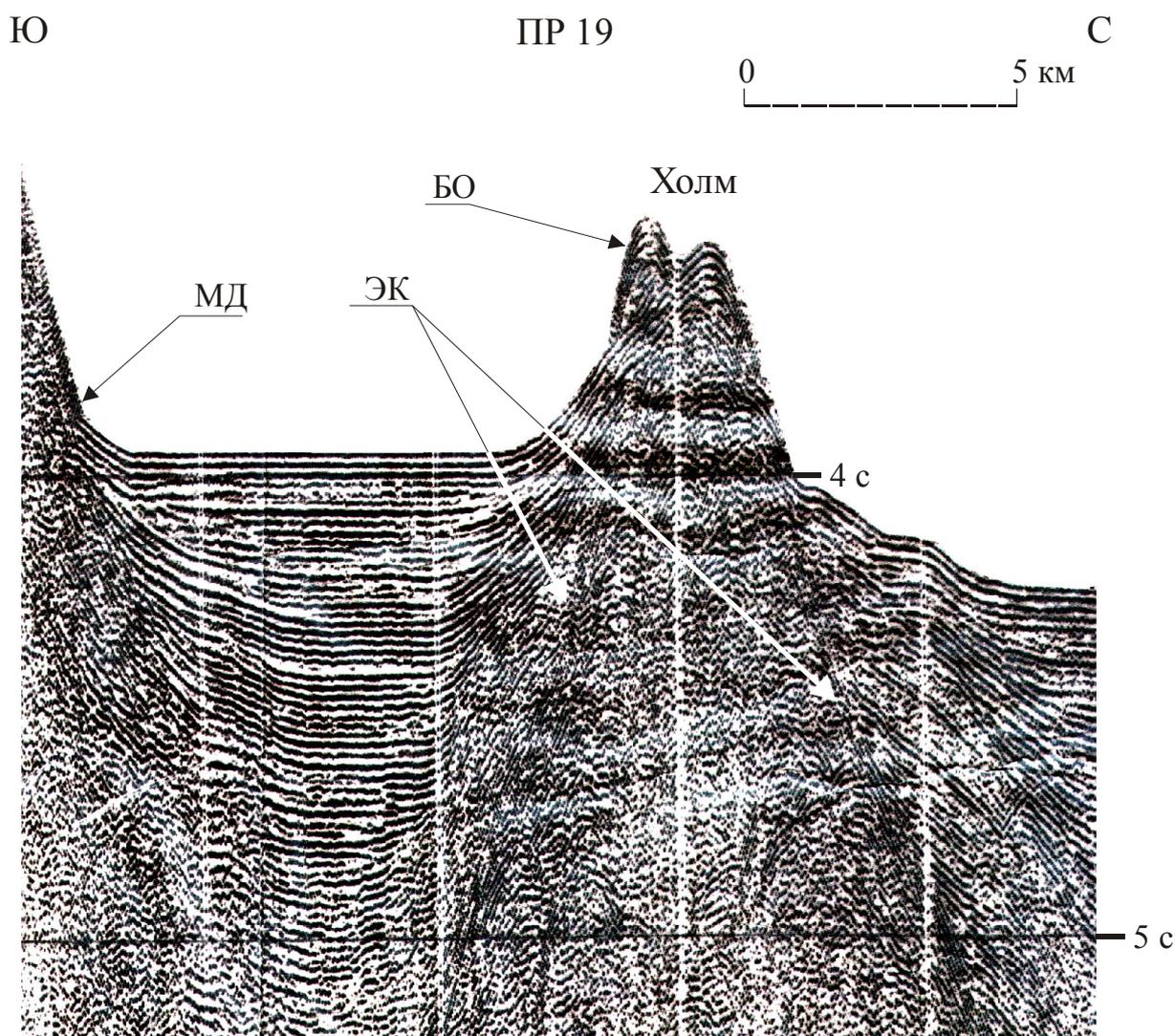


Рис. 3. Двухвершинный экструзивный холм в подошве охотского склона на ПР 19. БО – боковое отражение, ЭЖ – экзоконтакты экструзии здесь и на рис. 4, МД – магматический диапир.

