

УДК 550.834(571.645)

НОВОЕ В СТРОЕНИИ ПОДВОДНЫХ КОНИЧЕСКИХ ГОР И ХОЛМОВ У ПОДНОЖИЯ ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ (ПО ДАННЫМ НСП)

© 2015 г. В. Л. Ломтев, В. Н. Патрикеев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
693022 Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б, e-mail: lomtev@imgg.ru
Поступила в редакцию 15.01.2013 г.

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 кайнозой, в основном, в плиоцен-четвертичное время и было связано с внедрением вязкой магмы в чехол. Обнаружены также несколько небольших, обычно погребенных куполов с уплощенной подошвой и 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.

DOI: 10.7868/S0203030615020054

ВВЕДЕНИЕ

Строение подводных конических гор и холмов, частью погребенных, охотской окраины Курильской островной дуги или ее Западной зоны [Горшков, 1967] и прилегающей Южно-Охотской (Курильской) батинальной котловины изучается геолого-геофизическими методами (промер, драгирование, грави- и магнитометрия, НСП, МОГТ) с 1950-1970-х годов прошлого века [Безруков и др., 1958; Затонский и др., 1961; Остапенко, 1976; Строение..., 1981; Корнев и др., 1982; Геолого-геофизический..., 1987; Тектоника..., 2004]. Многие горы получили собственные имена (Фриза, Горшкова, Берга, Вавилова, Лисянского...), другие – цифровые (“162 м”, 6.1...). Они бывают одиночные и многовершинные, нередко формируя цепочки и горные массивы [Геолого-геофизический..., 1987; Подводная..., 1992]. Высота подводных гор Тихого океана по предложению Г.У. Менарда [1966] превышает 1 км.

М.Х. Лившиц [1972] погребенные купола на востоке впадины Дерюгина считал магматическими диапирами, а развитие здесь инициально-магматизма (субвулканы, интрузии) связывал с растяжением коры. Г.С. Гнибиденко [1979] рассматривал конические горы Охотского моря как выступы акустического фундамента, сложного 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) позд-

нее поддержана данными драгирования и НСП [Савостин и др., 1978; Корнев и др., 1982; Хомяков и др., 1982; Ломтев, 2010]. 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 оливковыми базальтами и по данным НСП прорывающий кайнозойский чехол [Рашидов, Бондаренко, 1998].

Большинство исследователей считают конические горы и холмы региона молодыми подводными вулканами [Тузев, 1977; Строение..., 1981; Подводная..., 1992; Блох и др., 2012], т.е. аккумулятивными, лаво-шлаковыми постройками, как и конические горы, гайоты и абиссальные холмы ложа Пацифики [Менард, 1966]. Некоторые авторы отстаивают их субаэральную природу и последующее затопление в квартере [Остапенко, 1976; Хомяков др., 1982; Емельянова, 2004].

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. Сейсмопрофилирование проводилось на частотах 80–100 Гц и 5–7-узловом ходу [Корнев и др., 1982]. Сеть профилей неупорядочена [Красный и др., 1981], поскольку была ориентирована на кар-

