

Геомагнитные исследования позднекайнозойских подводных вулканов северной части Курильской островной дуги

УДК 551. 214(265)

В.А.Рашидов

Опубликовано: Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН, Петропавловск -Камчатский, 2001 г., 428с.; УДК 551.21+552+550.34

В период 1981-1991 гг. с борта НИС "Вулканолог" было выполнено комплексное исследование подводных вулканов Курильской островной дуги (КОД). Обязательным методом исследования являлась гидромагнитная съемка. Приводится описание регионального магнитного поля КОД. Даны геомагнитные характеристики четырех подводных вулканов и трех погребенных лавовых конусов, входящих в подводные вулканические группы "Парамуширская" и "Маканруши". Сделаны предположения о возрасте образования подводных вулканических построек и составе слагающих их пород.

Введение

Изучение строения зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану представляет несомненный интерес, так как здесь в настоящее время происходят интенсивные геологические процессы, поверхностным проявлением которых являются высокая сейсмичность и современный вулканизм.

Островодужные системы - один из определяющих элементов этой зоны перехода. Курильская островная дуга (КОД) представляет собой типичную островную дугу Восточной Азии.

Она протягивается от о.Хоккайдо до южной оконечности п-ова Камчатка. С юго-востока она сопряжена с Курило-Камчатским глубоководным желобом, а с северо-запада граничит с Курильской котловиной.

Верхняя часть геологического разреза Большой Курильской гряды представлена среднеплиоценовыми и четвертичными вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами.

Четвертичные вулканические породы КОД очень сходны с неогеновыми и совместно с ними представляют типичную андезитовую формацию орогенного типа [64].

Северная часть КОД в структурном отношении более близка к Южной Камчатке, чем к остальной части Большой Курильской гряды [32].

В рамках проблемы изучения строения зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану в 8 экспедициях с борта НИС "Вулканолог" Институтом вулканологии и Институтом вулканической геологии и геохимии в 1981-91 гг. было выполнено комплексное изучение 97 подводных вулканов КОД [44]. Обязательными методами исследований являлись эхолотный промер, непрерывное сейсмическое профилирование (НСП), гидромагнитная съемка (ГМС), драгирование и отбор проб рыхлых осадков.

Первые сведения о подводных вулканах КОД были получены в результате проведения экспедиций Институтом океанологии АН СССР на НИС "Витязь" в конце 50-х годов [8]. В 70-е и 80-е

годы. Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт провел ряд экспедиций на НИС "Пегас", "Морской геофизик" и "Орлик", направленных на изучение вещественного состава подводных вулканов в пределах этой дуги [11,12,28,33-36,40-43,58]. Две экспедиции в северной части ККОС проведены в конце 60-х японскими специалистами [72,73].

Изучению КОД посвящена обширная отечественная литература. Своеобразной итоговой работой, в которой отражены геофизические поля и глубинное строение КОД, явился геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной дуги [18].

Региональная характеристика магнитного поля Курильской островной дуги

Особое место в ряду методов, применяемых сегодня для изучения подводного вулканизма, занимают геомагнитные исследования. Анализ карт аномального магнитного поля открывает путь к изучению внутреннего строения вулкана, его эволюции, определению возраста образования вулкана, характеристик слагающих его пород, геодинамики и тектоники районов исследования и к поиску новых подводных вулканов.

В пределах Курильской островной дуги выполнен большой объем гидро- и аэромагнитных исследований [11,12,16,17,20,33-36,57,62,64,72,73], позволивших выявить основные региональные особенности магнитного поля [18,33-36,59,60,65,66].

Региональная характеристика магнитного поля в пределах описываемого региона по основным морфоструктурным элементам приведена в направлении от Тихого океана к Охотскому морю.

Магнитное поле краевой части Тихоокеанской плиты, включая вал Зенкевича и океанский склон глубоководного желоба, неоднородно. Для участка плиты, примыкающего к Южным Курилам, характерны полосовые линейные аномалии северо-восточного простирания, которые связываются с чередованием зон прямой и обратной намагниченности второго слоя океанической коры [66]. Полосы прямой и обратной намагниченности в несколько размытом виде прослеживаются и в нижней половине островодужного склона желоба, хотя второй слой океанической коры здесь погружается под островную дугу. Эти аномалии второго слоя как бы просвечивают сквозь вышележащие образования островодужного склона. К северным Курилам и южной Камчатке примыкает участок Тихоокеанской плиты со спокойным магнитным полем [66]. Для него характерен мозаичный характер чередования зон слабых положительных и отрицательных аномалий магнитного поля. Трансформные разломы северо-западной части Тихоокеанской плиты маркируются линейными положительными аномалиями, секущими и полосовые аномалии, и зону спокойного поля. Наиболее отчетливо это видно на разломе Тускарора, перпендикулярном простиранию полосовых аномалий, напротив о.Кунашир [18].

Аномалии континентального склона глубоководного желоба имеют генеральное северо-восточное простирание, которое нарушается поперечными аномальными зонами. На южном участке этого склона желоба линейные северо-восточные аномалии, параллельные простиранию оси желоба, как бы продолжают полосовые аномалии Тихоокеанской плиты, но носят более размытый характер [18]. На северном участке они накладываются на мозаичное спокойное поле примыкающего участка Тихоокеанской плиты. Осевая часть Курило-Камчатского желоба на его южном отрезке совпадает с отрицательной аномалией, и только напротив о.Хоккайдо ось желоба косо сечет полосовые аномалии, а на северном - она пересекает как положительные, так и

отрицательные участки мозаичного поля. Иными словами, для осевой части желоба характерно поле примыкающих участков Тихоокеанской плиты.

Невулканической дуге (хр. "Витязя") и примыкающим участкам склона желоба соответствует положительная региональная аномалия магнитного поля, называемая Восточно-Курильской магнитной аномалией [6,61]. Эта аномалия, имеющая слабо возмущенный характер и достигающая интенсивности 900 нТл [33], протягивается к востоку от Большой Курильской гряды более, чем на 1500 км. В северной половине она осложняется косо секущими и субмеридиональными отрицательными аномалиями, а в месте резкого изгиба центральной части дуги - субширотной отрицательной аномалией. Аномалии хребта "Витязя" связаны с магнитоактивными телами как "гранито-метаморфического", так и "базальтового" слоев [34].

Вулканической дуге соответствует узкая зона возмущенного магнитного поля с локальными положительными и отрицательными аномалиями отдельных вулканических построек, имеющими большие горизонтальные градиенты, наложенными на общий отрицательный горизонтальный фон [17]. Эта зона находит свое продолжение на Камчатке, где она связана с четвертичными лавовыми покровами [52]. Над крупными островами Большой Курильской гряды отмечены знакопеременные аномалии с интенсивными максимумами на границе островов. Над небольшими островами (Райкоке, Черные Братья, Харимкотан, Маканруши) зафиксированы положительные аномалии интенсивностью в 150-300 нТл, обусловленные источниками приповерхностного залегания [17]. Следует отметить, что в ряде работ [20,22,27] приведена магнитная аномалия, зафиксированная над островом Маканруши, интенсивностью 800 нТл.

К подводным вулканам приурочены локальные положительные аномалии и часто сопряженные с ними отрицательные аномалии. Размах этих аномалий достигает 1000 нТл и более [44].

Магнитоактивные тела, выделенные в пределах вулканической дуги, располагаются в вулканогенно-осадочной толще [20,33,34].

Образцы горных пород, отобранные на Курильских островах и драгированные с подводных вулканов, сильно дифференцированы по своим магнитным свойствам [20,29-31,34,44]. Наиболее интенсивно намагничены основные вулканические породы. Донные осадки практически немагнитны [23].