границ. Отметим раздвиг мощности контрастных осадков на прикурильском склоне складки, который может указывать на ее заложение на краю подводного тылового прогиба, заполнявшегося вулканогенными турбидитами, и позднее инверсированного с образованием вулканической дуги. Конседиментационное внедрение экструзии продолжается до настоящего времени, но темп его, судя по заметному снижению высоты складки кверху, видимо замедляется. Особо выделим отсутствие на рис. 2 признаков вулканической (эксплозивной) деятельности и субвулканических интрузий, что поддерживает вывод об экструзивной природе этой структуры. Морфологически она идентична молодым подводным плюмам на ложе батальной котловины Уллындо в Японском море,

в окрестностях одноименного четвертичного острова-вулкана [Ломтев, 2000, 2003].

Экструзивный купол, или холм шириной 12 км и высотой 400 м обнаружен на ПР 19 в подошве охотского континентального склона Курильской островной дуги с глубинами дна около 3000 м (рис. 1, 3). Этот пример показателен соседством этого холма с экструзивной горой слева, которые вместе формируют небольшой экструзивный куст или массив. Отметим двухвершинность холма, фиксируемую боковым отражением, и конседиментационный режим внедрения экструзии в неоген-четвертичный чехол, который опознается по утонению контрастных осадков к его вершине. Подъем слоев самых молодых (четвертичных?), придонных осадков, формирующих линзу мощ-

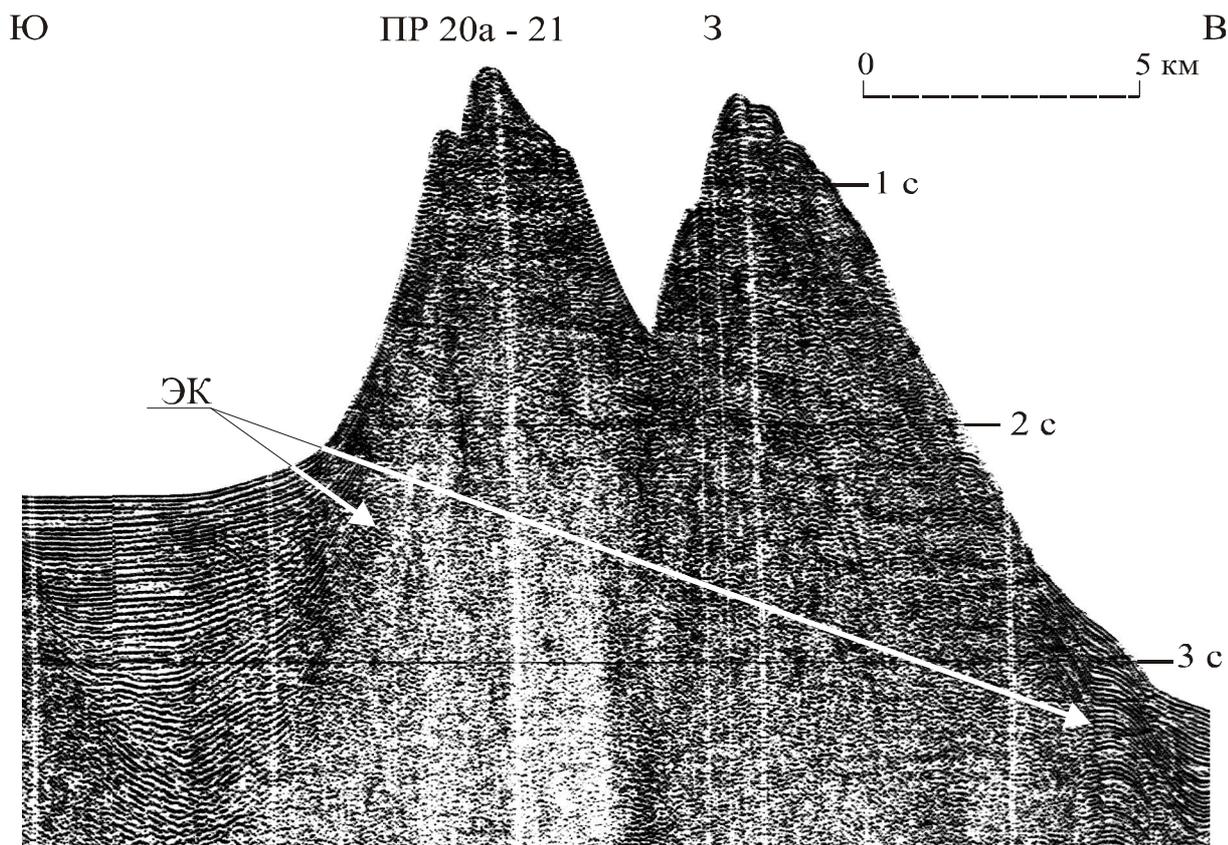


Рис. 4. Двуглавая экструзивная гора в средней части охотского склона Курильской дуги на ПР 20а-21.