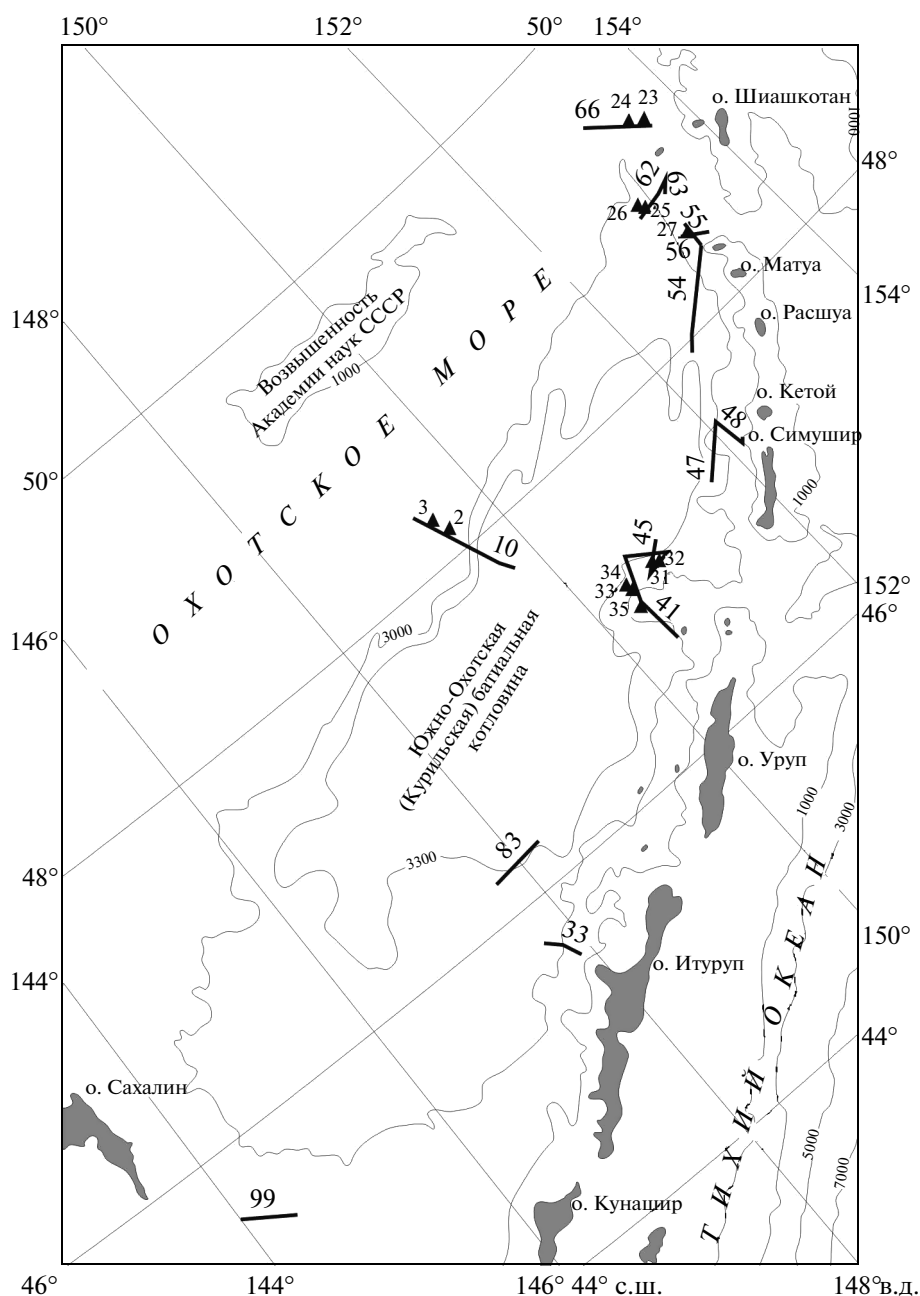


Рис. 1. Батиметрическая карта исследуемого региона с положением профилей НСП и близлежащих станций драгирования (черные треугольники) 21 рейса НИС "Пегас"-1980 [Красный и др., 1981]. Изобаты в метрах.

тирование выходов акустического фундамента и их последующее драгирование (рис. 1).

МАТЕРИАЛЫ НСП И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ

Конические горы. На временных разрезах (профилях — далее ПР) НСП они выделяются контрастными вершинами без сколько-нибудь заметных кратеров и полупрозрачными верти-

кальными зонами под ними, гладкими, прямыми или слабогнутыми, склонами, сложенными тонкослоистыми контрастными осадками и иногда осложненными боковыми конусами, сбросами или оползнями. У подошвы гор изредка можно встретить погребенные, возможно еще растущие, купола и придонные оползни-потоки, выполняющие мелкие палеодепрессии. Новой и ключевой чертой строения изученных гор является склоновый чехол, прежде не описывавшийся

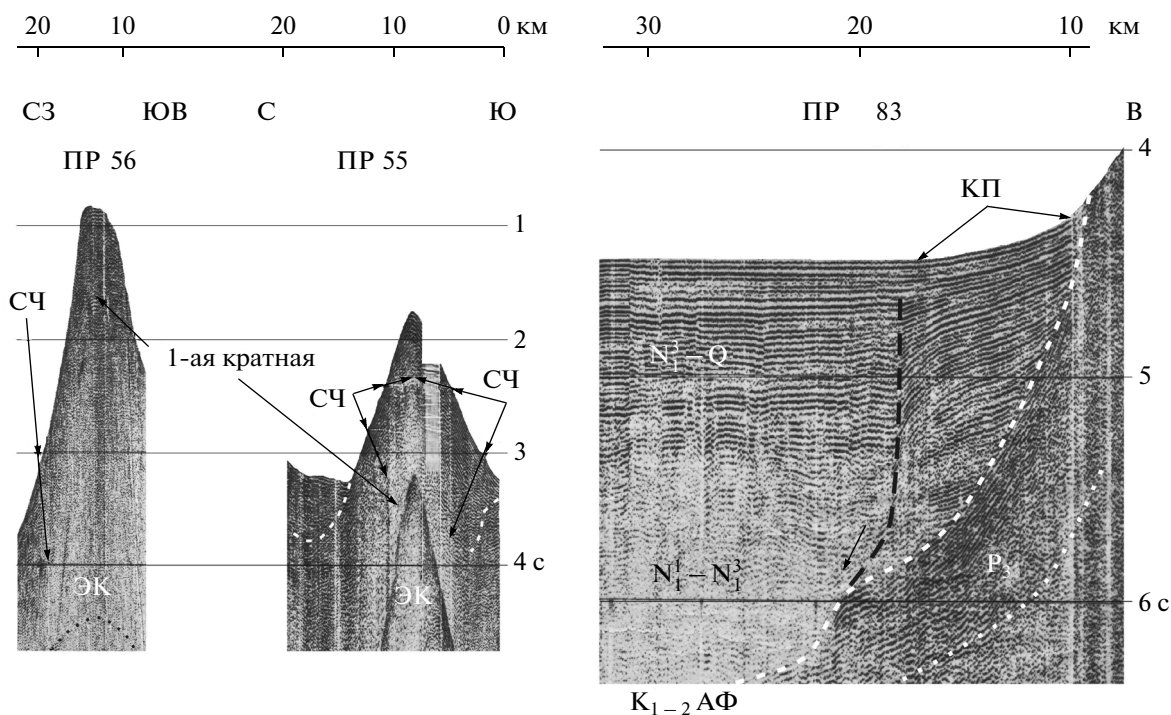


Рис. 2. Профили НСП 55, 56 и 83, иллюстрирующие одиночные экструзивные (ЭК) купола с мощными осадочными шапками и стратиграфию кайнозойского чехла и кровли акустического фундамента (АФ).

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 км.

исследователями (см. литературу). Он выделяется на профилях НСП в основном в нижней части горного склона и близ его основания. Кровля склонового чехла здесь является поверхностью локального углового несогласия, реже – гравитационного сползания чехла.