Курильской глубоководной котловине соответствует отрицательное магнитное поле без резких возмущений. Аномалии изометричные. Ближе к островам они принимают линейный характер. Контрастные локальные аномалии не наблюдаются. Верхние корки магнитоактивных тел Курильской глубоководной котловины расположены в "базальтовом" слое, а нижние уходят в верхнюю мантию [34].

Детальные исследования подводных вулканов Курильской островной дуги, выполненные до 1981 г., крайне малочисленны. В работе [17] есть указание на то, что локальные положительные аномалии (ΔT)_a, наблюдаемые к северо-западу от Большой Курильской гряды, приурочены к подводным горам вулканического происхождения. В работе [72] приведены результаты магнитной съемки двух, а в работе [11] - четырех подводных гор (вулканов).

С борта НИС "Вулканолог" были выполнены геомагнитные исследования 90 из 97 подводных вулканов Курильской островной дуги [2-5,10,44-50,67-69].

Подводные вулканы образуют цепочки причленяющиеся, как правило, косо к Большой Курильской гряде. По-видимому, местоположение цепочек подводных вулканов контролируется магмовыводящими зонами разрывных нарушений [44]. Большинство подводных вулканов, также как и наземных, имеют четвертичный возраст. На некоторых вулканах отмечены признаки недавних извержений. Подводные вулканы сложены породами андезито-базальтового, реже андезитового и базальтового состава [44,64]. Их относительные высоты достигают 3 км, а крутизна склонов изменяется от 1-15° у подножий, до 30° и более в привершинных частях. Размеры по осям основания меняются от 3 до 25 км, а объемы вулканических построек от 1-3 до 400-450 км³. Некоторые постройки возвышаются над уровнем моря в виде вулканов-островов. Отмечены как остро -, так и плосковершинные вулканы. Плоские вершины подводных вулканов указывают на то, что они могли возвышаться над уровнем моря. В настоящее время плоскости этих вершин, как правило, наклонены в сторону Курильской котловины.

В пределах Курильской островной дуги выделено 8 вулканических групп. Составлен "Каталог подводных вулканов и гор Курильской островной дуги" [44]. Основные результаты изучения подводного вулканизма с борта НИС "Вулканолог" отражены в монографии "Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги" [44].

В настоящей работе приводятся результаты изучения аномального магнитного поля ряда позднекайнозойских подводных вулканов и магнитных характеристик слагающих их пород в северной части Курильской островной дуги, в пределах подводных вулканических групп "Парамуширская" и "Маканруши".

Подводная вулканическая группа "Парамуширская"

В пределах этой вулканической группы изучены подводный вулкан Григорьева, подводный вулкан, расположенный к западу от о. Парамушир и подводные лавовые конусы у о. Парамушир.

Подводный вулкан Григорьева. Плосковершинный подводный вулкан Григорьева, названный в честь выдающегося отечественного геолога [8], находится в 5,5 км к северо-западу от о. Атласова (вулкана Алаид) (рис.1).

Он поднимается с глубин 800-850 м, и его основание срослось с основанием вулкана Алаид. Вулкан Григорьева располагается на генеральной линии северо-северо-западного направления расположения побочных конусов вулкана Алаид.

Размеры основания вулкана по изобате 500 м 11,5 × 8,5 км, а объем постройки около 40 км³. Крутизна склонов достигает 10°-15°.

Вершина подводного вулкана Григорьева срезана абразией и снивелирована до уровня 120-140 м (рис.2), что практически соответствует уровню моря в позднем плейстоцене. В южной части вершины

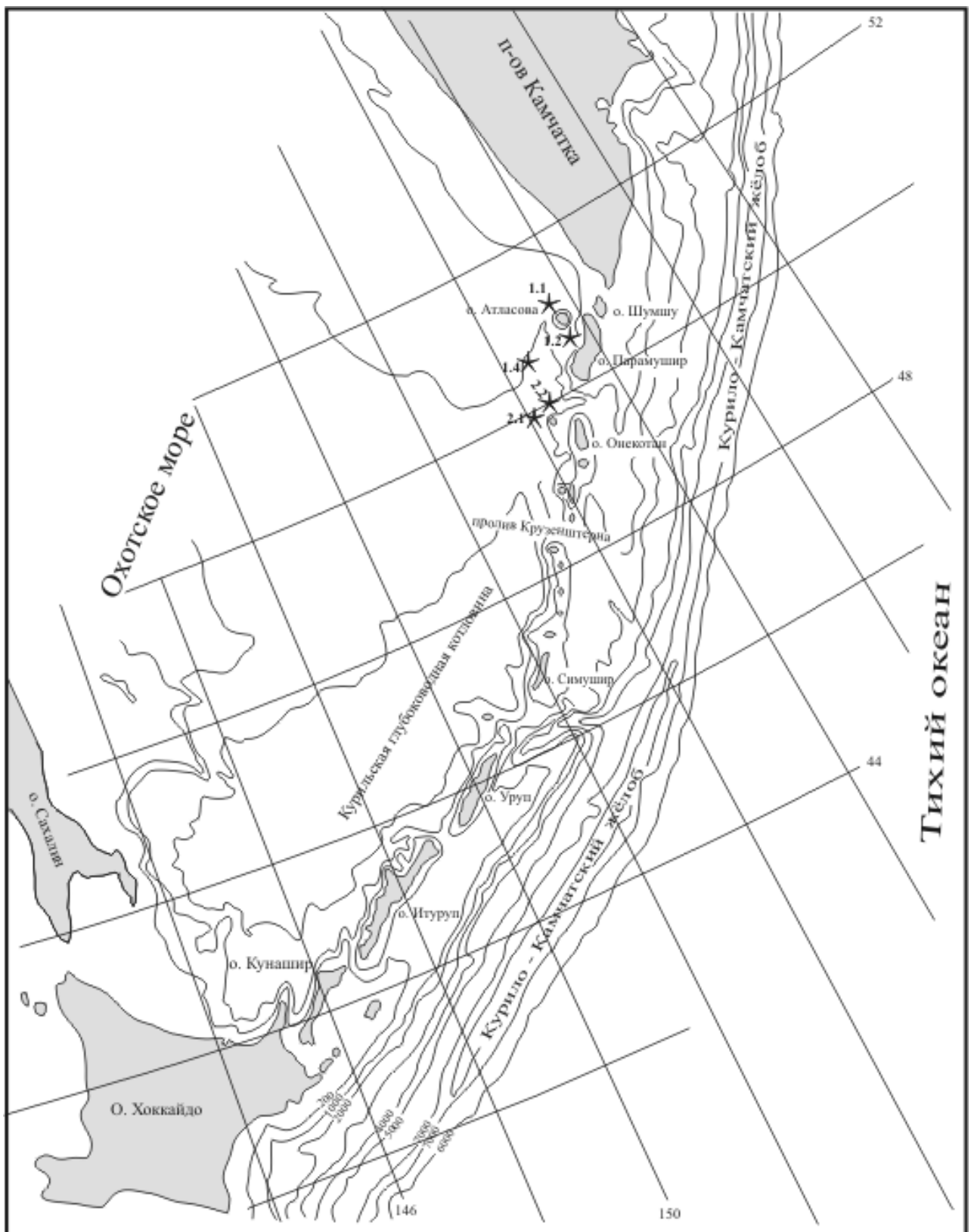


Рис.1. Местоположение подводных вулканов северной части Курильской островной дуги: 1- подводные вулканы. Цифрами, согласно [44], обозначены: 1.1 - подводный вулкан Григорьева; 1.2 - лавовый конус у о.Парамушир; 1.4 - подводный вулкан к западу от о. Парамушир; 2.1 - подводный вулкан Белянкина; 2.2. - подводный вулкан Смирнова.