ностью 200 м в смежной седловине, показывает, что внедрение экструзии продолжается и сейчас. Особо выделим две интенсивные наклонные отражающие границы, продолжающие на глубину склоны холма (отчасти за счет сейсмического сноса). Их вероятно можно считать экзоконтактами экструзии, помогающими в их диагностике на временных разрезах НСП и МОГТ [Kimura, Tamaki, 1985; Чуйко и др., 1988; Тектоника..., 2004], например, в кайнозойском осадочном выполнении краевого прогиба Нактон, в тылу Японской островной дуги [Ломтев, 2000, 2003]. Заметим, что здесь, как и на рис. 2, также отсутствуют признаки вулканической (эксплозивной) деятельности и субвулканические интрузии.

Двуглавая экструзивная подводная гора пересечена ПР 20а, 21 в нижней части кунаширского блока охотской окраины (рис. 1, 4). Ее высота достигает 2100 м при глубине седловины 800 м и диаметре основания около 25 км. Экструзивную природу горы фиксируют подъем контрастных неоген-четвертичных осадков с утонением на ее склонах (особенно

четко это видно слева) и последующее замещение осадков роговообманковыми дацитами в их средней части и на вершинах [Корнев и др., 1982]. Авторы работы отмечают сходство этой горы с плиоцен-четвертичными дацитовыми куполами на западном побережье Кунашира в зоне Западно-Кунаширского глубинного разлома. Отметим также, что на севере Кунашира находятся действующие вулканы Руруй и Тятя. Как и на рис. 2, 3, здесь отсутствуют признаки вулканической (эксплозивной) деятельности и субвулканические интрузии. В этом примере важно обратить внимание на тонкую расслоенность кайнозойского осадочного чехла, возникающую по данным М.П. Антипова [1987] при аккумуляции осадков на подводных склонах крутизной менее 2°. Следовательно, приходим к выводу, что конседиментационное внедрение дацитов в осадочный чехол началось еще в подводном тыловом прогибе, позднее (в плейстоцене [Курильские..., 2004]) инверсированном с образованием Большой Курильской гряды. Особо выделим разновысотность этой горы по левому и правому склонам, достигающую почти