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-ому кратному отражению) с диаметром основания 15 км. Она пересечена ПР 55 близ о. Райкоке (см. рис. 1, рис. 2). Ее склоны и вершину слагают тонкослоистые осадки верхней контрастной толщи кайнозойского чехла Южно-Охотской котловины (склоновый чехол) видимой мощность до 1.0–1.5 с, залегающие параллельно склону (ПР 83, см. рис. 2; [Строение..., 1981]). С глубиной и без видимого стратиграфического контакта их замещают прозрачные осадки нижней толщи чехла. Следовательно, эта гора является молодым постседиментационным экструзивным куполом (магматический диапир), связанным вероятно с внедрением вязкой магмы в кайнозойский чехол. Однако контрастная кровля ядра протыкания не наблюдается на ПР 55, то есть залегает глубже за пределами регистрации отраженных волн. Поэтому 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, которую можно принять как диагностический признак осадочных шапок экструзивных куполов (глина в трех драгах [Красный и др., 1981]) в сравнении с явно шероховатыми склонами вулканических построек, например Крылатки [Рашидов, Бондаренко, 2004].

В контексте работы отметим, что контрастность верхней толщи (1–2 км) кайнозойского чехла Южно-Охотской котловины и охотской окраины Курильской дуги по Н.И. Селиверстову [1987] связана с терригенными осадками и местной пирокластикой, включая разрыв островных вулканов. Последние на Курилах, судя по массовому, био- и радиоизотопному датированию вулканитов о. Уруп [Ковтунович и др., 2004], появились в позднем миоцене (10.5–11.0 млн лет т.н.). Скорость ее накопления в районе кальдеры Львиная Пасть (о. Итуруп) достигает 100–200 м/млн лет [Ломтев, 2010]. Прозрачность нижней толщи (1–2 км) чехла вероятно олигоцен–среднемиоценового возраста (ПР 83, см. [Чуйко и др., 1988; Ващенко, 2008; Большаков и др., 1989]) может указывать на

преобладание гемипелагических осадков 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 акустических неоднородностей под этими вершинами выпуклой формы.

Закljučая 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 [Кукал, 1987] 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).

Рядом с описанной находится одна из самых высоких конических гор охотской окраины Курильской дуги, пересеченная ПР 56 лишь частично (из-за технических сбоя). На представленном фрагменте сейсмопрофиля ее высота превышает 2.3 км (см. рис. 1, рис. 2). Гора имеет форму правильного стратовулкана, но без вершинного кратера, с гладкими вогнутыми склонами, имеющими вид логарифмической кривой (по выражению Г.С. Горшкова [1967]). 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. По аналогии с предыдущим примером заключаем, что эта коническая гора (гайот?) является осадочной шапкой постседиментационного экструзивного купола (магматического диапира), связанного с внедрением вязкой магмы в чехол. Фрагмент кровли его ядра протыкания намечается на пикете 17 км, где на времени 4.6 с, т. е. 3.7 с под дном, примерно равной мощности кайнозойского чехла в Южно-Охотской котловине [Гнибиденко, 1979; Тектоника..., 2004], появляются слабоконтрастные прерывистые отражения. Интересно, что мощность чехла под вершиной этой

горы заметно больше, чем на ее левом склоне (соответственно ~ 3 и 2 с).

Время образования данного купола можно грубо оценить поздним плиоценом-ранним плейстоценом по скорости роста магматических диапиров [Кукал, 1987] или кривой палеоглубин Пацифики с задержкой уровня на отметке “–1 км” в позднем миоцене-раннем плейстоцене [Хосино, 1986].

Цепочка гор. Рассмотрим особенности строения цепочки одиночных и одной двойной (вулкан Обручева [Красный и др., 1981; Корнев и др., 1982]) конических гор на ПР41-45 у подножья охотской окраины Курильской дуги к северу от о. Броутона (см. рис. 1, рис. 3). Высота гор превышает 1–2 км, диаметр основания 15–30 км, а наклон их склонов достигает $\sim 15^\circ$. 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 вершин, 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.

Следует отметить, что осадочный 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 времена их прихода на временных разрезах откладываются 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 $\delta t = 2H(1 - \cos\alpha)/V$, где H – мощность пачки, α – угол падения пластов, V – пластовая скорость. На

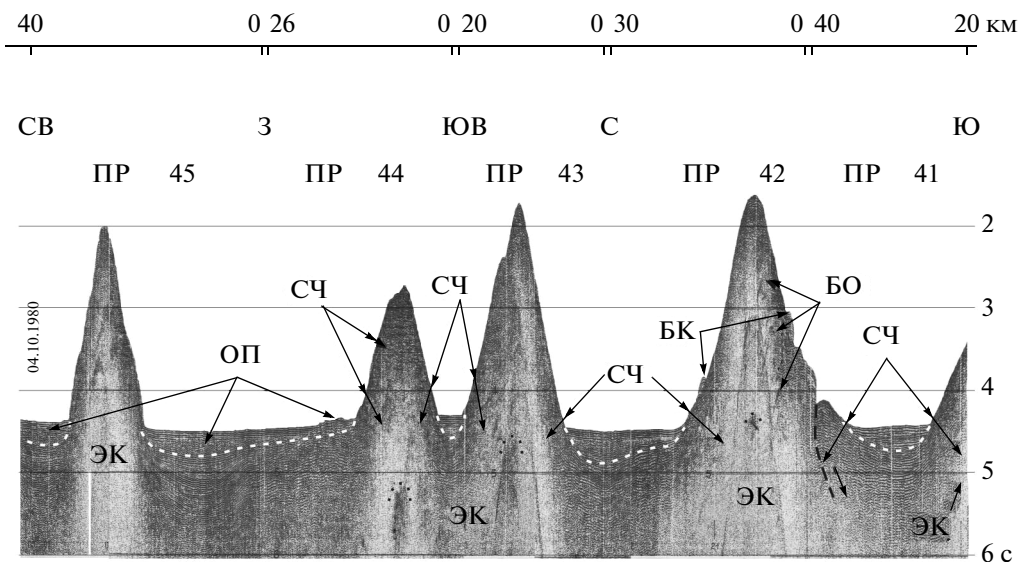


Рис. 3. Профили НСП 41–45, иллюстрирующие строение цепочки экструзивных конических гор. **БК** – боковые, вероятно экструзивные, конусы, **БО** – боковые отражения, **ОП** – небольшой оползень у подошвы горы справа и оползни-потоки; остальные обозначения см. рис. 2.

