

В.Л. Ломтев, В.Н. Патрикеев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

НОВЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ ПОДВОДНЫХ КОНИЧЕСКИХ ГОР И ХОЛМОВ У ПОДНОЖИЯ ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ (ПО ДАННЫМ НСП)

Рассматриваются результаты интерпретации данных непрерывного сейсмического профилирования (НСП) 21 рейса НИС «Пегас»-1980 о строении подводных конических гор и холмов у подножия охотской окраины Курильской дуги. Они представляют собой экструзивные купола (вулканы) или магматические диапиры с мощными осадочными шапками контрастных (верхняя толща) и прозрачных (нижняя толща) отложений кайнозойского чехла. Их формирование происходило в кайнозое, в основном, в плиоцен-четвертичное время и было связано с внедрением вязкой магмы в осадочный чехол. Обнаружены также несколько небольших, обычно погребенных куполов с уплощенной подошвой, связанных с внедрением жидкой магмы в чехол (лакколиты или субвулканы). Затронуты также вопросы терминологии, географии, истории подводного вулканизма в регионе и его связи с зоной Беньофа.

Ключевые слова: *окраина, подводные конические горы и холмы, экструзивный купол, магматический диапир, лакколит.*

Введение

Строение подводных конических гор и холмов, частью погребенных, охотской окраины Курильской островной дуги или ее Западной зоны [1] и прилегающей Южноохотской (Курильской) батинальной котловины изучается геолого-геофизическими методами (промер, драгирование, грави- и магнитометрия, НСП, МОГТ) с 50—70-х годов прошлого века [2—9]. Многие горы получили собственные имена (Фриза, Горшкова,...), другие — цифровые («162 м», 6.1,...). Они бывают одиночные и многовершинные, формируют цепочки и горные массивы [7, 8]. Их высота по Г.У. Менарду [10] превышает 1 км.

М.Х. Лившиц [11] погребенные купола на востоке впадины Дерюгина считал магматическими диапирами, а развитие здесь инициального магматизма (субвулканы, интрузии) связывал с

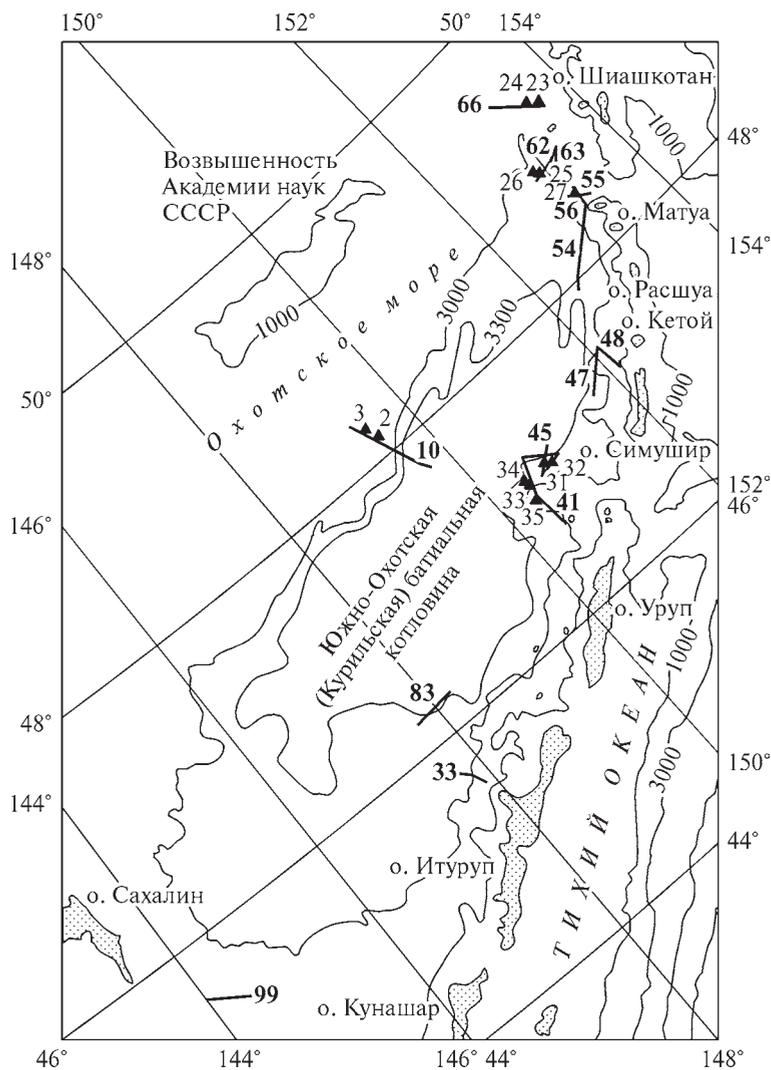


Рис. 1. Батиметрическая карта региона с положением профилей НСП и близлежащих станций драгирования (черные треугольники) 21 рейса НИС «Пегас»-1980 [20]. Изобаты в метрах

растяжением коры. Г.С. Гнибиденко [12] рассматривал конические горы Охотского моря как выступы акустического фундамента, сложенного мезо-палеозойскими вулканогенно-осадочными породами. Вместе с тем он отметил, что «...некоторые выступы фундамента в чехле выглядят как диапиры» (с. 45). Диапировая природа нескольких гор (экструзивные купола или вулканы) позднее поддержана данными драгирования и НСП [6, 13—15; наст. ст.]. Она опознается по подъему, протыканию и возможно замещению кайнозойского чехла магмой, отсутствию вершинных кратеров и контрастных потоков лавы на подножии. Так, экструзивным вероятно является вулкан Белянкина, сложенный с поверхности оливиновыми базальтами и по данным НСП прорывающий кайнозойский чехол [16].