ЭКСТРУЗИИ ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ

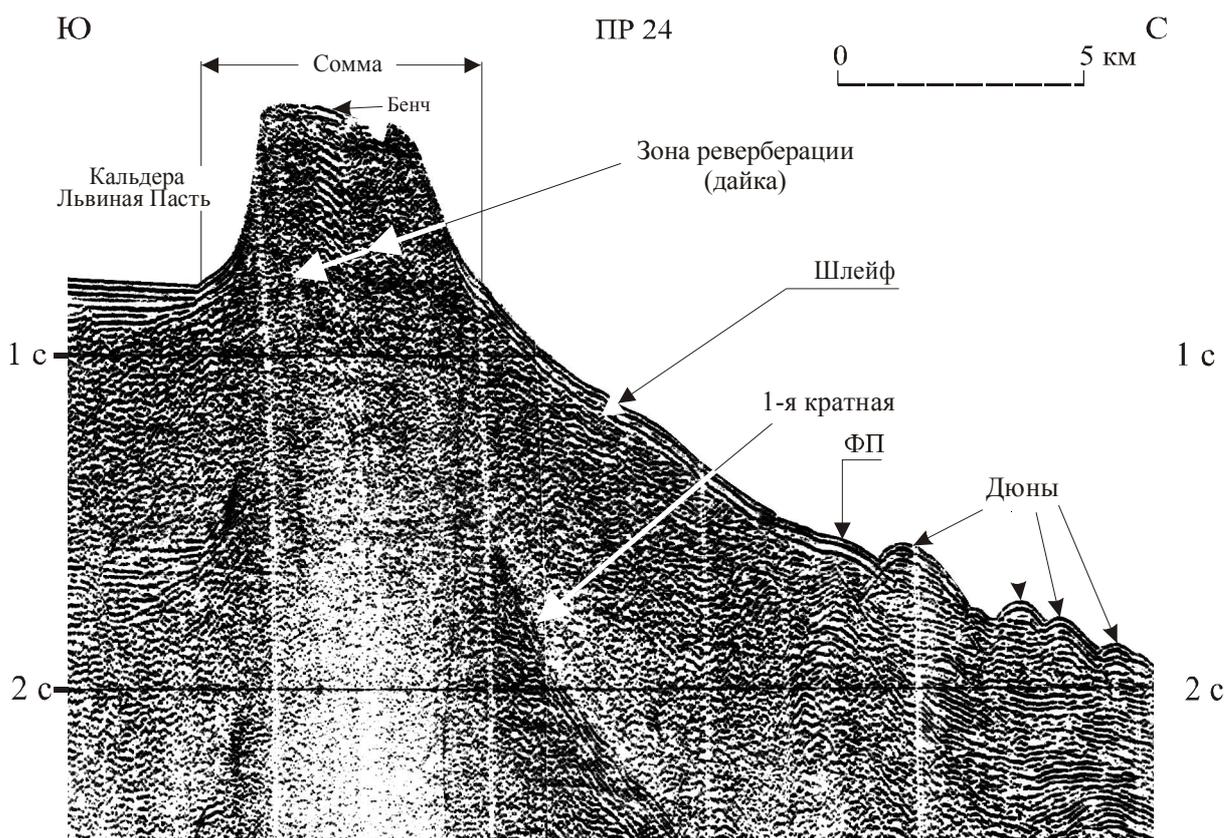


Рис. 5. Кальдера Львиная Пасть и верхняя часть охотской окраины на ПР 24.

ФП – фациальный переход от косослоистых сейсмофаций направленного взрыва к морскому олигоцен-четвертичному осадочному чехлу.

1 км, которая характерна для большинства конических гор и холмов охотской окраины Курильской дуги, но пока не получила какого-либо объяснения [Геолого-геофизический..., 1987; Подводный..., 1992; Новейший..., 2005, и др.].

Итак, в строении охотской окраины Курильской дуги профили НСП 21 рейса НИС «Пегас», пожалуй впервые зафиксировали широкое развитие молодых (плиоцен-четвертичных по О.С. Корневу и др. [1982] или поздний миоцен-четвертичных по Ю.М. Ковтуновичу и др. [2004]), экструзивных образований (рис. 1, 4). В отличие от насыпных, лаво-шлаковых построек, они поднимают, прорывают и возможно замещают морской, олигоцен-четвертичный осадочный чехол, формируя конические холмы и горы, их кусты (массивы) и гряды (цепочки). Их широкое развитие на охотской окраине [Геолого-геофизический..., 1987; Подводный..., 1992, и др.] позволяет предполагать, что инверсия тылового прогиба и образование вулканической дуги в плейстоцене [Курильские..., 2004], хотя бы отчасти обусловлены внедрени-

ем крупных объемов вязких, в основном, кислых, лав. По времени образование вулканической дуги видимо коррелирует с региональным среднечетвертичным-голоценовым надвигом внешней дуги по сейсмофокальной зоне Заварицкого-Беньофа (шарьяж Пегаса с аккреционной призмой и Курильским рамповым желобом во фронте [Ломтев, 1989; Ломтев, Патрикеев, 1985, 2006]). Авторы крупной сводки [Подводный..., 1992], опираясь на данные по геобарометрии включений в кислых лавах (флогопит), драгированных с подводных гор охотской окраины, указывают на их выплавку близ кровли сейсмофокальной зоны, располагающейся здесь на глубинах 160-195 км, т.е. в верхней мантии. Отсюда заключаем, что описанные выше экструзивные образования можно считать плюмами. Однако, если их подъем происходил со скоростью 1-2 мм/год, характерной для магматических диапиров [Кукал, 1987], то выплавку вязких кислых лав и, следовательно, сейсмофокальную зону приходится датировать мезозоем, что является крупной проблемой в геоло-

гии позднекайнозойского вулканизма Большой Курильской гряды [Геолого-геофизический..., 1987; Ковтунович и др., 2004]. Выход из нее видится в том, что подъем кислых лав, вероятно неодновременный, происходит в недрах с большей скоростью, возможно за счет их флюидонасыщенности и смешения с менее вязкими лавами. Иначе говоря, скорости роста диапиров в сводке Зд. Кукала характерны для приповерхностных условий.