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 плоскостной толщи.

Утонение (в 1.5–2 раза) слоев верхней толщи чехла, залегающих под поверхностью несогласия, в направлении северной 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 [Красный и др., 1981; Корнев и др., 1982]) с несколькими боковыми, вероятно экструзивными, конусами на склонах (в основном на южном). На ПР 41 в прозрачном разрезе под ее вершиной на уровне 4.3 с 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 конических гор Южно-Охотской котловины [Емельянова, Леликов, 2010].

Вместе с тем на ПР 83, 62, 63 есть и более древние формы (см. рис. 1, рис. 2, рис. 4). Так, на ПР 83 склоновый чехол предмиоценовой горы (палеорельеф) слагают олигоценые морские отложения, а подстилающий их акустический фундамент – субаэральные меловые траппы Охотии

[Ломтев и др., 2002], если ориентироваться на материалы параметрического бурения в Северо-Охотском прогибе [Большаков и др., 1989]. Другой пример дают ПР 62,63 через сложнопостроенный, двухвершинный холм или почти погребенную гору (см. 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 упомянутой выше скорости накопления контрастных осадков эту структуру можно датировать средним-поздним миоценом.

Подытоживая, кратко остановимся на ПР 66 и 47, 48 (см. рис. 1, рис. 4, рис. 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, 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

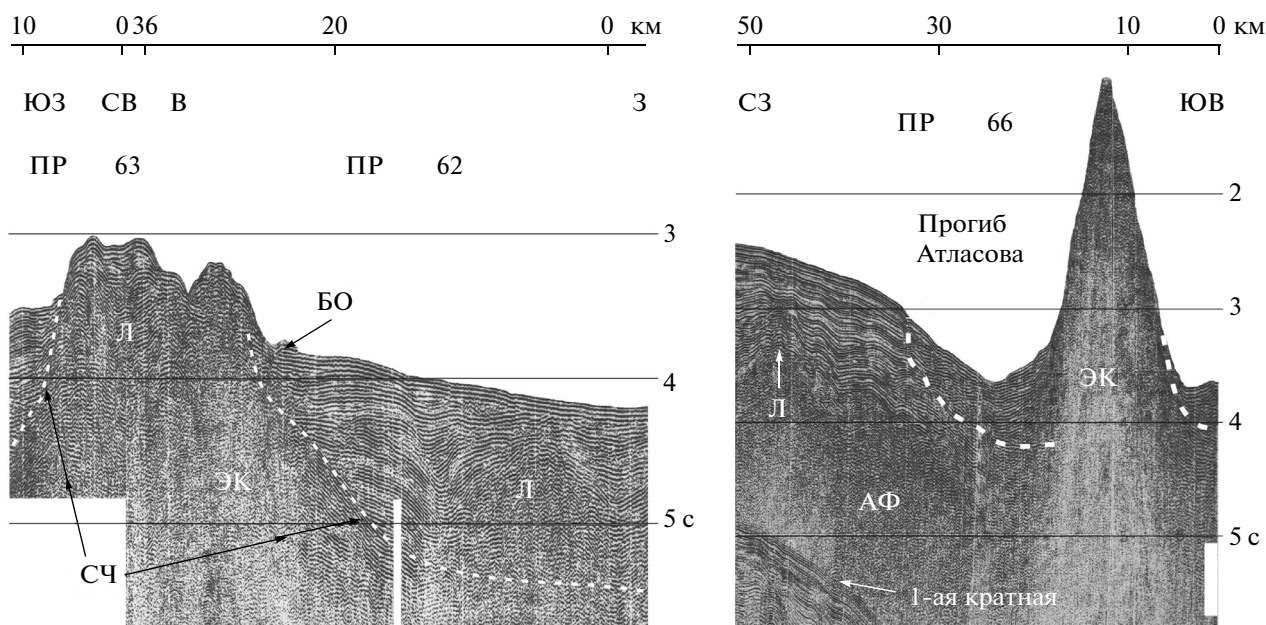


Рис. 4. Профили НСП 62, 63 и 66, иллюстрирующие строение лакколлитов (Л) или субвулканов и одного из конусов двойной экструзивной горы в прогибе Атласова. Остальные обозначения см. рис. 2.