Большинство исследователей считают конические горы и холмы региона молодыми подводными вулканами [5, 8, 17, 18], т.е. аккумулятивными лавошлаковыми постройками, как и конические горы, гайоты и абиссальные холмы ложа Пацифики [Менард, 1966]. Некоторые авторы отстаивают их субаэральную природу и последующее затопление в квартере [4, 14, 19].

Итак, на строение и генезис конических гор и холмов исследуемого региона высказаны различные, частью альтернативные, взгляды. Их увязывают с геологией и историей вулканизма на Курилах и в Охотском море, тектоникой курильской секции зоны Беньофа — крупнейшего глубинного, магма- и сейсмоактивного разлома Земли. Данная работа в продолжение [15] также подготовлена по материалам НСП 21 рейса НИС «Пегас»-1980. Сейсмопрофилирование проводилось на частотах 80—100 Гц и 5—7-узловом ходу [6]. Сеть профилей неупорядочена [20], поскольку ориентирована на картирование выходов акустического фундамента на северном борту Южноохотской котловины и склонах гор и их последующее драгирование (рис. 1).

Профили НСП и их интерпретация

Конические горы. На профилях (ПР) НСП они выделяются контрастными вершинами без сколько-нибудь заметных кратеров и полупрозрачными вертикальными зонами под ними, гладкими склонами, сложенными тонкослоистыми контрастными осадками (склоновый чехол) и иногда — осложненными боковыми конусами, сбросами или оползнями. У подошвы гор изредка можно встретить погребенные, возможно еще растущие, купола и оползни-потоки, выполняющие мелкие палеодепрессии. Новой и ключевой чертой строения изученных гор является склоновый чехол, прежде не описывавшийся исследователями (см. литературу). Он выделяется на профилях НСП в основном в нижней части горного склона и близ его основания. Кровля чехла является поверхностью локального углового несогласия, реже — сползания.

Одиночные горы на ПР 55,56. Один из лучших примеров склоновых чехлов дает небольшая (~1 км) коническая гора с прямыми (~10°), гладкими склонами и без вершинного кратера (если судить по 1-му кратному отражению) с диаметром основания 15 км. Она пересечена ПР 55 близ о. Райкоке (рис. 1, 2). Ее склоны и вершину слагают тонкослоистые осадки верхней контрастной толщи кайнозойского чехла Южноохотской котловины (склоновый чехол) видимой мощность до 1,0—1,5 с, залегающие параллельно склону (см. ПР 83 на рис. 2 [5]). С глубиной и без видимого стратиграфического контакта их замещают прозрачные осадки нижней толщи чехла. Т.е., эта гора является молодым постседиментационным экструзивным куполом (магматический диапир), связанным с внедрением вязкой магмы в чехол. Однако контрастная кровля ядра протыкания не наблюдается на ПР 55, то есть залегает глубже, за пределами регистрации отраженных волн. Если заложить скважину глубиной 1—2 км на вершине горы, то она вскрыет только осадки кайнозоя (осадочная шапка экструзивного купола). При драгировании горы весь поднятый обломочный материал независимо от состава и окатанности окажется аллохтонным (ледовый разнос). Выделим гладкость ее склонов как диагностический признак осадочных шапок экструзивных куполов (глина в трех драгах [20]) в сравнении с явно шероховатыми склонами вулканических построек, например Крылатки [21].

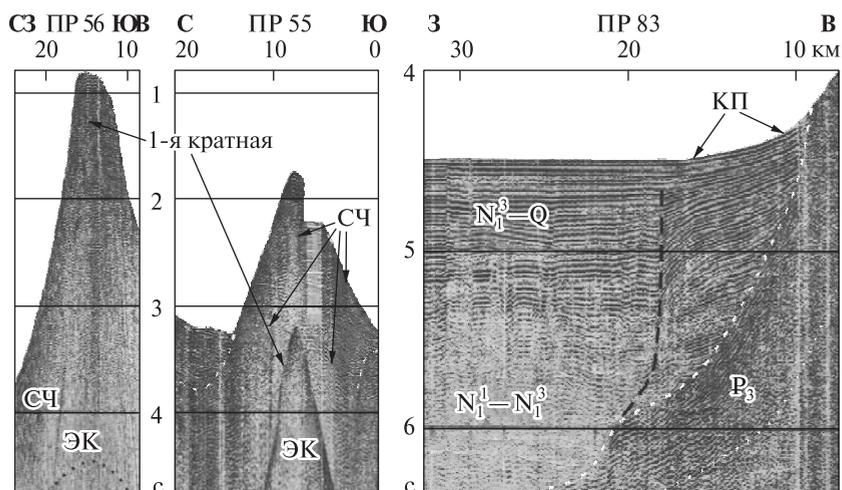


Рис. 2. Профили НСП 55, 56 и 83 через одиночные экструзивные купола (ЭК) с мощными осадочными шапками и стратиграфия кайнозойского чехла и кровли акустического фундамента (АФ): СЧ — склоновый чехол, КП — континентальное подножие, пунктир — поверхность несогласия, точки — кровля ядра протыкания; пунктир со стрелкой — сброс и направление смещения по нему. Вертикальный масштаб здесь и на рис. 3—8 в секундах двойного пробега, горизонтальный масштаб — в километрах

В контексте работы отметим, что контрастность верхней толщи (1—2 км) кайнозойского чехла Южноохотской котловины и охотской окраины Курильской дуги по Н.И. Селиверстову [22] связана с терригенными осадками и местной пирокластикой, включая размыв островных вулканов. Последние на Курилах, судя по массовому био- и радиоизотопному датированию вулканитов о. Уруп [23], появились в позднем миоцене (10,5—11,0 млн лет т.н.). Скорость ее накопления близ о. Итуруп достигает 100—200 м/млн лет [15]. Прозрачность нижней толщи (1—2 км) чехла вероятно олигоцен-среднемиоценового возраста (см. ПР 83 на рис. 2; [24—26]) может указывать на гемипелагический разрез или уплотнение тех же, вулканогенно-терригенных осадков, когда мощность пластов становится существенно меньше 1/4 длины волны, т.е. 3—4 м. Осветление разреза под контрастными вершинами гор отчасти вызвано дефокусировкой сейсмических волн, отраженных от неоднородностей под этими вершинами выпуклой формы.