Кальдера Львиная Пасть

Известная вулканоструктура размером 7 × 9 км и глубиной около 1 км на ЮЗ побережье о-ва Итуруп (Большая Курильская гряда), имеющая в плане форму овала или подковы, открытой к северу в Охотское море (удачное авиафото в [Курильские..., 2004]). Формирование кальдеры связывали с направленным взрывом [Горшков, 1967] или провалом над выработанным магматическим очагом в верхней коре [Мархинин, 1968; Бондаренко, 1991]. Она сложена среднечетвертичными андезито-базальтами богатыйского комплекса с тонкими прослоями пирокластики [Курильские..., 2004]. Однако ее глубина нуждается в уточнении, поскольку варьирует от 503-504 (см. литературу) до 557 м [Карта..., 1998] и ~ 580 м на ПР НСП 24 (рис. 5). Последний пересек всю охотскую окраину и закончен в кальдерной бухте Львиная Пасть с входным кекуром Камень-Лев [Красный и др., 1981]. В этом районе, в структуре охотской окраины, четко выделяются пологое аккумулятивное подножие на глубинах 3000-3300 м, два крутых, нижний и верхний, уступа и ступень между ними, формирующие охотский континентальный склон Курильской дуги, а также узкий (2,5 км) абразионный шельф (бенч) на глубине 160 м (вершина соммы) и плоское дно кальдеры [Геолого-геофизический..., 1983]. Нижний уступ на глубинах 1500-3000 м образует молодой ретронадвиг в подошве склона, падающий под дугу и надежно заверенный региональным ПР МОГТ 1620 треста «Дальморнефтегеофизика», следующим севернее через пролив Фриза [Чуйко и др., 1988]. В средней части склона на глубинах 1500-1700 м выделяется почти плоская ступень шириной 11 км, в которую врезан каньон пролива Екатерины глубиной 100 м. Ступень подстилает та же контрастная осадочная толща, но смятая здесь в мелкие складки. Выше находится верхний, крутой

(~ 10°) уступ или верхний склон с заметным перегибом на глубине 640 м, который одновременно является северным или внешним склоном соммы кальдеры (рис. 5). Столь же крут и внутренний, южный склон соммы, опирающийся на почти плоское, аккумулятивное дно кальдеры.

В строении дна на ПР24 выделим шероховатые (взрывные) контрастные сейсмофации вулканитов, драпированные маломощной (~ 120 м) линзой морских осадков. Их слои с утонением и выклиниванием поднимаются на склоны соммы. На ее вершине (шельф) шероховатые сейсмофации частично абрадируются (бенч). Мористее, уже на северном склоне соммы, на расстоянии 15 км они замещаются контрастными косослоистыми сейсмофациями направленного взрыва с угловым несогласием в подошве, сходными со строением выбросов вулкана Камень [Ермаков, 1969]. Заметим, что ранее это поле вулканитов уже было выделено и картировано по данным НСП В.И. Бондаренко [1991]. Косослоистые вулканиты перекрыты маломощным (до 30 м) осадочным шлейфом продуктов абразии вершины соммы, который протягивается от бровки до перегиба верхнего склона на глубине 640 м, где вулканиты замещаются морскими осадками верхней контрастной толщи. Их контакт также маркируют небольшие асимметричные дюны (осадочные волны), связанные с придонными, вероятно приливо-отливными, течениями из пролива Екатерины.

До взрыва, вероятно аналогичного взрыву экструзивного вулкана Кракатау на севере Зондской островной дуги в 1883 году, на месте кальдеры располагался экструзивный палеовулкан (курильский Кракатау). Для определения времени его взрыва отправными точками стали согласованные по массовым радиоизотопным и биостратиграфическим датировкам начало вулканизма на о-ве Уруп в позднем (10,5-11 млн. лет) миоцене [Ковтунович и др., 2004; Курильские..., 2004], и предположение [Селиверстов, 1987], что продукты островодужного вулканизма в основном обусловили акустическую контрастность верхней, поздний миоцен-четвертичной, толщи Южно-Охотской котловины [Тектоника..., 2004; Ломтев, Патрикеев, 2006]. При мощности последней на подножии, в начале ПР 24, 1650 м (рассчитана при средней скорости продольных волн 1800 м/с) скорость ее аккумуляции составит 150 м/млн. лет.