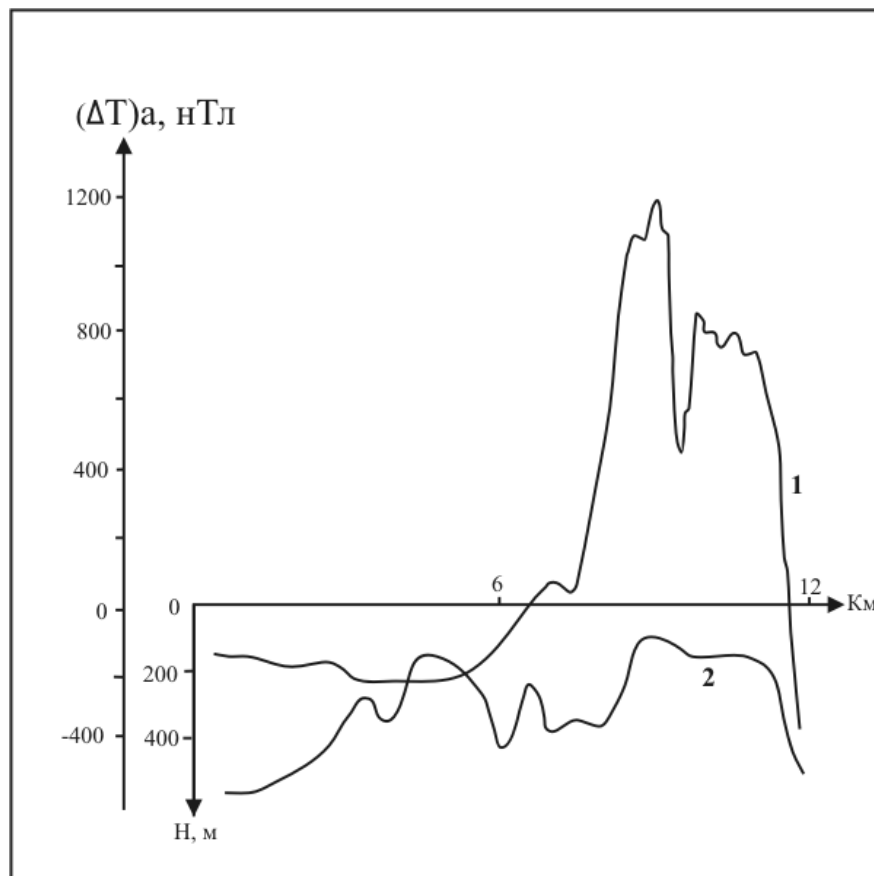


Рис.2. Аномальное магнитное поле (ΔT)а над подводным вулканом Григорьева: 1 - аномальное магнитное поле; 2 - рельеф дна.

отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубины 55 м. По всей видимости, эти скальные выступы представляют собой отпрепарированный некк.

Судя по записям непрерывного сейсмического профилирования, вулканическая постройка сложена, в основном, плотными вулканическими породами.

К подводному вулкану Григорьева приурочена интенсивная аномалия магнитного поля с размахом более 1000 нТл (см. рис.2). Все скальные выступы, отмеченные в южной части плоской вершины, отчетливо фиксируются в магнитном поле наличием локальных аномалий. Вулканическая постройка намагничена по направлению современного магнитного поля.

При драгировании подводного вулкана были подняты базальты, варьирующие по своему составу от весьма низкокремниземных до высококремниземных разновидностей [1,44]. Остаточная намагниченность этих базальтов изменяется в диапазоне 7,3-28,5 А/м, а отношение Кенигсбергера - в интервале 8,4-26,5.

Данные эхолотного промера, непрерывного сейсмического профилирования, гидромагнитной съемки и измерения магнитных свойств драгированных образцов позволяют предположить, что вся постройка подводного вулкана Григорьева сложена плотными базальтами.

Наличие доголоценовой 120-140 метровой террасы и намагниченность вулканической постройки по направлению современного магнитного поля позволяет оценить возраст образования вулкана в интервале 700 - 10 тысяч лет назад.

Подводный вулкан к западу от о.Парамушир. В 1989 г. в 34 и 35 рейсах НИС "Вулканолог" в тыловой части Курильской дуги, в 80 км к западу от о.Парамушир был открыт и детально исследован неизвестный ранее подводный вулкан [10,50].

Этот подводный вулкан находится на пересечении прогиба Атласова с продолжением поперечной структуры 4-го Курильского прогиба (см. рис.1). Также как и подводные вулканы Белянкина и Эдельштейна, он расположен далеко в тылу Курильской островной дуги и удален от оси Курило-Камчатского желоба на 280 км.

Вулкан находится на пологом склоне прогиба, возвышаясь над окружающим дном Охотского моря на 650-700 м (рис.3). Основание его слегка вытянуто в северо-западном направлении и имеет размеры $\sim 6,5 \times 7$ км. Вершина горы осложнена рядом пиков. Отрицательная форма рельефа почти замкнутым кольцом опоясывает основание вулкана.

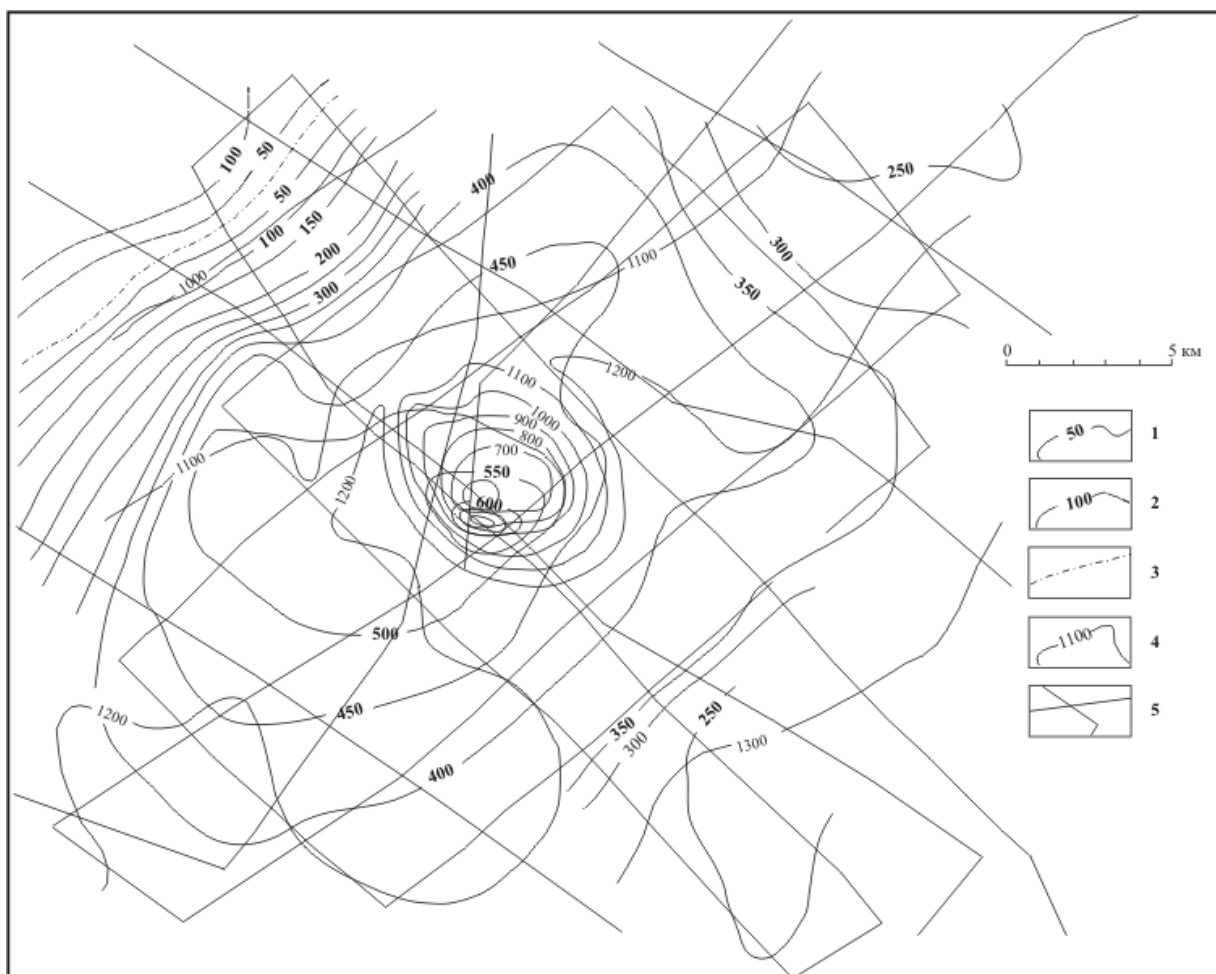


Рис.3. Аномальное магнитное поле (ΔT) и рельеф подводного вулкана к западу от о.Парамушир: 1-3 - изолинии магнитного поля (нТл), соответственно: положительные, отрицательные, нулевые; 4 - изобаты (м); 5 - галсы