Заключая описание горы на ПР 55, отметим несогласия в придонных контрастных осадках в ее основании. Так, несогласие справа вероятно связано с бортом палеодепрессии, частично инверсированной при образовании горы. Несогласие слева представляет собой обычное для подводных гор и холмов (палеорельеф) налегание осадков на их основание. Поскольку мощность осадков достигает 0,6 с (~0,5 км при скорости распространения продольных волн 1800 м/с), то полная высота горы, измеренная по северному (левому) склону, составит ~1,5 км. При скорости роста магматических диапиров 1—2 мм/год [27] ее возраст составит 0,75—1,5 млн лет (ранний-средний плейстоцен). Если его определять по скорости накопления придонных осадков (100—200 м/млн лет), налегающих на ее северное основание, то он окажется несколько древнее (средний-поздний плиоцен).

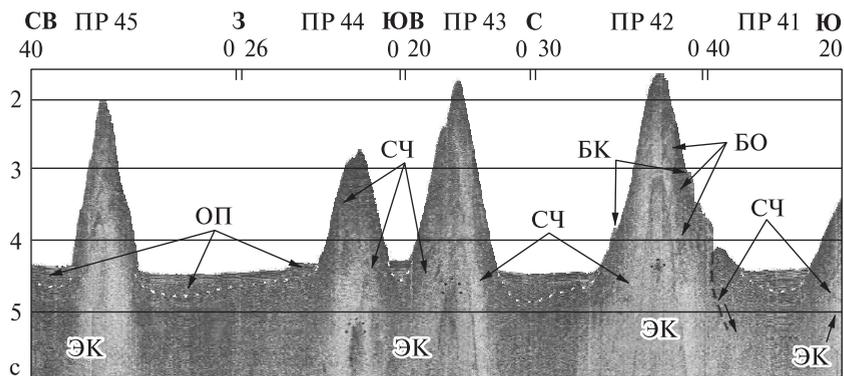


Рис. 3. Профили НСП 41—45 вдоль цепочки гор: БК — боковые, вероятно экструзивные, конусы, БО — боковые отражения, ОП — небольшой оползень у подошвы горы справа и оползни-потоки; другие обозначения см. на рис. 2

Рядом с описанной находится одна из самых высоких конических гор охотской окраины Курильской дуги, пересеченная ПР 56 лишь частично (из-за технических сбоев). На представленном фрагменте сейсмопрофиля ее высота превышает 2,3 км (рис. 1, 2). Гора имеет форму правильного стратовулкана, но без вершинного кратера, с гладкими вогнутыми склонами, имеющими вид логарифмической кривой [1]. Уплощенная, возможно абрадированная, вершина (бенч гайота) диаметром около 2 км сложена контрастными осадками, залегающими горизонтально. На левом склоне горы прослежен тонкослоистый склоновый чехол видимой мощностью ~1 с, слои контрастных осадков которого залегают параллельно дну (склону). Привершинная часть горы имеет контрастный облик, а подстилающий ее разрез — полупрозрачный. Т.о. эта коническая гора (гайот) является осадочной шапкой молодого экструзивного купола (магматического диапира), связанного с внедрением вязкой магмы в чехол. Фрагмент кровли его ядра протыкания намечается на пикете 17 км, где на времени 4.7 с, т.е. на глубине 2,5 км под дном, примерно равной мощности кайнозойского чехла в Южноохотской котловине [9, 12], появляются слабоконтрастные прерывистые отражения. Время образования купола можно грубо оценить поздним плиоценом-ранним плейстоценом по скорости роста магматических диапиров [27] или кривой палеоглубин Пацифики с задержкой уровня на отметке «–1 км» в позднем миоцене-раннем плейстоцене [28].

Цепочка гор. Рассмотрим особенности строения цепочки одиночных и одной двойной (вулкан Обручева [6, 20]) конических гор на ПР 41—45 у подножия охотской окраины Курильской дуги к северу от о. Броутона (рис. 1, 3). Высота гор превышает 1—2 км, диаметр основания 15—30 км, а наклон их склонов достигает ~15°. Ключевым элементом их строения также являются склоновые чехлы гор, кроме самой северной (ПР 45), которые непрерывно прослеживаются через седловины. Здесь их кровля является поверхностью углового несогласия в подошве межгорных придонных линз контрастных осадков мощностью 0,2—0,4 с (~0,2—0,4 км при скорости распространения продольных волн 1800 м/с), залегающих горизонтально. На эту же величину соответственно увеличивается и полная высота гор. На всех профилях склоновые чехлы прослеживаются до вер-

шин в виде расслоенных параллельно дну осадков в нижней и средней частях склона и хаотично расслоенного контрастного чехла в привершинной части гор. Поэтому, как и в первом случае, констатируем молодой, постседиментационный возраст экструзивных гор этой цепочки, возникших при внедрении вязкой магмы в кайнозойский чехол.

