

УДК 550.834(571.645)

© В.Л. Ломтев, 2010

*Институт морской геологии и геофизики РАН, Дальневосточное отделение, Южно-Сахалинск*

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ЮГА ОХОТСКОЙ ОКРАИНЫ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ**

*По данным одноканального непрерывного сейсмопрофилирования 21 рейса НИС «Пегас»-1980 анализируется строение нескольких экструзивных куполов на юге охотской окраины Курильской дуги 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 островные вулканы. Для кальдеры с экструзивной соммой (кольцевая дайка вязких магм) восстановлена история, связанная с направленным взрывом экструзивного палеовулкана (курильский Кракатау) в среднем (~0,8 млн. лет) плейстоцене.*

**Введение.** Охотская подводная окраина Курильской островной дуги включает в себя узкий абразионный шельф вокруг островов Большой Курильской гряды (внутренняя вулканическая дуга), крутой континентальный склон Южно-Охотской (Курильской) батиальной котловины и местами пологое континентальное подножие [4, 9, 10, 12, 22, 25]. Как и вершина дуги со Срединно-Курильским междуговым прогибом и внешней дугой (Малая Курильская гряда и подводный хребет Витязя), ступенчатой тихоокеанской окраиной и смежным Курильским желобом охотская окраина изучается геолого-геофизическими методами с 50-х годов прошлого века [2,4, 22].

Рассматриваемые в настоящей статье подводные конические горы и холмы на юге охотской окраины близ пролива (между о-вами Итуруп и Кунашир) и каньона Екатерины, а также подводной части кальдеры Львиная Пасть на юго-западном побережье о-ва Итуруп (рис. 1–5) изучались в основном по материалам промера, драгирования и набортных гравимагнитных съемок. Они традиционно интерпретировались как подводные вулканы, иногда с уплощенными, абрадированными вершинами (гайоты и минигайоты), сложенные потоками лав и пирокластики [2,4,9,10,12,22,25]. В исследуемом регионе подобная трактовка в немалой степени связана и с известным морфологическим сходством подводных конических гор с действующими четвертичными вулканами Больших Курил и Восточной Камчатки. Заметим, что аналогичный подход к генезису конических гор, гайотов и абиссальных холмов ложа Пацифики разделяет и Г.У. Менард в своей классической монографии «Геология дна Тихого океана» [20].

Материалы НСП МОВ на частотах от 60–80 до 120–150 Гц, представленные в виде временных и/или глубинных (рисованных) разрезов, появились в арсенале морских геологов с середины-конца 60-х годов прошлого