В окрестностях вулкана в осадочном разрезе отсутствуют протяженные рассеивающие горизонты. Лишь у самого основания иногда выделяется непротяженный "акустически мутный" клин, обусловленный, по-видимому, скоплением обломочного материала и оползших осадков [10]. Положение в разрезе этого "акустически мутного" клина соответствует предполагаемому времени образования вулкана, которое по данным НСП, составляет 400-700 тыс. лет [10].

Особенности строения осадочного чехла указывают на то, что прорыв магмы к поверхности дна здесь не сопровождался крупномасштабным процессом накопления вулканогенно-осадочного материала, и, вероятнее всего, завершился образованием одной или серии вулканических экструзий. Скорее всего, вся постройка сложена вулканическими породами.

На удалении 5-10 км от вулкана по данным НСП выделены три небольших (по-видимому, магматических) тела, не достигших поверхности дна. Перекрывающие их осадки смяты в антиклинальные складки.

Аномальное поле (ΔT) в районе подводного вулкана характеризуется положительными значениями (см. рис 3). Лишь в северо-западной части района исследований отмечаются отрицательные значения поля интенсивностью до -200 нТл. Области положительных и отрицательных значений магнитного поля разделены линейной зоной высоких градиентов, имеющей северо-западное простирание [10]. Горизонтальный градиент поля в этой зоне достигает 80-100 нТл/км. Непосредственно к вулканической постройке приурочена положительная аномалия магнитного поля интенсивностью до 400-500 нТл. Вблизи привершинной части постройки отмечен локальный максимум интенсивностью до 700 нТл. Максимум аномалии смещен к югу от вершины вулкана. Отмеченные магматические тела, не достигшие поверхности дна, в аномальном магнитном поле не выражены самостоятельными аномалиями.

Наблюдаемая картина аномального магнитного поля свидетельствует о прямой намагниченности подводной вулканической постройки.

По всей видимости, возраст образования вулкана не древнее 700 тыс. лет, что хорошо согласуется с данными НСП.

При драгировании привершинной части горы были подняты, в основном, амфиболовые андезиты, с подчиненным количеством пироксеновых андезитов-базальтов и плагиобазальтов [10,44,50]. В малых количествах присутствуют обломки гранитоидов, андезитовых пемз, шлаки, галька осадочных пород, железо-марганцевые образования и донная биота.

Данные эхолотного промера, НСП, ГМС и геологического опробования позволяют предположить, что основная масса вулканической постройки сложена породами андезито-базальтового состава.

Подводные лавовые конусы у о.Парамушир. В ряде рейсов НИС "Вулканолог" и в рейсе 11-А НИС "Академик Мстислав Келдыш" было проведено изучение подводной газогидротермальной активности на северо-западном склоне о. Парамушир [2-5,7,9,25,26, 39,44]. В рейсе 11-А НИС "Академик Мстислав Келдыш" в исследуемом районе было выполнено то ли 11 погружений подводных обитаемых аппаратов (ПОА) "Пайсис VII" и "Пайсис XI" [25,26], то ли 13 [7].

Сигналом к столь пристальному изучению этого района послужила радиограмма, отправленная 20 марта 1982 г. капитаном рыболовного судна "Пограничник Змеев" в газету "Камчатская правда" о том, что вблизи о. Парамушир "обнаружен действующий подводный вулкан на глубине 820 м, экстремальная высота выброса 290 м ...". В апреле того же года в 13-ом рейсе НИС "Вулканолог" в указанной точке были обнаружены акустические помехи, четко проявляющийся на записях эхолота. Аналогичные записи неоднократно фиксировались при проведении исследований с борта научно-исследовательских судов в районе активных вулканов и связывались с действием подводных фумарол [13-15,37,53,54,70,71]. По своей форме выявленные

помехи напоминали факел. В дальнейшем при проведении исследований в указанной точке акустические помехи на записях различных эхолотов, установленных на борту НИС "Вулканолог", отмечались вплоть до 1991 г., когда был выполнен последний специализированный рейс N 40 этого судна в пределах КОД.

До начала проведения исследований в районе "факела" не были известны какие-либо признаки проявления вулканической активности. Для установления природы "факела" аномальной воды и были выполнены столь многочисленные исследования. Они позволили установить, что "факел" образован подводным газогидротермальными выходами (ПГТВ), аналогичными подводной фумароле, но непосредственно не связанными с каким либо вулканическим центром. Поэтому применение к нему термина "подводная фумарола" было бы неправильно.

ПГТВ расположен на запад-северо-западном склоне о. Парамушир в тыловой части ККОС, приблизительно посередине между вулканами Алаид и Анциферова. Его координаты - $50^{\circ}30,8'$ с.ш. и $155^{\circ}18,45'$ в.д. Он приурочен к слабо проявленной поперечной вулканической зоне, представленной почти полностью погребенными экструзивными куполами или небольшими вулканическими конусами, протягивающимися от вулкана Чикурачки в запад-северо-западном направлении [3,44]. На записях НСП эти структуры аналогичны побочным шлаковым конусам вулкана Алаид, которые также имеют поперечную по отношению к КОД ориентацию. Большинство погребенных структур имеют размеры 0,5-3 км по основанию и 50-400 м по высоте. Учитывая, что эти размеры меньше межгалсового расстояния, исключая небольшой участок вокруг самого ПГТВ, можно предположить, что число погребенных структур в описываемом районе несколько больше [3]. Необходимо отметить, что погребенные структуры в районе КОД при проведении вулканологических экспедиций с борта НИС "Вулканолог" обнаружены только в двух местах: в районе ПГТВ и у подводного вулкана к западу от о.Парамушир [10,50].

Судя по данным ГМС, не все вулканические погребенные структуры имеют одинаковое строение. Одни из них никак не выражены в магнитном поле, а только фиксируются на лентах НСП, к другим приурочены отчетливые положительные или отрицательные аномалии магнитного поля, и они являются, по всей видимости, лавовыми куполами или конусами, застывшими, в основном, в толще осадков [3,26,44]. Немагнитные конусовидные постройки могут быть сложены шлаковыми конусами либо кислыми породами.

Самый крупный лавовый конус (1.2 по [44]) расположен в северо-восточном окончании участка детальных исследований [3] (см. рис.1). Он почти целиком находится внутри осадочной толщи, имеющей здесь мощность более 1500 м. Лишь его привершинная часть возвышается над поверхностью дна, образуя холм высотой 100-120 м. Зафиксированная глубина над вершиной равна 580 м. Размеры этой структуры в ее нижней части на глубине 800-1000 м от поверхности дна достигают 5-6 км. Размер постройки по погребенному основанию - $7,5 \times 11$ км, площадь ~ 65 км², полная высота 1600 м [3,44]. Крутизна склонов постройки составляет 5° - 8° . С юго-юго-запада к ней примыкает более мелкий конус с размером основания ~ 3 км [3]. Обе эти постройки являются магнитными и образуют аномалию, в пределах которой отмечены два экстремума интенсивностью 370 и 440 нТл (рис.4). Постройки намагничены по направлению современного магнитного поля, и возраст их образования не древнее 700 тыс. лет.