Отметим, что чехол поднимается на склоны гор без изменения мощности и даже с сохранением числа фаз. Однако на временном разрезе он выглядит более тонкослоистым, что создает впечатление об ином характере его расслоенности и мощности. Такое различие в отображении одного и того же чехла в межгорных впадинах и на склонах гор возникает из-за особенностей распространения волн в горизонтально и наклонно слоистых средах и их регистрации на временных разрезах. Так, в этих средах приемными устройствами регистрируются отраженные волны, распространяющиеся перпендикулярно границам, а время их прихода на временных разрезах откладывается по вертикали. В связи с этим на временных разрезах происходит смещение границ наклонных пластов относительно горизонтальных вверх и вниз по падению. Такое смещение наклонных границ получило название «сейсмический снос». Но кроме этого возникает сжатие пачки наклонных пластов на величину $\sigma = 2H(1 - \cos\alpha)/V$, где H — мощность пачки, α — угол падения пластов, V — пластовая скорость. На это сжатие наклонных пластов интерпретаторы обычно не обращали внимание. Но оно приводит не только к изменению характера слоистости, а при значительных углах падения — и полной потере фазовой корреляции даже плоскослоистой толщи.

Утонение (в 1,5–2 раза) слоев верхней толщи, залегающих под поверхностью несогласия, в направлении горы на ПР 45 фиксирует конседиментационный режим внедрения вязкой магмы в чехол. Глубина залегания кровли ядра протыкания и здесь видимо превышает 1–2 км, кроме южной горы (вулкан Вавилова [6, 20]) с несколькими боковыми, вероятно экструзивными, конусами (в основном на южном). На ПР 41 в прозрачном разрезе под ее вершиной на уровне 4,3 выделяется локальное контрастное пятно, возможно намечающее кровлю ядра протыкания.

О возрасте гор можно судить по средней скорости роста магматических куполов 1–2 мм/год и скорости осадконакопления 100–200 м/млн лет осадков межгорных линз (см. выше). В первом случае он составит 0,5–3,0, во втором 1–4 млн. лет, что близко радиоизотопным датировкам вулканитов (0,9–4,1 млн лет), драгированных с гор Курильской котловины [29].

Вместе с тем на ПР 83, 62, 63 есть и более древние формы (рис. 1, 2, 4). Так, на ПР 83 склоновый чехол предмиоценовой горы (палеорельеф) слагают олигоценные морские отложения, а подстилающий их акустический фундамент — субаэральные меловые траппы Охотии [30], если ориентироваться на данные бурения в Североохотском прогибе [25]. Другой пример дают ПР 62, 63 через сложнопостроенный, двухвершинный холм или полупогребенную гору (рис. 4). На его склоны налегают кайнозойские осадки мощностью 1,5 с или ~1400 м при скорости распространения продольных волн 1800 м/с. С учетом скорости накопления контрастных осадков этот холм можно датировать средним-поздним миоценом.

Подытоживая, кратко остановимся на ПР 66 и 47, 48 (рис. 1, 4, 5). Первый пересек один из конусов двойной конической горы высотой около 1,8 км в прогибе Атласова к северо-западу от о. Шиашкотан. Он имеет контрастный разрез,

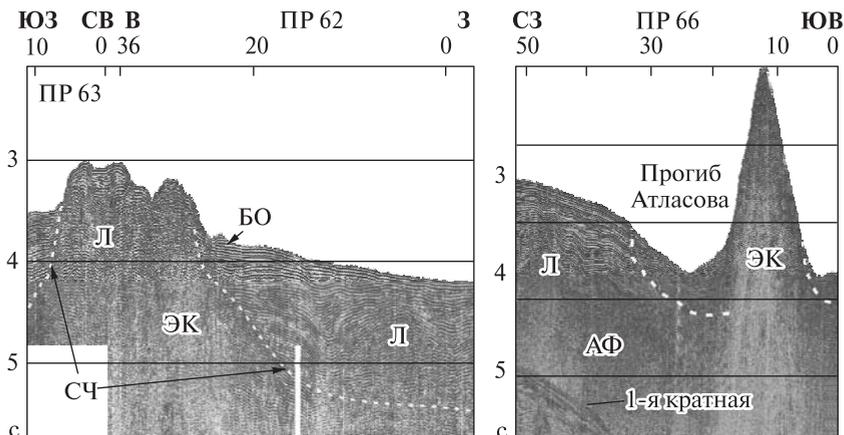


Рис. 4. Профили НСП: а — 62, 63 через лакколиты (Л); б — 66 через один из конусов двойной экструзивной горы в прогибе Атласова. Другие обозначения см. на рис. 2

полупрозрачную вертикальную зону под ним и относительно гладкие склоны. В основании северо-западного (левого) склона на него с утонением поднимаются слои осадочного выполнения прогиба или его коррелятный комплекс, ограниченный угловым несогласием в подошве. Мощность комплекса или склонового чехла этой горы достигает 0,6 с (~0,5 км при скорости распространения продольных волн 1800 м/с). У подошвы юго-восточного (правого) склона склоновый чехол, напротив, драпирован контрастными осадками придонной линзы мощностью 0,4 с или ~0,35 км, залегающими почти горизонтально и с угловым несогласием в подошве. Следовательно, этот конус также является экструзивным куполом (магматический диапир) с мощной осадочной шапкой, возникший благодаря конседиментационному внедрению в кайнозойский чехол вязкой магмы. Рост купола прекратился (палеорельеф), поскольку его возраст, рассчитанный по скорости роста магматических диапиров (см. выше), достигает 0,9—1,8 млн лет (поздний плиоцен-средний плейстоцен). Если его определить по скорости накопления контрастных осадков придонной линзы (см. выше), то он возрастет до 1,75—3,5 млн лет (поздний плиоцен).