Полагая, что морские осадки во взрывной воронке отлагались с той же скоростью, приходим к выводу, что их возраст в подошве составит 0,8 млн. лет (средний плейстоцен), что соответствует среднечетвертичному возрасту андезито-базальтов цоколя этого вулкана, установленному Ю.П. Ковтуновичем с коллегами по материалам последней геологосъемки [Курильские..., 2004].

Заметим, что судя по очертаниям поля выброса вулканитов и его протяженности на охотскую подводную окраину (рис. 5; [Бондаренко, 1991]), взрыв экструзивного вулкана Львиная Пасть вполне мог вызвать крупное палеоцунами в Охотском море, по аналогии со взрывом вулкана Кракатау, (до 30-40 м, по данным С.Л. Соловьева и Ч.Н. Го [1974]).

Особо отметим вертикальную зону реверберации сейсмического сигнала под бенчем, представленную системой слегка наклонных к северу, параллельных, непротяженных контрастных отражений, «уходящих» на глубину. Они аналогичны плоскопараллельным контрастным отражениям зон реверберации на магаданском шельфе Охотского моря на ПР МОГТ 1632, связанным с Кони-Пьягинской и Магаданской мегадайками [Ломтев и др., 2006]. Реверберация обусловлена внедрением средне- или высокоскоростных пород (дайка) в контрастные вулканиты (ПР 24) или морские осадки (магаданский шельф) с их выходом под дно, возможно, абразионным срезом и тонкой (первые метры) валунно-галечной отмосткой в кровле, когда возникает резкий перепад скорости распространения Р-волн от 4-5 км/с в магматитах до 1,5 км/с в воде. В соответствии с современной топографией этого района [Геолого-геофизический..., 1983], приходим к выводу, что кольцевая дайка в среднем плейстоцене-голоцене сформировала экструзивную сомму и собственно кальдеру Львиная Пасть. При этом скорость ее консолидационного внедрения по периметру взрывной воронки составила 1,25 мм/год [Ломтев, Патрикеев, 2006], что объясняет спокойное залегание поствзрывных, морских осадков на их крутых склонах, отсутствие крупных (до 1 км) краевых сбросов, предполагавшихся В.И. Бондаренко [1991], и молодой, явно голоценовый, геоморфологический облик. Отметим, что скорость внедрения вязких магм кольцевой дайки согласуется с данными Зд. Кукала [1987] по скорости роста магматических диапиров (см. выше). С учетом местоположения кальдеры можно предполагать более широкое участие

кислых, вязких магм в строении островных вулканов Большой Курильской гряды.

Заключение

Суммируя материалы непрерывного сейсмического профилирования методом отраженных волн, полученные в 21 рейсе НИС «Пегас»-1980 по югу охотской подводной окраины Курильской островной дуги и прилегающему ложу Южно-Охотской батинальной котловины, и их геологическую интерпретацию, выделим широкое развитие молодых, поздний миоцен-четвертичных, экструзий (плюмы, экструзивные купола или магматические диапиры), формирующих экструзивные конические горы и холмы. Особо отметим кольцевую, абрадированную на уровне шельфа (бенч), дайку вязких, вероятно кислых, магм. Она сформировала экструзивную сомму и собственно кальдеру Львиная Пасть на ЮЗ побережье о-ва Итуруп в среднем плейстоцене-голоцене по периметру взрывной воронки, оставшейся от экструзивного палеовулкана (курильский Кракатау), уничтоженного направленным взрывом к северу примерно 0,8 млн. лет назад. Следовательно, можно говорить о новом типе молодых подводных магматических (вулканических) образований в тылу Курильской, Японской и возможно других фронтальных вулканических дуг Пацифики, связанных с внедрением кислых, вязких магм в кайнозойский осадочный чехол.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность ведущему инженеру Лаборатории сейсмических методов исследований ИМ-ГиГ ДВО РАН С.А. Антипову за компьютерную подготовку представленных в статье сейсмических материалов.