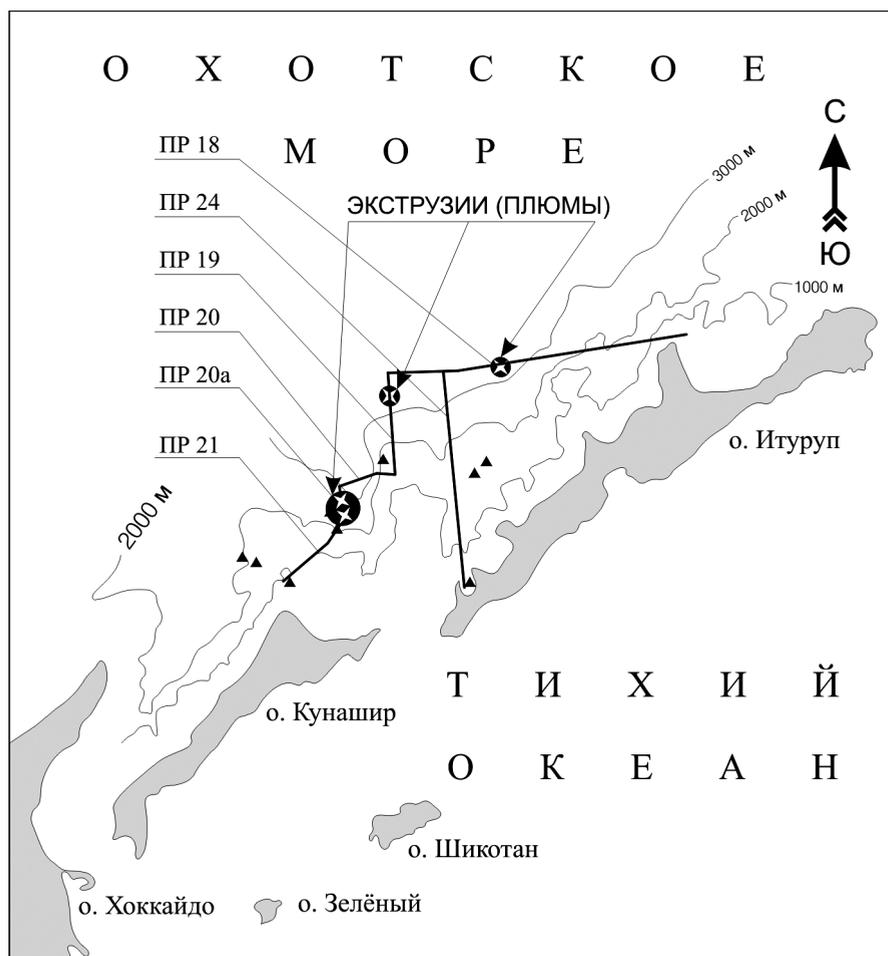


Рис. 1. Схема профилей НСП 21-го рейса НИС «Пегас»-1980, станций драгирования (черные треугольники) и исследуемых экструзий (зачерненные кружки) на юге охотской подводной окраины Курильской дуги близ пролива Екатерины и кальдеры Львиная Пасть [9, 10]. Изобаты с карты [7]

века. Однако чаще их использовали для изучения рельефа дна, тектоники, обстановок осадконакопления, выбора точек драгирования и бурения [4,9,10,12,22,25,24]. Поэтому неудивительно, что при интерпретации данных НСП ИМГиГ по батинальной котловине Уллындо (Японское море), ложу СЗ и ряда районов ЮЗ Пацифики обнаружались признаки иной, экструзивной (точнее, вероятно протрузивной) природы подводных конических гор, холмов и некоторых гайотов [11, 14-16]. В связи с этим возникла идея рассмотреть особенности строения аналогичных форм и на охотской окраине Курильской вулканической дуги, где они давно закартированы сахалинскими и камчатскими исследователями и встречаются как одиночно, так и в виде гряд и массивов близ действующих островных вулканов Большой Курильской гряды [2-4,9,10,12,21-25].

Результаты геологической интерпретации профилей (временные разрезы) одноканального непрерывного сейсмопрофилирования методом отра-

женных волн (НСП МОВ) 21-го рейса НИС «Пегас»-1980, отработанных на частотах 80–100 Гц сейсмиками СахКНИИ (с 1985 г. ИМГиГ) под руководством к.г.-м.н. В.В. Жигулева [9, 10] вполне отчетливо фиксируют разнообразные экстрозивные образования.

**Результаты интерпретации данных НСП. Слепая экстрюзия.** Пересечена сейсмопрофилем 18 на подножии охотской окраины (рис. 1, 2), где она прорывает трапповый акустический фундамент и морской, олигоцен–четвертичный чехол [14, 26]. Последний состоит из верхней, контрастной, и нижней, прозрачной, толщ, в которых экстрюзия сформировала слегка асимметричный, экстрозивный купол диаметром около 8 км и высотой от 400 м