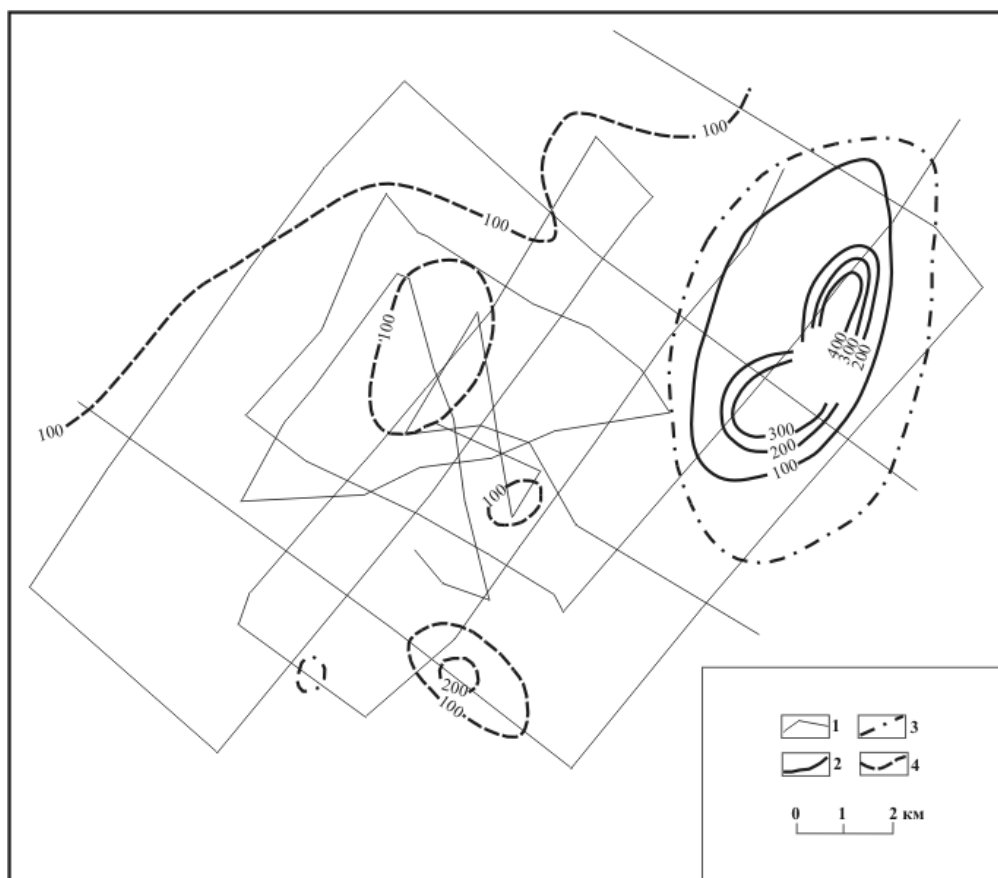


Рис.4. Аномальное магнитное (ΔT) поле в районе погребенных лавовых конусов: 1 - галсы; 2-4 - изолинии магнитного поля (нТл), соответственно: положительные, нулевые, отрицательные

Выполненное двухмерное моделирование показало, что эффективная намагниченность северного конуса составляет 1,56 А/м, а южного - 3,7 А/м. Исходя из средних значений эффективной намагниченности для подводных вулканов [19,22], можно предположить, что северный конус сложен андезитами, а южный - андезито-базальтами.

При проведении погружений ПОА на северном конусе были опробованы плагиоклаз-роговообманковые андезиты [26] и преобладающие однородные базальты [44].

Сопоставление результатов геомагнитного моделирования с данными геологического опробования позволяет предположить, что верхняя часть этого конуса сложена базальтами, а более глубокие части - андезитами.

Оценки возраста северного конуса, приведенные в различных работах [3,26,39,44], изменяются в пределах неоген-четвертичного.

Небольшой конус, расположенный в южной части участка детальных работ, имеет размер основания $\sim 1,5$ км в диаметре [3]. К нему приурочена отрицательная аномалия магнитного поля интенсивностью -200 нТл (см. рис.4). Эффективная намагниченность этого конуса составляет 1,3 А/м, что отвечает намагниченности андезитовых вулканов [19,22]. Отрицательный характер магнитного поля позволяет предположить, что возраст образования этого конуса не моложе 700 тыс. лет.

Следует отметить, что ПГТВ расположен в зоне повышенной трещеноватости с большим количеством мелких разрывных нарушений [3].

Погружения ПОА в зоне ПГТВ [7,25,26] показали, что наиболее характерными формами рельефа в районе ПГТВ являются хаотично расположенные провальные воронки и ямы. Размер ям меняется от 1 до 10 м в поперечнике и имеет глубину до 3 м. Расстояние между ямами 0,5-2 м.

ПГТВ связывают с залежами твердых газогидратов [7,25,26,39]. Сотрудники ИО РАН считают, что исследованные выходы являются газовыми, а не гидротермальными [7,25,26].

Проведенные исследования показали, что ПГТВ расположены в пределах слабо выраженной вулканической зоны четвертичного (неоген-четвертичного?) возраста. Они приурочены к зоне повышенной трещиноватости и непосредственно не связаны с каким-либо вулканическим центром. Ближайший немагнитный (шлаковый?) конус расположен ~ в 2-х км к восток-юго-востоку от точки проявления акустических помех.

Подводная вулканическая группа "Макаруши".

В пределах этой вулканической группы были изучены контрастные подводные вулканы Белянкина и Смирнова, названные в честь выдающихся отечественных геологов [8].

Эти подводные вулканы расположены в тылу острова Онекотан (см. рис. 1).

Подводный вулкан Белянкина расположен в 23 км к северо-западу от о.Макаруши (рис. 5).