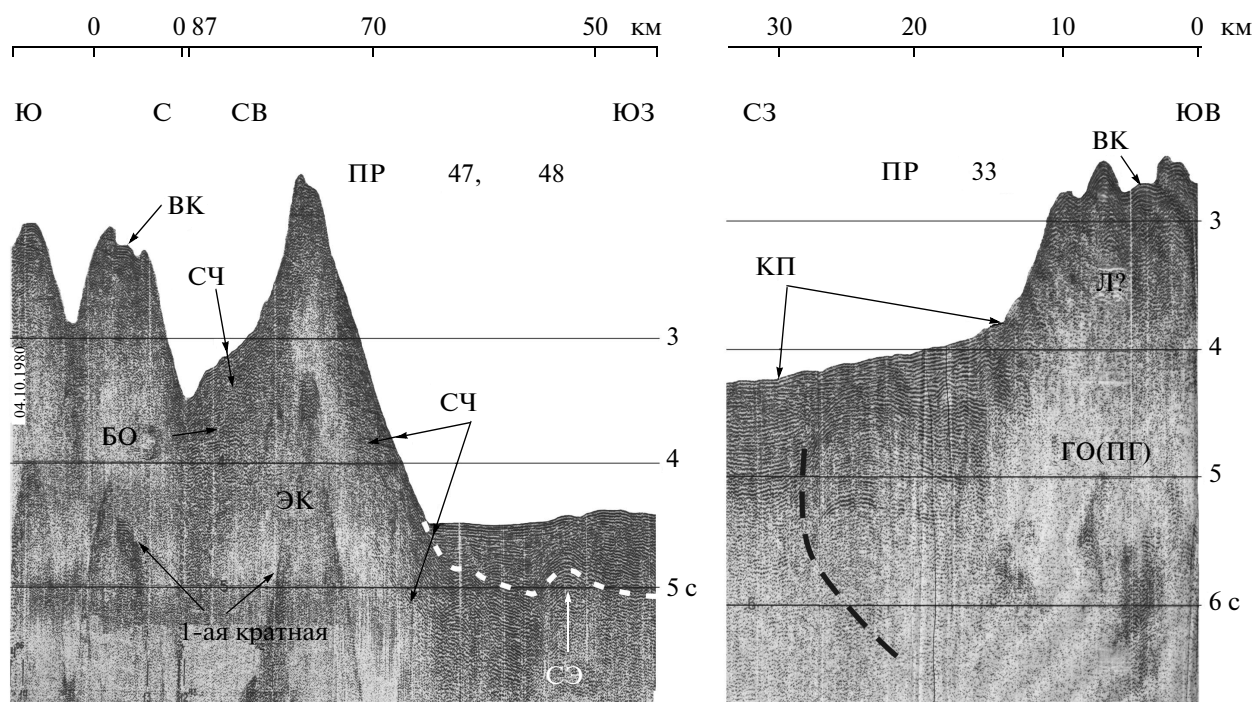


Рис. 5. Профили НСП 47, 48 и 33 через край экструзивного горного массива и одиночный лакколлит. **ВК** – вершинный кратер, **СЭ** – слепая экструзия, **ГО(ПГ)** – возможно газовое окно или парогидротермы, пунктир со стрелкой – подошвенный надвиг и направление смещения по нему; остальные обозначения см. рис. 2.

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 скоро-

сти 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 (см. рис. 1, рис. 5). Он образован группой конических гор и холмов. На ПР 47 выделим молодую и возможно еще растущую слепую экструзию вероятной вязкой магмы близ пикета 50 км (единственную в представленных материалах НСП), 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 450 м, 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 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 представленные данные НСП и их интерпретацию, выделим отсутствие в строении склоновых чехлов конических гор и подстилающего кайнозойского чехла в их окрестности контрастных лавовых потоков и крупных выбросов пирокластики с шероховатыми сейсмофациями, известных по данным НСП в работах Н.И. Селиверстова [1978] и В.И. Бондаренко [1991] соответственно. Следовательно, внедрение вязкой магмы в кайнозойский чехол и формирование экструзивных куполов (магматических диапиров) близ подножия подводной 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 [Формы..., 1977]. 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 (см. рис. 1, рис. 4). Так, на ПР 62 лакколит представляет собой небольшой погребенный купол между пикетами 0–10 км с вершиной на уровне 4.4 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 определенной лакколита А.М. Даминовой, имеющего "...плоское основание и куполообразный верх" (с. 39, [Формы..., 1977]). 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 (магматический 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) 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 в районе антиклинория Хельквиста (по И.К. Туезову), в низах или близ подошвы кайнозойского чехла. Внедрение жидкой магмы в кайнозойский 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. рис. 4 в работе [Корнев и др., 1982]). 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, см. 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. Таким образом, этот холм можно предварительно рассматривать как крупный, вероят-