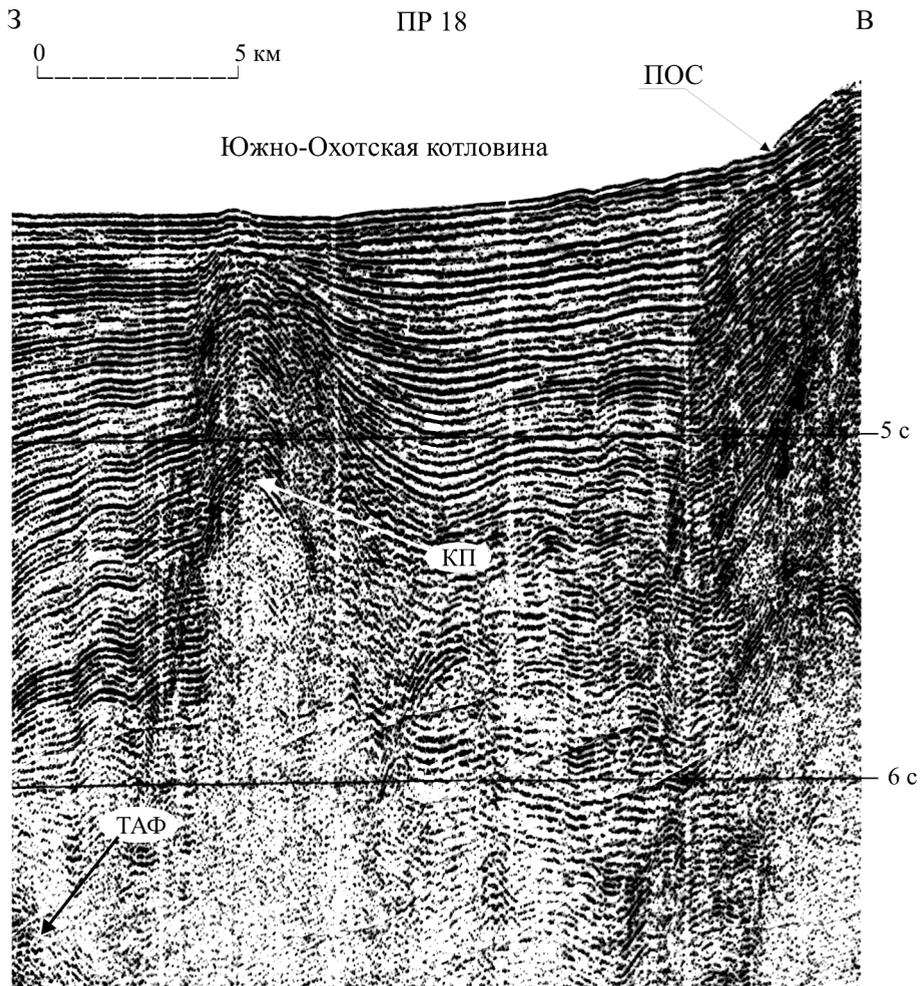


Рис. 2. Слепая экстрюзия на подножии охотской окраины на сейсмопрофиле 18: ТАФ – трапповый акустический фундамент; ПОС – подошва охотского склона Курильской дуги; КЯП – кровля ядра протыкания. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега здесь и на рис. 3–5, горизонтальный масштаб в километрах – вставки над этим и рис. 3–5. Рис. 2. Слепая экстрюзия на подножии охотской окраины на сейсмопрофиле 18: ТАФ – трапповый акустический фундамент; ПОС – подошва охотского склона Курильской дуги; КЯП – кровля ядра протыкания. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега здесь и на рис. 3–5, горизонтальный масштаб в километрах – вставки над этим и рис. 3–5.

(низы верхней толщи, скорость распространения продольных волн в которой принята равной примерно 1800 м/с) до 10 м в рельефе дна. В связи с этим данную экструзию можно считать слепой, т.е. не достигающей поверхности. Ее тело, или так называемое ядро протыкания, предполагается в узкой (до 2 км) зоне перерыва отражающих границ в своде складки. Отметим раздув мощности контрастных отложений верхней толщи на ее прикурильском склоне, отчасти связанный с западным краем подводного тылового прогиба, заполнявшегося вулканогенными турбидитами. Конседиментационное внедрение (возможно с уменьшением темпов) данной экструзии продолжается до настоящего времени. Особо выделим отсутствие признаков вулканической деятельности и субвулканических интрузий, что поддерживает вывод об экструзивной природе этой структуры. Морфологически она идентична молодым магматическим диапирам батинальной котловины Уллындо (Японское море) в окрестности одноименного острова с четвертичным экструзивным вулканом Нари [13].

*Экструзивный холм.* Обнаружен на профиле НСП 19 в основании охотского склона Курильского дуги с глубинами около 3000 м (рис. 1, 3). Его высота достигает 400 м при ширине основания 12 км. Этот пример показателен соседством холма с экструзивной горой слева, которые формируют небольшой экструзивный массив. Отметим двухвершинность холма, фиксируемую боковым отражением, и конседиментационный режим внедре-