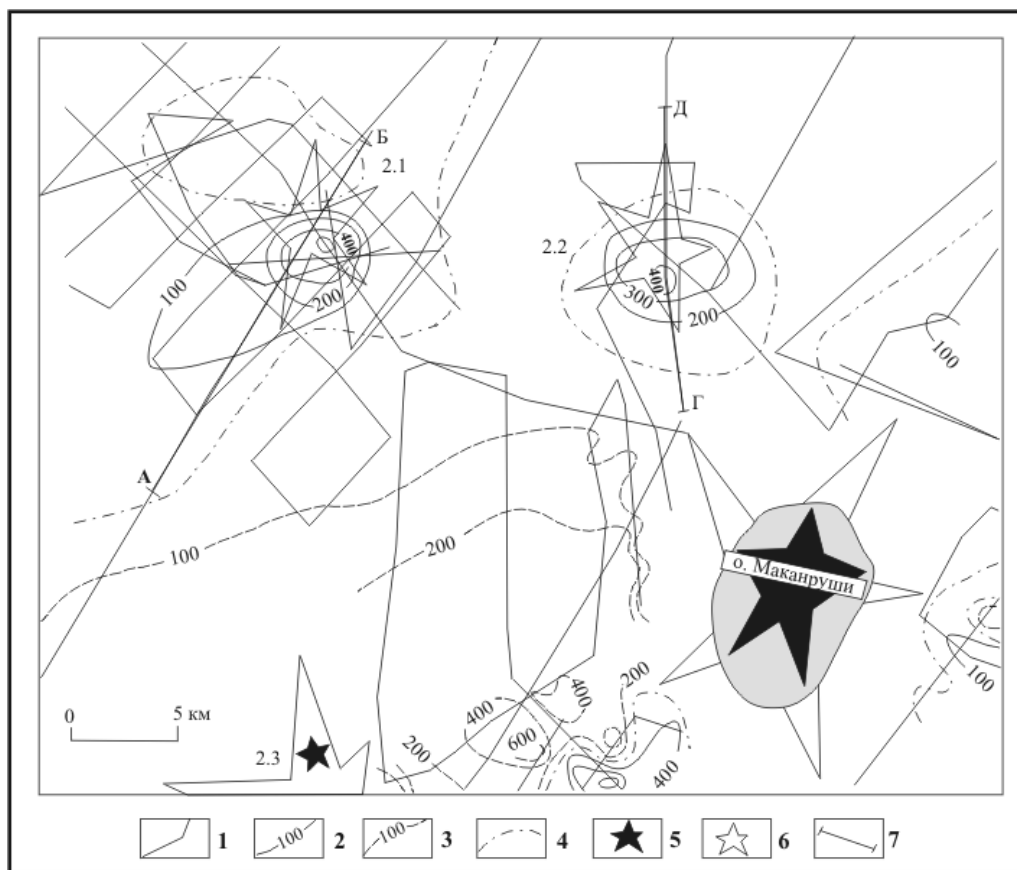


Рис.5. Аномальное магнитное поле (ΔT) в районе подводных вулканов Белянкина и Смирнова: 1 - галсы; 2-4 - изолинии магнитного поля (нТл), соответственно: положительные, отрицательные, нулевые; 5 - поднимающиеся выше уровня моря вершины вулканов; 6 - подводные вулканы; 7 - интерпретационные профили, представленные на рис.6. Цифрами, согласно [44], обозначены подводные вулканы; 2.1 - вулкан Белянкина; 2.2 - вулкан Смирнова; 2.3 - вулкан "Скалы Авось".

На навигационных картах, до проведения работ с борта НИС "Вулканолог", в этом районе были показаны две отличительные глубины, которые могли являться глубинами, отмеченными над вершинами этого подводного вулкана. Выполненные нами исследования однозначно показали, что у подводного вулкана Белянкина существует всего одна вершина.

Вулкан Белянкина имеет форму изометричного конуса и поднимается над окружающим дном на высоту около 1100 м [44,48,49]. Острая вершина вулкана расположена на глубине 508 м. Вулкан Белянкина располагается не только за пределами горного сооружения Курило-Камчатской островной дуги, но даже по другую сторону Курильской котловины - на ее северо-западном склоне [8,21,63]. Максимальный размер основания вулканической постройки 9×7 км при площади около 50 км². Вулкан имеет крутые склоны. Крутизна их увеличивается в направлении от основания к вершине от 15°-20° до 25°-30° [44,49]. Возвышающиеся над дном котловины склоны вулкана, лишены осадочного чехла. Основание вулкана с налеганием перекрыто мощной толщей осадков. На сейсмограммах НСП им соответствует картина сейсмоакустического изображения, в целом типичная для осадочных толщ данного района Охотского моря [10,44]. Объем вулканической постройки, с учетом перекрытой осадками части, ~35 км³. Мощность осадочных отложений вблизи вулкана превышает 1000 м. При имеющихся оценках скорости осадконакопления в Охотском море (20-200 м/млн. лет) [26,55] для образования этой толщи потребовалось бы от 1 до 10 млн. лет [48,49].

Подводный вулкан Белянкина отчетливо проявляется в магнитном поле [44,45,48,49]. К нему приурочена аномалия магнитного поля с размахом в 650 нТл, экстремум которой смещен к юго-востоку от вершины (см. рис.5). Вулканическая постройка имеет прямую намагниченность.

При драгировании подводного вулкана Белянкина были подняты однородные оливиновые базальты [28,40-44]. Основываясь на изучении драгированных пород, одни авторы считают, что извержения вулкана происходили в подводных условиях [44], а другие - что в сухопутных [28].

Измерение магнитных свойств драгированных образцов показало, что они их остаточная намагниченность изменяется в пределах 10-29 А/м, а отношение Кенигсбергера - в пределах 5,5-16 [44,49].

Для интерпретации данных ГМС было выполнено 2,5-мерное моделирование по методике, предложенной в работе [38]. В качестве априорной информации использовались материалы эхолотного промера и НСП. Одна из наиболее реалистичных моделей, при которой наблюдается наилучшее совпадение кривых аномального и модельного магнитных полей, представлена на рис.6.

Из результатов моделирования следует, что аномальное магнитное поле в районе вулкана обусловлено, в основном, его постройкой. Роль глубинных корней вулкана весьма незначительна. Породы, слагающие вулканическую постройку, имеют прямую намагниченность и довольно однородны по составу, что хорошо согласуется с данными геологического опробования. Моделирование, выполненное по двум другим независимым методикам, дало аналогичные результаты.

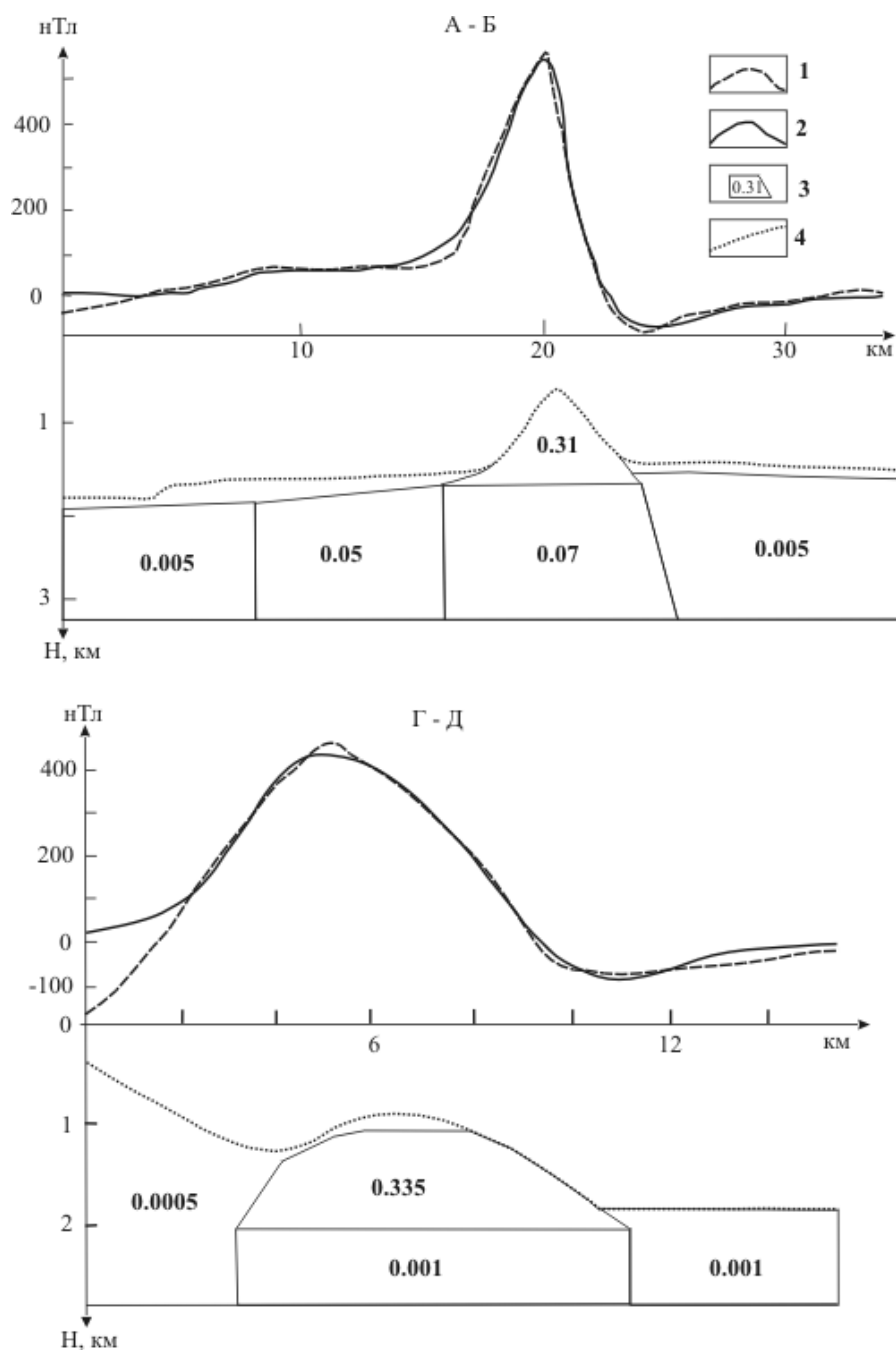


Рис.6. Результаты интерпретации данных гидромагнитной съемки по профилям А - Б (подводный вулкан Белянкина) и Г - Д (подводный вулкан Смирнова): 1-2 - графики магнитного поля, соответственно: аномального и модельного; 3 - аномалообразующие тела со значениями эффективной намагниченности $J_{эф}$. (А/м); 4 - рельеф дна. Местоположение профилей см. на рис.5.