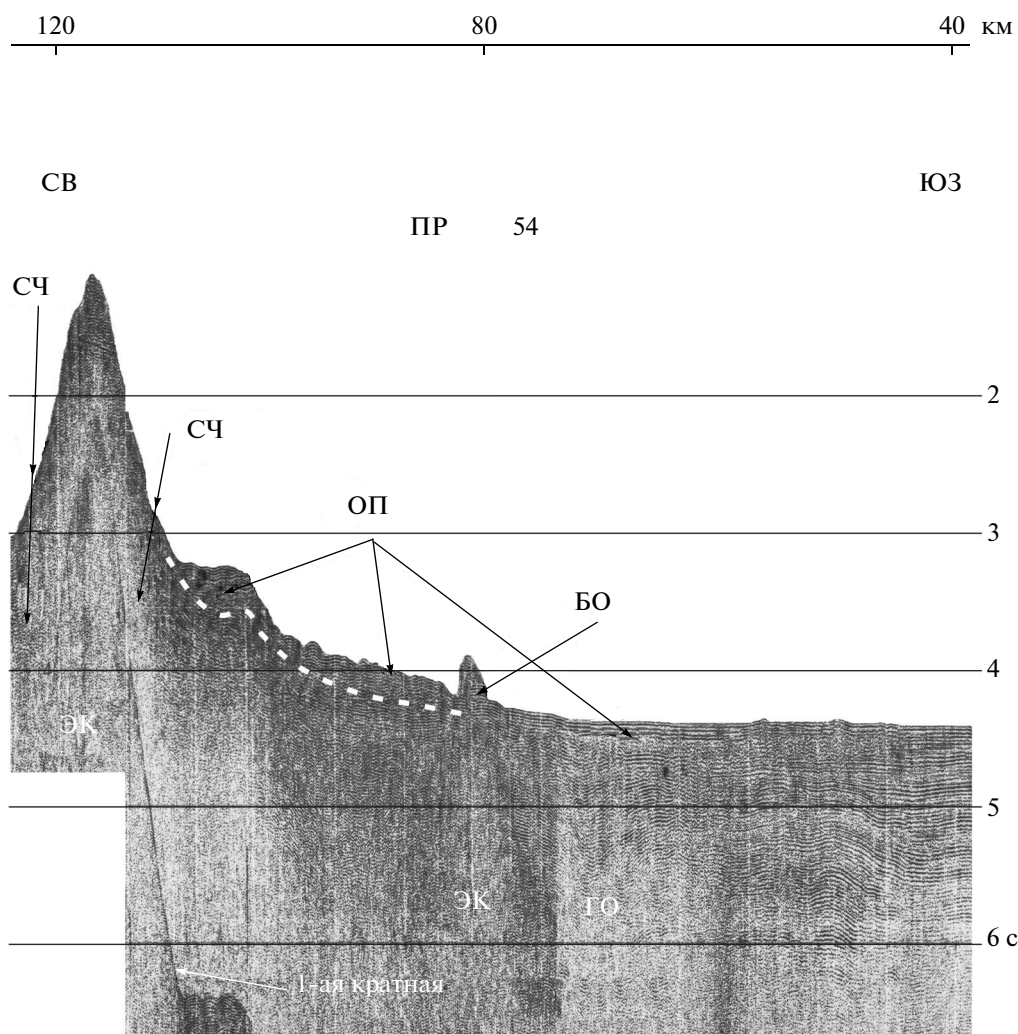


Рис. 6. Фрагмент профиля НСП 54 через блоковый оползень в основании экструзивной конической горы и оползень-поток в палеодепрессии ложа Южно-Охотской котловины. Обозначения см. рис. 2, рис. 3, рис. 5.

но молодой, лакколит или их куст (субвулкан), венчающий подошвенный надвиг на подножии 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, связанных с внедрением 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 ($\sim 1^\circ$) подножии близ о. Матуа близ небольшой горы (см. рис. 1, рис. 6). Его видимая 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 акустической контрастности практически идентичны подстилающему склоновому чехлу и возможно связаны со сползанием его верхней части. Вместе с тем здесь мог сползти и осадочный покров (контуриты), сформированный на склоне этой горы придонным контурным течением, выходящим из эрозионной депрессии прогиба Атласова (ПР 66, см. рис. 4). У фронта блокового оползня на прилегающем ложе Южно-Охотской котловины обнаружена широкая (30 км) придонная линза вероятно оползневых осадков мощностью 0.1 с (до 100 м) с характерными шероховатыми сейсмофациями (оползень-поток или деструктивный оползень [Ломтев, 2012]). Столь близкое соседство в плане оползня-потока и бло-

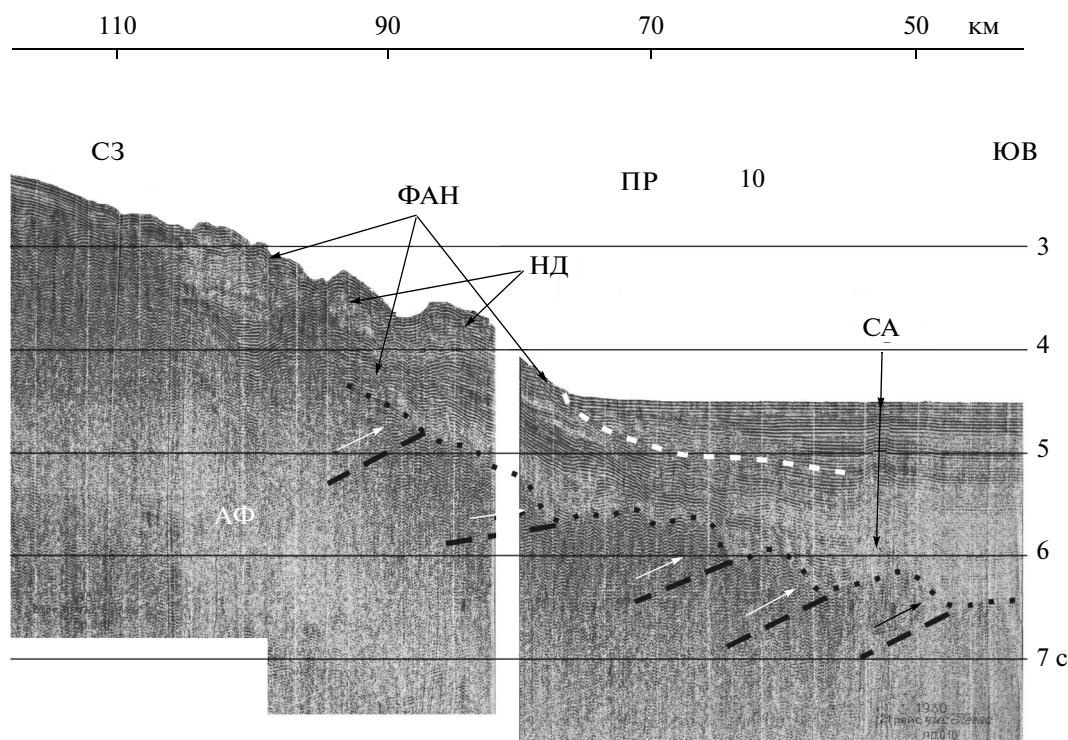


Рис. 7. Фрагмент профиля НСП 10 через аккумулятивное подножие северного борта с фаном (конус выноса каньона) и прилегающее ложе Южно-Охотской котловины.

НД — намывные дамбы, обвалывающие долины фана, **СА** — сквозная антиклиналь, пунктиры со стрелками — малоамплитудные надвиги акустического фундамента (**АФ**) и направление смещения по ним.

кового оползня можно связывать с флюидизацией последнего при сходе.