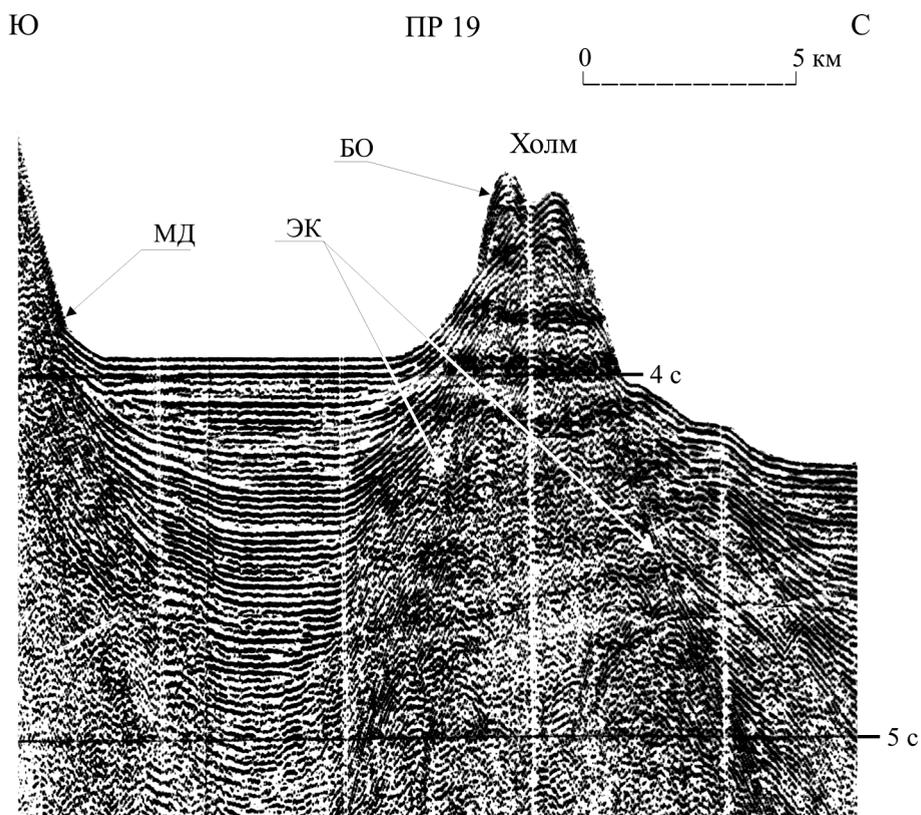


Рис. 3. Двухвершинный экструзивный холм у основания охотского склона на сейсмопрофиле 19: БО – боковое отражение, ЭК здесь и на рис. 4 – экзоконтакты экструзии

ния экструзии в олигоцен-четвертичный чехол, который опознается по утонению контрастных отложений к его вершине. Подъем слоев самых молодых (четвертичных?) придонных отложений, образующих в смежной седловине линзу мощностью 200 м (скорость распространения продольных волн в осадках принята равной 1600 м/с), показывает, что внедрение экструзии продолжается и в настоящее время. 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 профилях НСП и МОГТ [13,15,16,23,27]. Заметим, что здесь, как и на рис. 2, также отсутствуют признаки вулканической деятельности и субвулканические интрузии.

*Двуглавая экструзивная подводная гора.* Пересечена сейсмопрофилями 20а и 21 в нижней части кунаширского блока охотской окраины (рис. 1, 4). Высота горы достигает 2100 м при глубине седловины 800 м и диаметре основания около 25 км. Экструзивную природу этой горы фиксируют подъем и конседиментационное сокращение мощности контрастных неоген-четвертичных отложений на склонах, особенно левом, а также их замещение роговообманковыми дацитами [9]. Авторы этой работы отмечают сходство 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 [12]. Как и на рис. 2, 3 здесь не выявлены признаки вулканической деятельности и субвулканические интрузии. Но тонкая расслоенность