Сопоставляя результаты моделирования с данными НСП и эхолотного промера, и учитывая свежесть драгированного материала [44], можно предположить, что, скорее всего, осадочная толща была прорвана при образовании вулканической постройки. Основание вулкана, по-видимому, начало формироваться в плиоцене, а основная часть постройки сформировалась в плейстоцене [48,49].

Подводный вулкан Смирнова расположен в 12 км к северо-северо-западу от о.Маканруши (см. рис.5). Его основание на глубине порядка 1800 м сливается с основанием острова Маканруши. Склоны о. Маканруши покрыты мощным (до 0,5 с) чехлом "акустически непрозрачных", вероятно вулканогенных и вулканогенно-осадочных, отложений [48,49]. Эти же отложения перекрывают

южную часть основания вулкана Смирнова и как бы "обтекают" его с юго-запада и юго-востока. С севера подножие вулкана перекрыто обычными для этого района Охотского моря осадочными отложениями [10,44] мощностью не менее 1000 м. По имеющимся оценкам скорости осадконакопления в Охотском море [26,55], для образования этой толщи потребовалось бы не менее 5 млн. лет [49].

Плоская вершина вулкана расположена на глубине 950 м и перекрыта горизонтально-слоистыми осадками мощностью 100-150 м [44,48,49]. Максимальный размер основания вулкана 8×11 км, при площади ~ 70 км², а плоской вершины - 2 x 3 км. Относительная высота вулканической постройки 850 м, а объем - около 20 км³ [44,49].

Подводный вулкан Смирнова также отчетливо проявляется в магнитном поле и к нему приурочена аномалия магнитного поля с амплитудой 470 нТл (см. рис.5). Вулканическая постройка имеет прямую намагниченность.

При драгировании вулкана Смирнова были подняты разнообразные породы, изменяющиеся по своему составу от базальтов до дацитов [40-44].

Драгированные андезито-базальты имеют остаточную намагниченность 1,5-4,1 А/м и отношение Кенигсбергера 1,5-6,9, а андезиты - 3,1-5,6 А/м и 28-33 соответственно [44,49].

Для интерпретации данных ГМС было выполнено 2.5-мерное моделирование по методике, предложенной в работе [38]. Одна из наиболее реалистичных моделей, при которой наблюдается наилучшее совпадение кривых аномального и модельного магнитных полей, представлена на рис.б. Расхождение в начале профиля наблюдаемой и рассчитанной кривых аномального магнитного поля происходит из-за влияния близлежащего острова Маканруши. Из результатов моделирования следует, что аномальное магнитное поле в районе вулкана обусловлено его постройкой, а не глубинными корнями. Несмотря на разнородность драгированного материала, подавляющая часть постройки довольно-таки однородна по составу слагающих ее пород, имеющих прямую намагниченность. Исходя из величины эффективной намагниченности, такими породами могут быть высококальциевые амфиболсодержащие андезиты, типичные для тыловой зоны Курило-Камчатской островной дуги [44].

Плоская вершина вулкана свидетельствует о том, что когда-то он поднимался до уровня моря, а затем испытывал значительное опускание. Обширные подводные террасы о.Маканруши находятся на глубинах порядка 120-130 м. Это практически соответствует уровню моря в позднем плейстоцене, т.е. с позднего плейстоцена значительных опусканий в этом районе не происходило. Поэтому можно считать, что опускание плоской вершины вулкана Смирнова до глубины 950 м произошло до начала позднего плейстоцена. Характер соотношений постройки вулкана Смирнова с осадочными отложениями дна Охотского моря и отложениями подводных склонов о.Маканруши позволяет предполагать, что этот вулкан является одной из наиболее древних частей массива о.Маканруши. Возраст его, по крайней мере, плиоценовый [48,49].

Заключение

В результате исследований, проведенных в 8 экспедициях с борта НИС "Вулканолог", получены сведения о геомагнитных характеристиках и строении подводных вулканов северной части КОД в пределах вулканических групп "Парамуширская" и "Маканруши".

Подводные вулканические группы "Парамуширская" и "Маканруши" находят свое отражение в структуре аномального магнитного поля. Подводные вулканы в пределах этих зон четко отражаются в магнитном поле, и к ним приурочены локальные аномалии, не нарушающие общий характер поля [44]. Аномалии имеют различные простирания, а размеры их сопоставимы с размерами оснований вулканических построек. Преобладают изометричные аномалии. Над вершинами вулканических построек отмечено, как правило, повышение магнитного поля и, в основном, его положительные значения. Интенсивность аномалий, наблюдаемых на акватории над отдельными подводными вулканами в северной части Курильской островной дуги, достигает 1000 нТл.

Выявлено большое количество высокоградиентных зон. Горизонтальный градиент поля нередко достигает 100 нТл/км [46,47,68,69].

Подавляющая часть исследованных вулканических построек намагничена по направлению современного магнитного поля.

Построен ряд оригинальных батиметрических карт, карт и карт-графиков аномального магнитного поля. Измерены магнитные свойства драгированных пород. Сделаны предположения о возрасте формирования подводных вулканов и составе слагающих их пород.

В тылу северной части КОД обнаружен неизвестный ранее подводный вулкан. Скорее всего, он проявлял активность в четвертичное время, в результате которой сформировался андезитовый экструзивный купол, а в верхней части осадочного чехла - ряд интрузивных тел.

Исследованы погребенные лавовые конусы в пределах слабо выраженной вулканической зоны четвертичного (неоген-четвертичного?) возраста у о.Парамушир. Предположение о составе пород, слагающих северный конус, основанное на результатах интерпретации данных ГМС, подтвердилось при проведении геологического отбора с борта ПОА.

Детально изучены позднекайнозойские подводные вулканы Григорьева, Белянкина и Смирнова.

Полученные данные, несомненно, имеют большое значение для изучения строения зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану в пределах КОД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахманов А. И., Пискунов Б.Н., Смирнов И.Г.,Федорченко В.И. Вулкан Алаид (Курильские острова) // Восточно-Азиатские островные системы (Тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 85 - 107.
2. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. "Вулканолог" исследует подводный факел // Природа. 1986. N 7. С. 80-87.
3. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. и др. Подводная газогидротермальная активность на северо-западном склоне о. Парамушир (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1984. .N 6. С. 66-81.
4. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. и др. Проявления подводной газогидротермальной активности Курильской островной дуги // Тез. докл. 6-ой Всесоюзной школы морской геологии " Геология океанов и морей". М., 1984. Т. 3. С. 158-159.