Медленное гравитационное сползание осадочных масс можно предполагать и на охотской окраине, например, близ о. Итуруп, если асимметричную надвиговую антиклиналь шириной более 15 км на ее подножии трактовать как складку бортового отпора (ПР 33, см. рис. 5) строения окраины. Медленное сползание наблюдается и на северном борту Южно-Охотской котловины на ПР 10 (рис. 7), в которое вовлечена и верхнюю часть акустического фундамента, сложенного осадочно-вулканогенными породами мезозоя [Гнибиденко, 1979].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Итак, по результатам повторной интерпретации временных разрезов НСП 21 рейса НИС “Пегас”-1980 приходим к выводу, что конические горы и некоторые холмы у подножия охотской подводной окраины Курильской дуги являются молодыми, в основном плиоцен-четвертичными, экструзивными куполами (магматические диапиры) с мощными осадочными шапками (см. рис. 1–6). Лучшим примером является купол на ПР 55, полностью сложенный с поверхности кайнозойскими отложениями (см. рис. 2). Кровля ядер проты-

кания диапиров видимо достаточно заглублена (>1–2 км) и лишь изредка опознается в прозрачной нижней толще чехла по контрастным, непротяженным отражениям (пятнам). В методическом плане открытие осадочных шапок на экструзивных куполах позволяет более осторожно подходить к опубликованным 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 вулканами? С нашей точки зрения их вполне правомерно называть экструзивными вулканами (горами и холмами), поскольку в их генезисе решающее значение имеет куполоформирующая вязкая магма [Малеев, 1975]. Дополнительным аргументом являются данные морской геотермии, частью неопубликованные (кандидат геол.-мин. наук О.В. Веселов, ИМГиГ ДВО РАН, 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 теплопоток оказался высоким, местами аномально высоким (346 и 323 мВт/м² с на хребте Гидрографов мори-стее о. Итуруп), но с резкими (до 38.5 мВт/м² с там

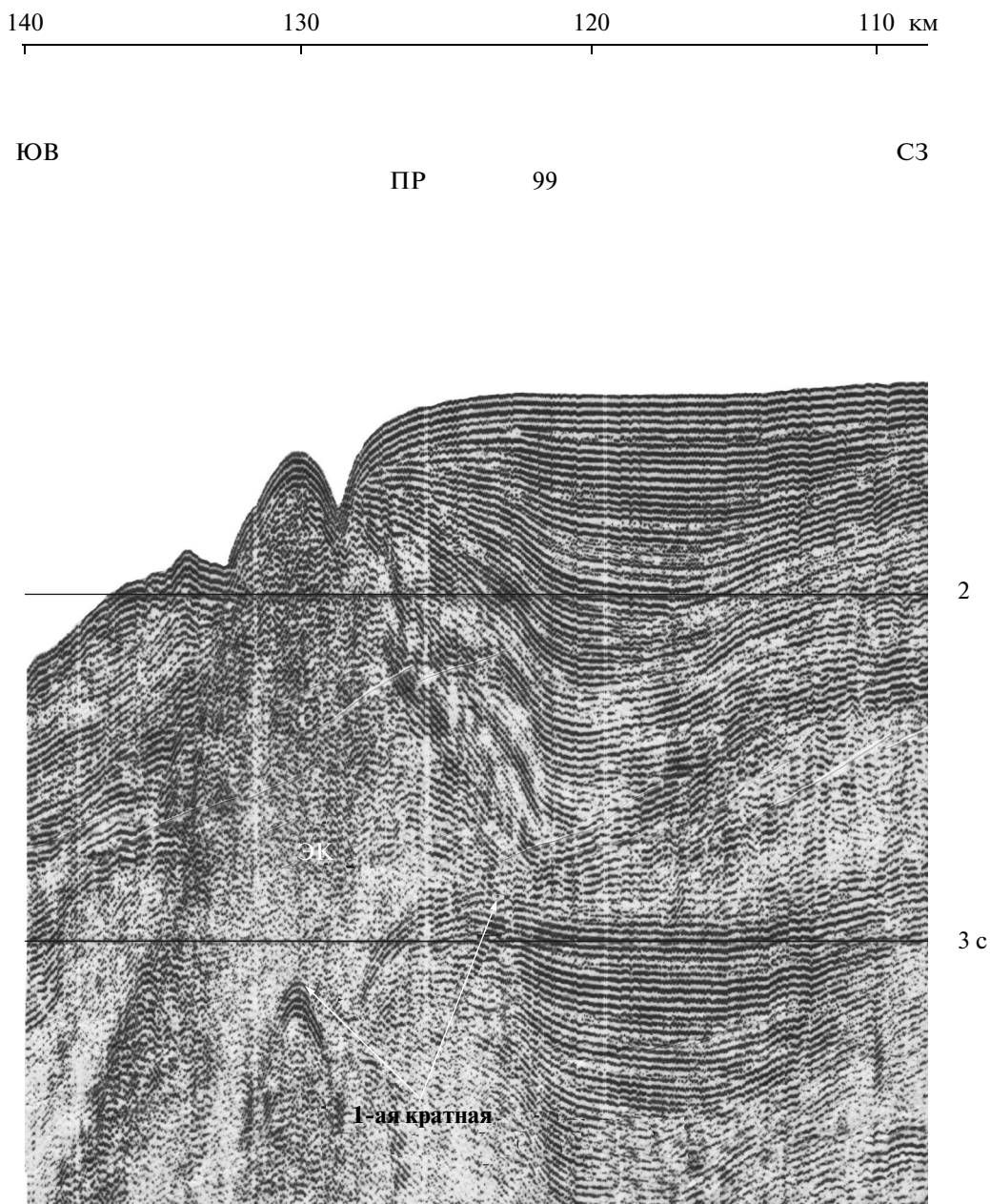


Рис. 8. Фрагмент профиля НСП 99 с небольшим экструзивным холмом на юго-восточной подводной окраине Сахалина.

же) перепадами от места к месту [Геолого-геофизический..., 1987].