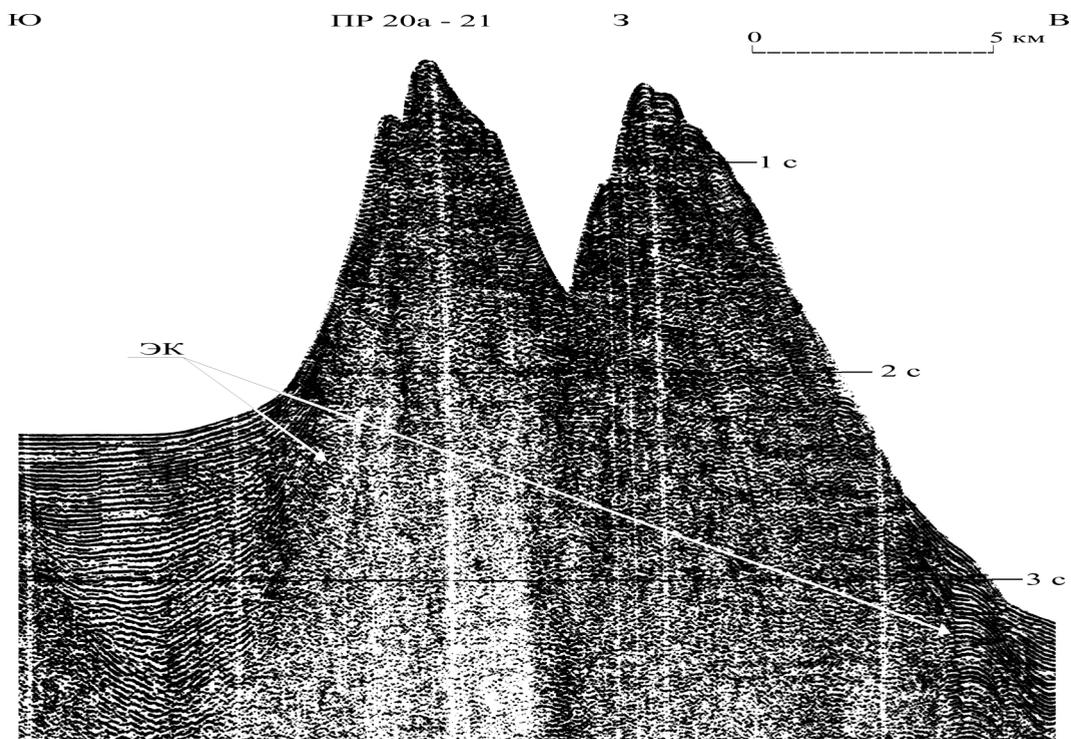


Рис. 4. Двуглавая экструзивная гора в нижней части охотского склона на сейсмопрофилях 20а-21 (кунаширский блок)

кайнозойского чехла, возникающая при аккумуляции осадков на подводных склонах крутизной менее  $2^\circ$  [1], показывает, что конседиментационное внедрение дацитов в чехол началось еще в подводном тыловом прогибе, позднее (в плейстоцене [12]) инверсированном с образованием орогенной вулканической дуги. Отметим разную высоту склонов двуглавой горы, достигающую почти 1 км и характерную для многих конических гор и холмов охотской окраины на субширотных профилях НСП и МОГТ, но пока не объясненную [2, 4, 9, 10, 12, 21-23, 25, 27].

**Кальдера Львиная Пасть.** Известная вулканоструктура размером 7x9 км и глубиной около 1 км на юго-западном побережье о-ва Итуруп (рис. 1). В плане она имеет форму овала или подковы, открытой к северу в Охотское море (см. ее удачное авиафото в [12]). Формирование кальдеры связывали с направленным взрывом [5] или провалом над выработанным магматическим очагом в верхней коре [3, 19]. По данным геологосъемки кальдера сложена среднечетвертичными андезито-базальтами богатырского вулканического комплекса с тонкими прослоями пироклаستيку [12]. Однако ее глубина нуждается в уточнении, поскольку варьирует от 503–504 [5, 12] до 557 м на топокарте Курильских о-вов [7] и ~ 580 м на профиле НСП 24 (рис. 5). Строение подводной части кальдеры Львиная Пасть по данным съемки НСП детально изучалось В.И. Бондаренко [3].

В морфоструктуре охотской окраины четко выделяются пологое аккумулятивное подножие на глубинах 3000–3300 м, два крутых, нижний и