Список литературы

- Антипов М.П.* Тектоника неоген-четвертичного осадочного чехла дна Японского моря. М.: Наука, 1987. 87 с.
- Безруков П.Л., Зенкович Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б.* Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Тр. Лаб. вулканологии АН СССР. Вып. 3. 1958. С. 71-88.
- Бондаренко В.И.* Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 44-53.
- Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.

- Гориков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- Затонский Л.К., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б.* Геоморфология подводной части Курило-Камчатской дуги // Океанологические исследования. № 3. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 124-136.
- Ермаков В.А.* Отложения направленного взрыва вулкана Камень // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 82-93.
- Карта «Курильские острова» масштаба 1 : 1 000 000 // Карта «Сахалинская область» масштаба 1 : 500 000. М.: Роскартография, 1998.
- Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Арутюнян Е.В.* Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным К-AR датирования и диатомового анализа // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 6. С. 32-44.
- Корнев О.С., Неверов Ю.Л., Остапенко В.Ф. и др.* Результаты геологического драгирования в Охотском море на НИС «Пегас» (21 рейс) // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 36-51.
- Красный М.Л., Неверов Ю.Л., Корнев О.С. и др.* Геологическое строение фундамента обрамления Охотоморской котловины по результатам 21 рейса НИС «Пегас» (препринт). Южно-Сахалинск: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1981. 20 с.
- Кукал Зд.* Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.
- Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное изд-во, 2004. 227 с.
- Ломтев В.Л.* Методы датирования глубоководных желобов // Геология дна Тихого океана и зоны перехода к Азиатскому континенту. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1989. С. 105-111.
- Ломтев В.Л.* Новые данные о строении котловины и трога Уллындо (Японское море) // Строение земной коры и перспективы нефтегазоносности в регионах северо-западной окраины Тихого океана. Т. 2. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000. С. 54-74.
- Ломтев В.Л.* Плюмы котловины и трога Уллындо (Японское море) // Геодинамика, магматизм и минерализация континентальных окраин Севера Пацифики. Т. 1. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 204.
- Ломтев В.Л., Гуринов М.Г., Патрикеев В.Н., Агеев В.Н.* Новые данные о строении дна Охотского моря вдоль профиля МОГТ 1632 (Северные Курилы-поднятие Кони) // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2006. С. 150-152.
- Ломтев В.Л., Жигулев В.В., Патрикеев В.Н., Кочергин Е.В.* Охотия // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-Западной Тихоокеанской плиты. Т. 1. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. С. 224-225.
- Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н.* Сейсмические исследования ИМГиГ ДВО РАН в Северо-Западной Пацифике (1980-2005гг.) // Вестник ДВО РАН, 2006. № 1. С. 59-66.
- Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н.* Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.
- Мархинин Е.К.* Роль вулканизма в формировании земной коры. М.: Наука, 1968. 254 с.
- Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.
- Остапенко В.Ф.* Подводные вулканы прикурильской части Охотского моря и их значение для понимания новейшей истории региона // Докл. АН СССР. 1978. Т. 242. № 1. С. 168-171.
- Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.
- Савостин Л.А., Баранов В.В., Зоненшайн Л.П.* О возможной природе подводных гор Курильской глубоководной впадины Охотского моря // Докл. АН СССР. 1978. Т. 242. № 3. С. 676-697.
- Селиверстов Н.И.* Сейсмоакустические исследования переходных зон. М.: Наука, 1987. 113 с.
- Соловьев С.Л., Го Ч.Н.* Каталог цунами на западном побережье Тихого океана. М.: Наука, 1974. 309 с.
- Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток, 2004. 160 с.
- Чуйко Л.С., Савицкий В.О. и др.* Комплексные геофизические исследования в Охотском море (объект 11/86). Южно-Сахалинск: трест «Дальмор-нефтегеофизика», 1988. 217 с.
- Kimura G., Tamaki K.* Tectonic framework of the Kuril arc since its initiation // Formation of Active Ocean Margins / Ed. N. Nasu et al., Tokyo: Terra Sci. Publ. Company (TERRARUB), 1985. P. 641-676.

*Рецензенты доктор геол.-мин. наук М.П. Антипов,
доктор геол.-мин. наук В.С. Дружинин*