ПР 47,48 близ северной оконечности о. Симушир пересекли край горного массива в основании охотской окраины Курильской дуги (рис. 1, 5). Он образован группой конических гор и холмов. На ПР 47 выделим молодую и возможно еще растущую слепую экструзию вязкой магмы близ пикета 50 км, заметное (почти вдвое) различие в высоте внешнего склона массива и конической горы у его края в сравнении с высотой склонов внутренних конусов. Диаметр основания горы достигает 23 км, высота ~2 км, крутизна внешнего склона ~11°. У подошвы последнего склоновый чехол драпирован придонными контрастными осадками мощностью 0,5 с, или ~0,5 км, залегающими субгоризонтально и с угловым несогласием в подошве. Гора имеет контрастную, возможно абрадированную, вершину и гладкие, отчасти разнонаклонные, склоны (ниже уровня 3 с, или 2250 м). По аналогии с предыдущими примерами ее можно считать осадочной шапкой экструзивного купола (магматический диапир), связанного с внедрением в чехол вязкой магмы. Два конуса в пределах горного массива на ПР 48

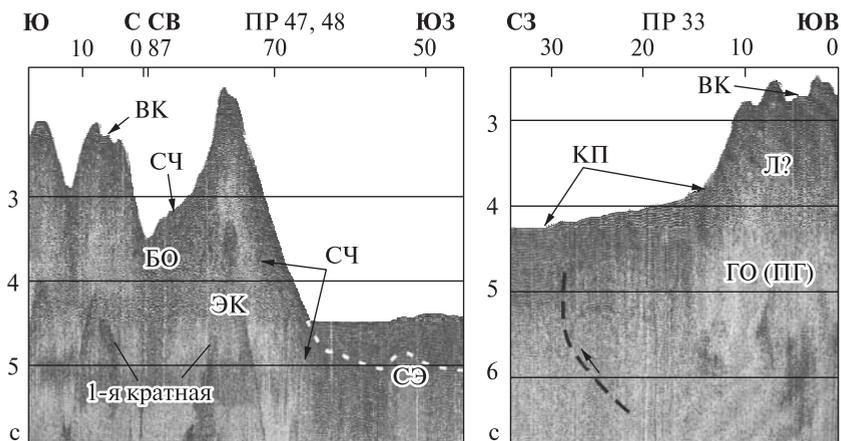


Рис. 5. Профили НСП: а — 47, 48 и 33 через край горного массива; б — 33 через одиночный лакколит: ВК — вершинный кратер, СЭ — слепая экструзия, ГО (ПГ) — возможно газовое окно или парогидротермы, пунктир со стрелкой — подошвенный надвиг и направление смещения по нему; другие обозначения см. на рис. 2

также имеют контрастные вершины и гладкие склоны (осадочные шапки экструзивных куполов). Вершинный кратер на одном из них, возможно, связан со сползанием осадков, локализованных в межгорной депрессии, возможно, на ее противоположном и более пологом склоне.

Подытоживая, выделим отсутствие в строении склоновых чехлов и подстилающего кайнозойского чехла в окрестности гор контрастных лавовых потоков и крупных выбросов пироклаستيку с шероховатыми сейсмофациями, известных по данным НСП в работах [22, 31] соответственно. Следовательно, внедрение вязкой магмы в чехол близ подножия охотской окраины Курильской дуги происходило относительно спокойно.

Лакколиты (субвулканы). Широко известны в континентальной геологии, имеют много определений и связаны с внедрением жидкой магмы в осадочный чехол, в котором формируют антиклинальные (купольные) структуры [32]. Однако в геологическом строении дна океана пока не известны (см. литературу и ссылки в ней).

В исследуемом регионе лакколиты предполагаются на ПР 62, 63 и 66 к югу и северу от о. Чиринкотан (рис. 1, 4). Так, на ПР 62 лакколит представляет собой небольшой погребенный купол между пикетами 0—10 км с вершиной на глубине 4,6 с. Его субгоризонтальную подошву на уровне ~5,2 с маркируют непротяженные контрастные отражения в кайнозойском чехле. Тело лакколита выделяется по сложному волновому полю с микродифракциями и подъемом вмещающих отложений (брахиантиклиналь). Таким образом, этот небольшой купол близок по своему строению к определению лакколита А.М. Даминовой, имеющего «...плоское основание и куполообразный верх» [32, с. 39]. С учетом молодого возраста вмещающих осадков его предварительно можно считать позднечетвертичным.

Гораздо более крупный лакколит или возможно их группа (куст) формирует левую и возможно правую вершины почти погребенной под осадками средне-позднемиоценовой конической горы на ПР 62, 63. Ее экструзивную (магмати-

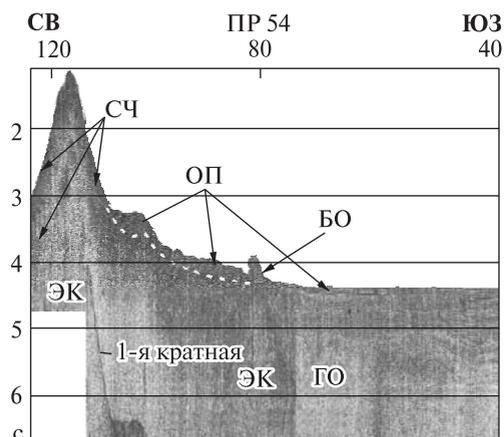


Рис. 6. Фрагмент профиля НСП 54 через блоковый оползень в основании экструзивной горы и оползень-поток на ложе Южно-охотской котловины. Другие обозначения см. на рис. 2, 3, 5

жидкой магмы. Признаками последней являются контрастный осадочный разрез с непротяженными субгоризонтальными и наклонными отражающими площадками под двухкупольной вершиной этой горы.

Погребенный лакколит шириной около 4 км обнаружен на ПР 66 на вершине антиклинория Хельквиста (по И.К. Туезову) близ подошвы кайнозойского чехла. Внедрение жидкой магмы в чехол привело к появлению локального антиклинального изгиба слоев, почти достигающего дна (см. рис. 4). Гораздо более крупный лакколит можно видеть на этом же профиле в 40 км к северо-западу от описанного (см. [6, рис. 4]). Он находится на глубине около 2 км под дном в смежном прогибе с мощным (~3 км) чехлом контрастных (верхняя толща) и полупрозрачных (нижняя толща) кайнозойских отложений.