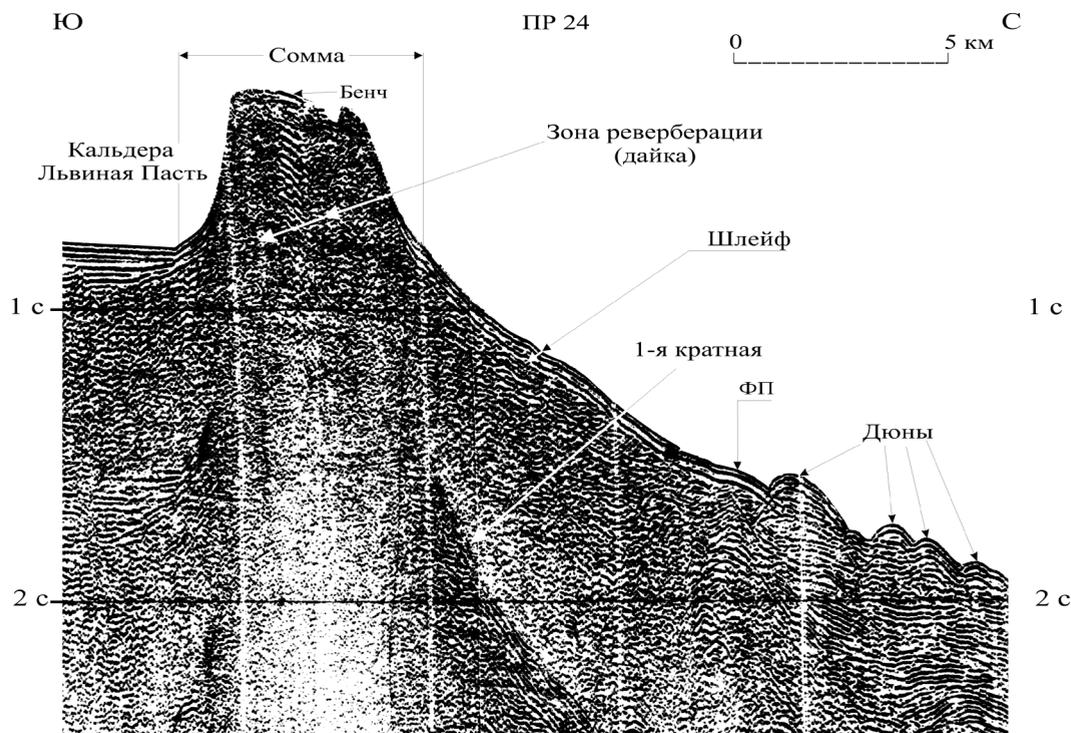


Рис. 5. Кальдера Львиная Пасть и верхняя часть охотской окраины на сейсмопрофиле 24: ФП - фациальный переход от вулканитов направленного взрыва к морскому, олигоцен-четвертичному осадочному чехлу

верхний, уступа и ступень между ними, формирующие охотский континентальный склон. Морфоструктурами являются узкий (2,5 км) абразионный шельф (бенч) на глубине 160 м (вершина соммы) и плоская порерхность дна кальдеры [4, 9, 10, 12]. Нижний уступ на глубинах 1500–3000 м образует молодой ретронадвиг в подошве склона, падающий под Курильскую дугу и заверенный региональным профилем МОГТ 1620 севернее у пролива Фриза [26]. В средней части склона на глубинах 1500–1700 м выделяется почти плоская ступень шириной 11 км, в которую врезан каньон Екатерины глубиной 100 м. Ступень подстилает та же верхняя, контрастная толща, но смятая в мелкие складки. Выше располагается верхний, крутой ( $\sim 10^\circ$ ) уступ с перегибом на глубине 640 м, который одновременно является северным склоном соммы (рис. 5). Столь же крут и южный склон соммы, опирающийся на почти плоское, аккумулятивное дно кальдеры. В строении последнего выделим шероховатые, вероятно взрывные, контрастные сейсмофации вулканитов, драпированные маломощной ( $\sim 120$  м - при скорости распространения продольных волн 1800 м/с) линзой морских отложений. Их слои с утонением и выклиниванием поднимаются на склоны соммы. На ее вершине вулканиты частично абрадируются (бенч). Мористее на северном склоне соммы на расстоянии 15 км они замещаются контрастными косослоистыми сейсмофациями направленного взрыва с угловым несогласием в подошве [3], сходными со строением выбросов камчатского вулкана Камень [6]. Косослоистые вулканиты драпированы маломощным (до 30 м) осадочным шлейфом продуктов абразии соммы, который протягивается от бровки склона до заметного перегиба на глубине 640 м, где вулканиты замещаются морскими осадками верхней контрастной толщи. Их контакт маркируют небольшие асимметричные подводные дюны.

На сейсмопрофиле 24 отметим также вертикальную зону реверберации под бенчем, представленную системой пологонаклонных и параллельных контрастных отражений. Реверберация обусловлена внедрением (кольцевая дайка) магмы в чехол, абразионным срезом и тонкой (первые метры) валунно-галечной отмосткой, когда возникает резкий перепад скорости распространения продольных волн от 4–5 км/с в магматитах до 1,5 км/с в воде [17]. В соответствии с топографией района приходим к выводу, что дайка сформировала сомму и собственно кальдеру Львиная Пасть. Спокойное залегание морских отложений на крутых ( $\sim 10^\circ$ ) склонах соммы с утонением и выклиниванием к ее вершине указывает на довольно медленные темпы внедрения дайки, характерные для кислых, вязких магм. Иначе говоря, сомму и кальдеру можно рассматривать как экструзивные формы. Если скорость внедрения дайки соизмерима со скоростью роста магматических диапиров (1–2 мм/год [11]), то при высоте соммы 1 км ее возраст составит 0,5–1,0 млн. лет. Последний определяет и примерное время взрыва экструзивного палеовулкана, располагавшегося на месте кальдеры (курильский Кракатау [14, 18]). Другая оценка времени взрыва связана с определением средней (150 м/млн. лет) скорости аккумуляции верхней толщи мощностью 1650 м (рассчитана при средней скорости распространения продольных волн 1800 м/с), акустическая контрастность которой, следуя [24], обусловлена поступлением курильской пирокластики последние 10,5–11 млн. лет [8, 12].