Отчасти независимым подтверждением экструзивной (диапировой) природы конических гор региона являются лакколиты — небольшие, в основном погребенные, купола с уплощенной подошвой, связанные с инъекциями жидкой магмы в чехол. Их развитие на охотской окраине и Охотском море видимо также достаточно широкое, однако для подтверждения этого необходи-

мы повторный просмотр и анализ полученных ранее профилей НСП и МОГТ.

Небольшой конический холм высотой 0.2 и поперечником основания 4 км обнаружен на ПР 99 на юго-восточной подводной окраине Сахалина (см. рис. 1, рис. 8) с мощным, частью инверсированным, кайнозойским чехлом Южно-Охотской котловины (ПР 100, см. [Геолого-геофизический..., 1987]). Холм, вероятно, слагают контрастные осадки со сложным (некоррелируемым) волновым полем. Отчетливые стратиграфи-

ческие контакты с вмещающими отложениями верхней, контрастной толщи чехла, которые можно было бы предполагать под склонами холма (экзоконтакты экструзии [Ломтев, 2010]), здесь отсутствуют. Следовательно, последний представляет собой осадочную шапку молодого экструзивного купола (магматического диапира), сложенную контрастными осадками той же верхней толщи. Его экструзивная природа определяется по постседиментационному подъему контрастных осадков, особенно на правом склоне. Вместе с погребенными коническими горами в присахалинской части Южно-Охотской котловины [Туезов, 1977; Геолого-геофизический..., 1987] этот пример позволяет расширить географию подводного экструзивного вулканизма. В плане данный холм находится близ 300-километровой сейсмоизобаты зоны Беньофа [Геолого-геофизический..., 1987], основного источника магм для курильских, островных и подводных, вулканов [Подводная..., 1992]. Следовательно, экструзивные конические горы и холмы Курило-Охотского региона и предположительно севера Японского моря можно рассматривать в составе единой вулканической провинции висячем крыле зоны Беньофа. Если подъем вязких магм происходил со скоростью 1–2 мм/год [Кукал, 1987], то их выплавку можно датировать мезопалеозоем, а на севере Японского моря – и вендом. Отсюда следует, что приведенные значения скорости роста магматических диапиров очевидно характерны только для приповерхностных условий (кайнозойский чехол).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, повторная интерпретация данных НСП 21 рейса НИС “Пегас”-1980 показала, что конические горы и холмы у подножья охотской окраины Курильской дуги являются позднекайнозойскими экструзивными куполами или магматическими диапирами с мощными (>1–2 км) осадочными шапками. Их диагностическими признаками являются тонкослоистые склоновые чехлы, местами прослеживаемые между горами, гладкость склонов, иногда нарушенная оползнями, сбросами, боковыми экструзивными конусами, и ряд других. Рост гор и холмов к настоящему времени прекратился (палеорельеф), что фиксирует субгоризонтальное налегание придонных осадков на их основание. 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 компьютерную подготовку графического материала статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б.* Подводные горы и вулканы Курильской островной дуги // Тр. Лаб. вулканологии АН СССР. 1958. Вып. 8. С. 71–88.
- 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.
- 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.
- Бондаренко В.И.* Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 44–53.
- Ващенко Н.Г.* Кайнозойские осадочные породы северного склона Курильской глубоководной котловины (Охотское море) // Океанология. 2008. Т. 48. № 6. С. 918–926.
- Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.
- Гнибиденко Г.С.* Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 163 с.
- Горшков Г.П.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
- Емельянова Т.А.* Вулканизм Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 2004. 147 с.
- Емельянова Т.А., Леликов Е.П.* Миоцен-плейстоценовый вулканизм глубоководных котловин Японского и Охотского морей // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 2. С. 57–68.
- 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.
- Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Артюнян 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.
- 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.
- 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.
- Кукал Зд.* Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.
- Лившиц М.Х.* Внутренняя структура осадочного комплекса и морфология поверхности складчатого основания присахалинских акваторий по материалам сейсмических исследований // Глубинная структура дальневосточных морей и островных дуг / Тр. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. Вып. 33. 1972. С. 168–175.

- Ломтев В.Л.* Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 1. С. 74–83.
- Ломтев В.Л.* Новое в строении котловины и трога Улындо (Японское море) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. Вып. 19. № 1. С. 98–107.
- 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. Мат-лы Междунар. науч. симпозиума. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. С. 224–226.
- Малеев Е.Ф.* Критерии диагностики фаций и генетических типов вулканитов. М.: Наука, 1975. 256 с.
- Менард Г.У.* Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. 273 с.
- 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.
- Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.
- Рашидов В.А., Бондаренко В.И.* Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 107–114.
- Рашидов В.А., Бондаренко В.И.* Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 65–76.
- 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. 676–679.
- Селиверстов Н.И.* Сейсмоакустические исследования переходных зон. М.: Наука, 1987. 112 с.
- Строение дна Охотского моря. М.: Наука, 1981. 176 с.
- Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 160 с.
- Туззов И.К.* Погребенные и подводные вулканы Курильской глубоководной котловины Охотского моря // Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. № 1. С. 198–200.
- Формы геологических тел (терминологический справочник). М.: Недра, 1977. 246 с.
- Хомяков В.Д., Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н., Неверов Ю.Л.* Петрография подводных экструзивных 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.
- Хосино М.* Морская геология. М.: Недра, 1986. 432 с.
- 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.

НОВОЕ В СТРОЕНИИ ПОДВОДНЫХ КОНИЧЕСКИХ ГОР И ХОЛМОВ У ПОДНОЖИЯ ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ (ПО ДАННЫМ НСП)

© 2015 г. В. Л. Ломтев, В. Н. Патрикеев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

693022 Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б, e-mail: lomtev@imgg.ru

Поступила в редакцию 15.01.2013 г.

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 чехол. Обнаружены также несколько небольших, обычно погребенных куполов с уплощенной подошвой и 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.