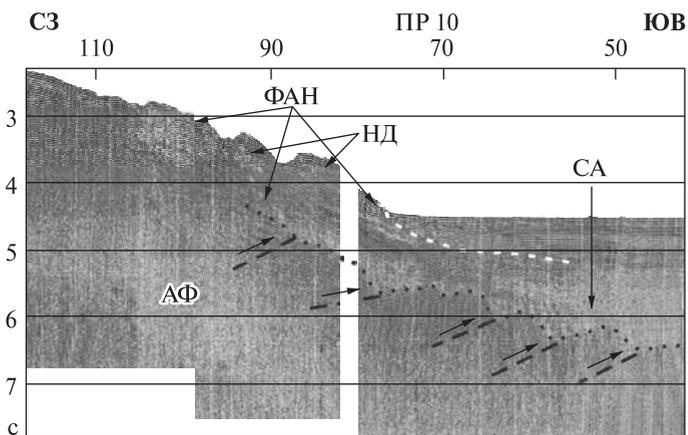
Один из наиболее сложных для геологической интерпретации конических холмов высотой примерно 1 км можно видеть на ПР 33 близ подножия охотской окраины о. Итуруп с молодым подошвенным надвигом (асимметричный вал в кайнозойских осадках на рис. 5). В структуре холма обращает на себя внимание усеченная и довольно неровная вершина (экструзивные конусы и вершинный кратер?), обширная прозрачная зона на глубине 4—6 с, наложенная на первую кратную и несколько смещенная к подножию охотского склона Курильской дуги, отсутствие склонового чехла, связанного с внедрением вязкой магмы в кайнозойский чехол (см. выше). Формирование прозрачной зоны помимо причин, отмеченных выше (нижняя прозрачная толща кайнозойского чехла и дефокусировка волн), здесь можно связывать с углеводородными газами (газовое окно) или парогидротермами в окрестности горячей интрузии. Т.о., этот холм можно вероятно считать крупным, молодым лакколитом или их кустом, венчающим подошвенный надвиг охотской окраины Курильской дуги.

Подытоживая, констатируем, что обнаружение куполов с уплощенным основанием и связанных с инъекциями жидкой магмы в кайнозойский чехол (лакколиты или субвулканы) независимо поддерживает правомерность выделения экструзивных куполов (магматических диапиров) с осадочными шапками, образованных при внедрении в чехол вязкой магмы.

Оползни и оползни-потоки. На склонах исследуемых конических гор у подножия охотской окраины Курильской дуги оползни развиты ограниченно. Так, на ПР 54 блоковый (структурный) оползень обнаружен на пологом (~1°) подножии

ческий диапир) природу подчеркивает склоновый чехол, угловое несогласие в его кровле и субвертикальная полупрозрачная зона под правой вершиной. Таким образом, в строении этого двухвершинного купола помимо внедрения вязкой магмы можно предполагать и внедрение или инъекцию(и)

Рис. 7. Фрагмент профиля НСП 10 через аккумулятивное подножие северного борта с фаном (конус выноса каньона) и прилегающее ложе Южноохотской котловины: **НД** — намывные дамбы, обваловывающие долины фана, **СА** — сквозная антиклиналь, пунктиры со стрелками — малоамплитудные надвиги акустического фундамента (**АФ**) и направленные смещения по ним



близ о. Матуа близ небольшой горы (рис. 1, 6). Его мощность не более 0,2 с (до 200 м) при протяженности 27 и перепаде глубин 0,7 км. Оползень выделяется по характерным шероховатым сейсмофациям (оползневые складки), залегающим на кровле склонового чехла (поверхность скольжения) и тыловой ступени. Оползневые массы по контрастности идентичны подстилающему склоновому чехлу и возможно связаны со сползанием его верхней части. Вместе с тем здесь мог сползти и осадочный покров (контуриты), сформированный контурным течением, выходящим из эрозионной депрессии прогиба Атласова (см. ПР 66 на рис. 4). У фронта блокового оползня на прилегающем ложе Южноохотской котловины обнаружена широкая (30 км) придонная линза вероятно оползневых осадков мощностью 0,1 с (до 100 м) с характерными шероховатыми сейсмофациями (оползень-поток, или деструктурный оползень [33]). Столь близкое соседство в плане оползня-потока и блокового оползня можно связывать с флюидизацией последнего при сходе.

Медленное сползание на подножии северного склона Южноохотской котловины с крупным фаном (конус выноса каньона с двумя долинами, обвалованными намывными дамбами) можно видеть на ПР 10 (рис. 1, 7). Его маркируют пологие малоамплитудные надвиги, формирующие ступенчатый профиль кровли акустического фундамента, сложенной породами позднего палеозоя-мела [9, 12]). К такому выводу приходим, если рассматривать надвиги как окончание ступенчатых сбросов на рис. 2 (поперечный профиль северного склона Курильской котловины в [34]). Фронт медленного сползания на ПР 10 вероятно маркирует сквозная антиклиналь в кайнозойском чехле, почти достигающая дна.

Медленное сползание осадочных масс можно предполагать и на охотской окраине, например, близ о. Итуруп, если асимметричную надвиговую антиклиналь шириной более 15 км в ее подножии трактовать как складку бортового отпора (ПР 33 на рис. 5).