Если контрастные осадки линзы на дне кальдеры накапливались с той же скоростью, то время взрыва палеовулкана составит ~0,8 млн. лет.

**Обсуждение результатов.** Итак, профили НСП 21-го рейса НИС «Пегас»-1980, пожалуй, впервые надежно зафиксировали развитие молодых, плиоцен-четвертичных [9, 10] или поздний миоцен-четвертичных [8, 12] экструзивных образований на охотской окраине Курильской островной дуги (рис. 1–4). В отличие от лавошлаковых построек они поднимают, прорывают и, возможно, замещают отложения морского олигоцен-четвертичного чехла, формируя конические холмы и горы. Таким образом, инверсия тылового подводного прогиба и образование Большой Курильской гряды в плейстоцене [12] хотя бы отчасти обусловлены внедрением крупных объемов вязких, в основном кислых и, вероятно, разогретых магм, по времени видимо близким к заложению Курило-Камчатского и других тихоокеанских желобов в среднем (0,5–1,0 млн. лет т.н.) плейстоцене [14]. С учетом результатов массового датирования вулканитов Урупа [8, 12] можно говорить о разновозрастности (поздний миоцен – плейстоцен) экструзивных форм рельефа охотской окраины. Существенно, что в неогене-раннем(?) плейстоцене они формировались на ложе окраинного морского бассейна, а позднее и до настоящего времени – в основании и на подводном склоне орогенной вулканической дуги.

Авторы последней сводки-каталога подводных вулканов охотской окраины Курильской дуги [22], опираясь на данные по геобарометрии включений в драгированных обломках кислых вулканических пород (флогопит), указывают на их выплавку близ кровли сейсмофокальной зоны Вадати-Заварицкого-Беньюфа, располагающейся здесь на глубинах 160–195 км, т. е. в верхней мантии. Если подъем кислых магм к поверхности происходил со скоростью 1–2 мм/год [11], то их выплавку приходится датировать мезозоем, хотя по данным [8, 12] вулканизм на Курилах начался только в позднем миоцене (10,5–11,0 млн. лет т.н.). Следовательно, скорости роста магматических диапиров, определенные в [11], характерны, вероятно, только для приповерхностных условий.

В дальнейшем изучении нуждаются подводные и/или островные обстановки формирования конических экструзивных гор, холмов, гайотов и минигайотов рассматриваемого региона, их группирование в плане (многовершинные формы или кусты, массивы и цепочки). С учетом местоположения (о-в Итуруп) и новых подходов к строению и истории развития кальдеры Львиная Пасть уместна постановка вопроса о переоценке роли кислого магматизма в геологии Курило-Камчатской и других фронтальных вулканических дуг Пацифики и их отдельных экструзивных вулканов (Шивелуч, Кудрявый и др.[4-6,10,12,19,22,26]).

**Выводы.** Интерпретация временных разрезов НСП МОВ 21-го рейса НИС «Пегас»-1980 по югу охотской окраины Курильской дуги, представленных в статье, свидетельствует о развитии здесь молодых, позднемиоцен-четвертичных экструзивных куполов, формирующих подводные конические горы и холмы. Это позволяет говорить о новом типе магматических (вулканических) образований в тылу этой и возможно других вулканических дуг Пацифики, связанных с внедрением значительных объемов кислых (вяз-

ких) магм в кайнозойский осадочный чехол. Отметим и кольцевую дайку вязких магм, с которой связано образование экструзивной соммы и кальдеры Львиная Пасть в среднем плейстоцене – голоцене.

Автор благодарен ведущему инженеру ИМГиГ М.Г. Гуринову за компьютерную подготовку представленных в статье материалов НСП МОВ.