Обсуждение результатов

Итак, конические горы и некоторые холмы у подножия охотской окраины Курильской дуги являются кайнозойскими, в основном плиоцен-четвертичными, экструзивными куполами (магматические диапиры) с мощными

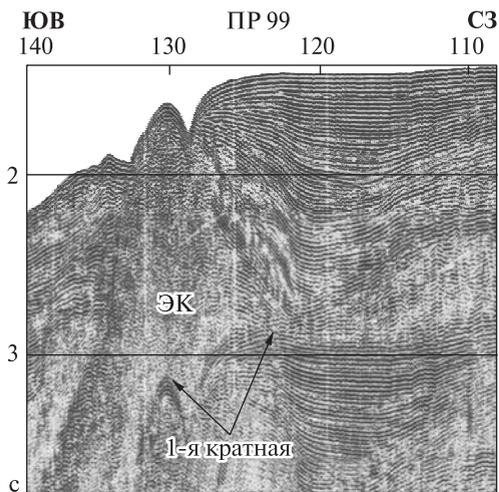


Рис. 8. Фрагмент профиля НСП 99 с небольшим экструзивным холмом на юго-восточной подводной окраине Сахалина

осадочными шапками (рис. 2—6). В отличие от лаво-шлаковых вулканических построек их формирование связано с внедрением в чехол вязкой магмы. Лучшим примером является купол на ПР 55, полностью сложенный кайнозойскими отложениями (рис. 2). Кровля ядер протыкания диапиров видимо достаточно заглублена ($>1-2$ км), но иногда опознается в прозрачной нижней толще чехла по контрастным, непротяженным отражениям (пят-

нам). Открытие осадочных шапок куполов позволяет осторожнее подходить к материалам драгирования и их трактовкам (выступы мезо-палеозойского фундамента), по возможности комплексируя их с данными НСП, МОГТ, грави- и магнитометрии. Можно ли считать исследованные конические горы и холмы экструзивными вулканами? Вероятно да, т.к. в их генезисе решающее значение имеет вязкая, куполоформирующая магма [35]. Независимо этот вывод поддерживают материалы морской геотермии, частью неопубликованные (к.г.-м.н. О.В. Веселов, ИМГиГ, личное сообщение, 2012), согласно которым на подводных горах охотской окраины Курильской дуги термоградиентометры без труда входили на 3—4 м в мягкие донные осадки (осадочные шапки). Измеренный теплоток оказался высоким, местами аномально высоким (346 и 323 мВт/м²с на хребте Гидрографов мористее о. Итуруп), но с резкими (до 38,5 мВт/м²с там же) перепадами от места к месту [7].

Небольшой конический холм высотой 0,2 и поперечником основания 4 км обнаружен на ПР 99 на юго-восточной окраине Сахалина (рис. 1, 8) с мощным, частью инверсированным, кайнозойским чехлом Южноохотской котловины [7]. Холм слагают контрастные осадки его верхней толщи со сложным (некоррелируемым) волновым полем (осадочная шапка). Его экструзивная природа определяется по постседиментационному подъему осадков. Вместе с погребенными горами в присахалинской части Южноохотской котловины [7, 17] этот пример расширяет географию подводного экструзивного вулканизма в всячем крыле зоны Беньофа до севера Японского моря (вулканическая провинция).

Оползневые процессы влияют не только на рельеф конических гор и холмов охотской окраины (рис. 5, 6). С ними вероятно связано формирование диагональных хребтов, надвигов (см. профиль МОГТ 1620 через пролив Фриза [24]), складок бортового отпора, опускание фундамента, прекращение роста экструзивных куполов (бескорневой палеорельеф).

Выводы

Итак, по данным НСП 21 рейса НИС «Пегас»-1980 конические горы и холмы у подножия охотской окраины Курильской дуги являются в основном экстрезивными куполами (вулканы или магматические диапиры) с мощными ($>1-2$ км) осадочными шапками. Они возникли в кайнозой, преимущественно в плиоцен-четвертичное время благодаря внедрению в чехол вязкой магмы. Несколько небольших куполов описаны впервые и предварительно отнесены к лакколлитам (субвулканы), связанным с инъекциями жидкой магмы в чехол.

Авторы благодарны М.Г. Гуринову (ИМГиГ) за подготовку графики статьи.

К глубокому сожалению это статья — наша последняя с 1976 года совместная работа с Вячеславом Николаевичем Патрикеевым — превосходным сейсмологом и замечательным человеком, кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником ИМГиГ ДВО РАН, выпускником геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков Г.П. Вулканизм Курильской островной дуги. — М.: Наука, 1967. — 287 с.
2. Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Подводные горы и вулканы Курильской островной дуги // Труды лаб. вулканологии АН СССР, 1958. — Вып. 8. — С. 71—88.
3. Затонский Л.К., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Геоморфология подводной части Курило-Камчатской дуги // Океанологические исследования. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — С. 121—136.
4. Остапенко В.Ф. Некоторые аспекты новейшей истории прикурильской части Охотского моря в свете изучения подводных вулканов этого региона // Вулканизм Курило-Камчатского региона и острова Сахалин. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 34—42.
5. Строение дна Охотского моря. — М.: Наука, 1981. — 176 с.
6. Корнев О.С., Неверов Ю.Л., Остапенко В.Ф. и др. Результаты геологического драгирования в Охотском море на НИС «Пегас» (21-й рейс) // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. — С. 36—51.
7. Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. — Л.: ВСЕГЕИ, 1987. — 36 л.
8. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. — М.: Наука, 1992. — 528 с.
9. Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток: ДВО РАН, 2004. — 160 с.
10. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. — 273 с.
11. Ливищ М.Х. Внутренняя структура осадочного комплекса и морфология поверхности складчатого основания присахалинских акваторий по материалам сейсмических исследований // Глубинная структура дальневосточных морей и островных дуг / Труды СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1972. — Вып. 33. — С. 168—175.
12. Гнибиденко Г.С. Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. — 163 с.
13. Савостин Л.А., Баранов В.В., Зоненшайн Л.П. О возможной природе подводных гор Курильской глубоководной впадины Охотского моря // ДАН. — 1978. — Т. 242. — № 3. — С. 676—679.
14. Хомяков В.Д., Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н., Неверов Ю.Л. Петрография подводных экстрезивных куполов дна Охотского моря // Геология морей и океанов. Тез. докл. V Всесоюзной школы морской геологии. — М.: ИО АН СССР, 1982. — Т. 2. — С. 187—188.
15. Ломтев В.Л. Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. — № 1. — С. 74—83.
16. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. — № 6. — С. 107—114.
17. Туезов И.К. Погребенные и подводные вулканы Курильской глубоководной котловины Охотского моря // ДАН. 1977. — Т. 232. — № 1. — С. 198—200.

18. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С. и др. Комплексные геофизические исследования подводного вулкана 6.1, Курильская островная дуга // Геофизика. 2012. — № 2. — С. 58—66.
19. Емельянова Т.А. Вулканизм Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 2004. — 147 с.
20. Красный М.Л., Неверов Ю.Л., Корнев О.С. и др. Геологическое строение фундамента обрамления Охотоморской котловины по результатам 21-го рейса НИС «Пегас» (препринт). Южно-Сахалинск: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1981. — 20 с.
21. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. — № 4. — С. 65—76.
22. Селивёрстов Н.И. Сейсмоакустические исследования переходных зон. М.: Наука, 1987. — 112 с.
23. Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Арутюнян Е.В. Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным К-Аг датирования и диатомового анализа // Тихоокеанская геология. 2004. — Т. 23. — № 6. — С. 32—44.
24. Чуйко Л.С., Куделькин В.В., Карпей Т.И. и др. Комплексные рекогносцировочные геофизические исследования в Охотском море (объект 11/86). Южно-Сахалинск: трест «Дальморнефтегеофизика», 1988. — 284 с.
25. Большаков А.К., Большакова Р.А., Шаинян С.Х. О возрасте осадочных образований Северо-Охотского прогиба // Возраст геологических образований Охотоморского региона и прилегающих территорий. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. — С. 16—26.
26. Ващенко Н.Г. Кайнозойские осадочные породы северного склона Курильской глубоководной котловины (Охотское море) и условия их образования // Океанология. 2008. — Т. 48. — № 6. — С. 918—926.
27. Кукал Зд. Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. — 246 с.
28. Хосино М. Морская геология. М.: Недра, 1986. — 432 с.
29. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Миоцен-плейстоценовый вулканизм глубоководных котловин Японского и Охотского морей // Тихоокеанская геология. 2010. — Т. 29. — № 2. — С. 57—68.
30. 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. Мат-лы междунауч. симп. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН. 2002. — Т. 1. — С. 224—226.
31. Бондаренко В.И. Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. — № 4. — С. 44—53.
32. Формы геологических тел (терминологический справочник). М.: Недра, 1977. — 246 с.
33. Ломтев В.Л. К строению и истории котловины и трога Уллындо (южная часть Японского моря) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. — № 1. — С. 103—116.
34. Баранов В.В., Вольнев В.М. О некоторых особенностях геоморфологии северного и западного склонов глубоководной котловины Охотского моря // Структура и состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. — С. 81—86.
35. Малеев Е.Ф. Критерии диагностики фаций и генетических типов вулканитов. М.: Наука, 1975. — 256 с.

Статья поступила 28.03.2014

НОВІ РИСИ БУДОВИ ПІДВОДНИХ КОНІЧНИХ ГІР І ПАГОРБІВ У ПІДНІЖЖІ ОХОТСЬКОЇ ОКРАЇНИ КУРИЛЬСЬКОЇ ДУГИ (ЗА ДАНИМИ НСП)

Розглядаються результати інтерпретації даних неперервного сейсмічного профілювання (НСП) 21 рейсу НДС «Пегас»-1980 про будову підводних конічних гір і пагорбів у підніжжя охотської окраїни Курильської дуги. Вони являють собою екструзивні куполи (вулкани) або магматичні діапіри з потужними осадовими шапками контрастних (верхня товща) і прозорих (нижня товща) відкладів кайнозойського чохла. Їх формування відбувалося в кайнозої, в основному, у пліоцен-четвертинний час і було пов'язане із проникненням в'язкої магми в осадочний чохол. Виявлено також невеликі поховані куполи зі сплюсненою підшовою, пов'язані з про-

никненням рідкої магми в чохол (лаколіти або субвулкани). Порушено також питання термінології, географії, історії підводного вулканізму в регіоні і його зв'язок із зоною Бенйофа.

Ключові слова: *окраїна, підводні конічні гори й пагорби, екструзивний купол, магматичний діапір, лаколіт.*

V.L. Lomtev, V.N. Patrikeyev

NEW FEATURES OF THE STRUCTURE OF SUBMARINE
CONIC MOUNTAINS AND HILLS ON THE FOOT OF THE OKHOTSK
MARGIN OF THE KURIL ARC (FROM CSP DATA)

The result of interpretation of seismic continuous profiling (SCP) data of 21 cruises r/v «Pegas»-1980 on the of conic seamounts & seahills structure at the foot of Okhotsk margin rise of Kuril island arc are considered. They are extrusive domes (volcanoes or magmatic diapirs) with thick sedimentary caps of contrast (upper strata) and transparent (low strata) deposits of Cenozoic cover. They formed in Cenozoic, mainly Pliocene-Quaternary; and connected with an intrusion (extrusion) of viscous magma into the sedimentary cover. Some small, usually buried, domes with smooth foot, connected with an intrusion of liquid magma (laccoliths or subvolcanoes) also are found. There are affected also issues of terminology, geography, history of submarine extrusive volcanism in the region and its connection with Benioff zone.

Key words: *margin, conic seamounts & seahills, extrusive dome, magmatic diapir, laccolith.*