1. Антипов М.П. Тектоника неоген-четвертичного осадочного чехла дна Японского моря. - М.: Наука, 1987. – 87 с.
2. Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л. и др. Подводные горы и вулканы Курильской островной дуги // Труды лаб. вулканологии АН СССР, – 1958. – Вып. 8. – С. 71-88.
3. Бондаренко В.И. Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. – 1991. – №4. – С. 44 - 53.
4. Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. – Л.: ВСЕГЕИ, 1987. – 36 с.
5. Горшков Г.П. Вулканизм Курильской островной дуги. – М.: Наука, 1967. – 287 с.
6. Ермаков В.А. Отложения направленного взрыва вулкана Камень // Вулканы и извержения. – М.: Наука, 1969. – С. 82-93.
7. Карта «Курильские острова» масштаба 1: 1000000 // Карта «Сахалинская область» масштаба 1: 500000. - М.: Роскартография, 1998.
8. 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 // Тихоок. геология. – 2004. – Т. 23. №6. – С. 32-44.
9. 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.
10. 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.
11. Кукал Зд. Скорость геологических процессов. – М.: Мир, 1987. – 246 с.
12. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). - Южно-Сахалинск: Сахалинское кн. изд-во, 2004. – 227 с.
13. 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. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000. – Т. 2. – С. 54 - 74.
14. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Сейсмические исследования ИМГиГ ДВО РАН в Северо-Западной Пацифике (1980 – 2005 гг.) // Вестник ДВО РАН. – 2006. – №1. – С. 59-66.
15. Ломтев В.Л. Новые данные по тектонике и магматизму СЗ Пацифики // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2008. – №4. – С. 93-105.
16. Ломтев В.Л. К строению Магеллановых гор (ЮЗ Пацифики) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. - 2009. - №4. – С. 38-50.
17. Ломтев В.Л. К структурно-геоморфологической характеристике дна Охотского моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. – №2. – С. 69-80.

18. Ломтев В.Л. К строению и истории Курильской дуги // Геология морей и океанов: Мат-лы XVIII Междун. научной конф. (школы) по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2009. Т. 5. – С. 235-237.
19. Мархинин Е.К. Роль вулканизма в формировании земной коры. – М.: Наука, 1968. – 254 с.
20. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. – М.: Мир, 1966. – 273 с.
21. 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.
22. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. – М.: Наука, 1992. – 528 с.
23. Савостин Л.А., Баранов В.В., Зоненшайн Л.П. О возможной природе подводных гор Курильской глубоководной впадины Охотского моря // Там же, – 1978. – Т. 242. – №3. – С. 676-679.
24. Снеговской С.С. Исследования МОВ и тектоника южной части Охотского моря. – Новосибирск: Наука, 1974. – 86 с.
25. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря. – М.: Наука, 2006. – 130 с.
26. Чуйко Л.С., Куделькин В.В., Карней Т.И. и др. Комплексные рекогносцировочные геофизические исследования в Охотском море (объект 11/86). – Южно-Сахалинск.: трест «Дальморнефтегеофизика», 1988. – 284 с.
27. Kimura G., Tamaki K. Tectonic framework of the Kuril arc since its initiation // Formation of Active Ocean Margins, edited N. Nasu et al. - Tokyo: Terra Sci. Publ. Company, 1985. – P. 641-676.

*За даними одноканального безперервного сейсмопрофілювання 21-го рейсу НДС «Пегас»-1980 аналізується будова кількох екструзивних куполів на півдні охотської окраїни Курильської дуги біля кальдери Левина Паща (ЮЗ узбережжя о-ва Ітуруп). Екструзії піднімають, проривають та заміщують морський олігоцен-четвертинний осадовий чохол, формуючи конічні гори і пагорби, які за даними проміру та драгування звичайно інтерпретувалися як підводні або частково острівні вулкани. Для кальдери з екструзивною соммою відновлено історію, пов'язану зі спрямованим вибухом екструзивного палеовулкану (курульський Кракатау) у середньому (~0,8 млн. років) плейстоцені.*

*The structure of some extrusive domes on the Southern Okhotsk margin of Kuril arc 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 data, usually are interpreted as submarine or partly island volcan. History of caldera with extrusive somma (ring dike of viscous magmas) is restored and connected with a purposeful explosion of extrusive paleovolcan (kuril Krokotoa) in the Middle (~0,8 Ma) Pleistocene.*