5. Авдейко Г.П., Черткова Л.В., Гавриленко Г.М. и др. Подводное термальное поле у о. Парамушир // Тез. докл. 7-ой Всесоюзной школы морской геологии " Геология море и океанов". М., 1986. Т. 3. С. 6-7.
6. Андреев А.А. О геологической природе Восточно-Курильской магнитной аномалии // Океанология. 1995. Т. 35. N 5. С. 765-769.
7. Баранов Б.В., Гедике К., Леликов Е.П. Газовый факел в Охотском море // Природа. 1996. N 9. С. 43-47.
8. Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Тр. Лаборатории вулканологии. 1958. Вып. 13. С. 71-88.
9. Бондаренко В.И., Надежный А.М. Акустические неоднородности осадочного чехла в районе подводного газогидротермального выхода у о-ва Парамушир // Вулканология и сейсмология. 1987. N 2. С. 100-104.
10. Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Селиверстов Н.И., Шкира В.А. Подводный вулкан к западу от о-ва Парамушир // Вулканология и сейсмология. 1994. N 1. С. 13-18.
11. Воробьев В.М. Магнитное поле как индикатор вещественного состава намагниченных пород (на примере подводных гор юго-востока Охотского моря) // Естественные геофизические поля дальневосточных окраинных морей. Владивосток, 1977. С. 57-63.
12. Воробьев В.М., Кочергин Е. В., Красный М.Л. Изученность района исследований магнитометрическими методами // Геомагнитное поле окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Южно-Сахалинск, 1975. Вып. 38. С. 11-16.
13. Гавриленко Г.М. Гидрохимический метод обнаружения и изучения подводной вулканической активности // Вулканология и сейсмология. 1984. N 5. С. 40-48.
14. Гавриленко Г.М. Подводная вулканическая и гидротермальная деятельность как источник металлов в железо-марганцевых образованиях островных дуг. Владивосток: Дальнаука, 1997. 164 с.
15. Гавриленко Г.М., Горшков А.П., Скрипко К.А. Активизация газо-гидротермальной деятельности подводного вулкана Эсмеральда в январе 1978 г. и ее влияние на химический состав морской воды // Вулканология и сейсмология. 1980. N 2. С. 19-29.
16. Гайнанов А.Г., Соловьев О.Н. Магнитное поле // Строение дна Охотского моря. М.: Наука. 1981. С. 93-98.
17. Гайнанов А.Г., Исаев С.И., Удинцев Г.Б. Магнитные аномалии и морфология дна островных дуг северо-западной части Тихого океана // Океанология. 1968. Т. 8. Вып. 6. С. 1017-1024.
18. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы / Под ред. К.С. Сергеева, М.Л. Красного. Л.: ВСЕГЕИ, 1987.
19. Городницкий А.М. О природе аномального магнитного поля над подводными горами // Проблемы мирового океана. М.: Наука, 1970. С. 116-118.

20. Городницкий А.М., Каминский В.Д., Литвинов Э.М., Шимараев В.П. Природа магнитных объектов земной коры Курило-Охотской переходной зоны // Морская геология и геофизика: Экспресс-информ. М.: ВИЭМС, 1977. N 2. С.20-36.
21. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
21. Деминицкая Р.М., Городницкий А.М., Гуревич Н.И. и др. Магнитное поле подводных гор // Геомагнетизм и аэрономия. 1967. N 5. С. 928-931.
22. Деминицкая Р.М., Городницкий А.М., Каминский В.Д., Литвинов Э.М. Подводные горы. Л.: ЛО "Недра", 1978. 163 с.
23. Дуглас В.К., Хершберг Л.Б., Шульгин В.С. Опыт применения морской каппаметрии при геологическом изучении шельфа Дальневосточных морей // Морская геология и геофизика. Экспресс-информация. МГ СССР. М.:ВИЭМС, 1979. Вып. 2. С. 1-10.
24. Зоненшайн Л.П. Газовый источник на дне Охотского моря // Природа, 1987. N 8. С. 53-57.
25. Зоненшайн Л.П., Мурдмаа И.О., Баранов Б.В. и др. Подводный газовый источник к западу от о-ва Парамушир // Океанология. 1987. Т. 27. Вып. 5. С. 795-800.
26. Каминский В.Д., Литвинов Э.М. Особенности геологического строения вулканов Курильской островной дуги по геофизическим данным // Геофизические методы разведки в Арктике. 1975. Вып. 10. С. 161-163.
27. Кичина Е.Н., Остапенко В.Ф. Щелочные базальты подводного вулкана Белянкина (Охотское море) // Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. N 1. С. 205-208.
28. Коренев О.С. Магнитная восприимчивость горных пород обрамления Курильской глубоководной котловины // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток. 1982. С. 76-79.
29. Коренев О.С. Геомагнитные образования в фундаменте Охотоморской котловины // Тихоокеанская геология. 1990. N 2. С. 33-41.
30. Коренев О.С., Шкуть Г.И. О магнитной восприимчивости горных пород северной части Курильской дуги // Геофизические поля островных дуг Востока Азии. Владивосток, 1979. С. 45-50.
31. Костенко Н.П., Корчуганова Н.И., Дунаев Н.Н. Современная геологическая структура Курило-Камчатского региона // Океанология. 1998. Т. 38. N 2. С. 293-394.
32. Кочергин Е.В. Структура аномального магнитного поля акваторий, прилегающих к Южным Курильским островам с Тихоокеанской стороны (по данным гидромагнитной съемки) // Геофиз. исслед. строения земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского материка к Тихому океану. Южно-Сахалинск: САХКНИИ, 1970. Вып. 24. N 2. С. 147-154.
33. Кочергин Е.В., Павлов Ю.А., Сергеев К.Ф. Геомагнитные аномалии Курильской и Рюкю островных систем. М.: Наука, 1980. 126 с.
34. Красный М.Л. Геофизические поля и глубинное строение Охото-Курильского региона. Владивосток: Из-во ДВО РАН, 1990. 162 с.

35. Красный М.Л., Кочергин Е.В. Общие закономерности аномального магнитного поля в северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса // Геомагнитное поле окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Южно-Сахалинск. 1975. Вып. 38. С. 98-24.
36. Лавров В.М. Подводный вулканизм Азорского горного узла в северной Атлантике // Современный вулканизм. М.: Наука, 1964. Т. 1. С. 24-32.
37. Лойтер П.П., Карсаков Л.П., Малышев Ю.Ф. Связь магматогенных рудоконтролирующих структур с глубинным строением Западного Приохотья // Тихоокеанская геология. N 6. С. 82-94.
38. Надежный А.М., Бондаренко В.И. Газовые гидраты в Прикамчатско-Парамуширской части Охотского моря // Докл. АН СССР. 1989. Т. 306. N 5. С. 1192-1196.
39. Остапенко В.Ф. Некоторые аспекты новейшей истории прикурильской части Охотского моря в свете изучения подводных вулканов этого региона // Вулканизм Курило-Камчатского региона и о. Сахалин. Южно-Сахалинск: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 34-74.
40. Остапенко В.Ф. Подводные вулканы прикурильской части Охотского моря и их значение для понимания новейшей истории этого региона // Докл. АН СССР. Т. 242. N 1. С. 168-171.
41. Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н. Вещественный состав лав подводных вулканов Курильской дуги // Геология дна Дальневосточных морей. Владивосток: Из-во ДВНЦ АН СССР. САКНИИ, 1977. С. 24-45.
42. Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н. Латеральные вариации петрографического состава лав наземных и подводных вулканов Большой Курильской дуги // Рельеф и вулканизм Курильской островодужной системы. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 74-90.
43. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. Ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1992. 528 с.
44. Рашидов В.А. Гидромагнитная съемка подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // 15 сессия Научн. Совета СО АН СССР "Тектоника Сибири и Дальнего Востока". 9-12 сент. 1985 г. Южно-Сахалинск. С. 142-143.
45. Рашидов В.А. Магнитное поле подводных вулканов Курильской островной дуги // Тез. докл. молодых ученых-вулканологов "Вулканологические исследования на Камчатке". Петропавловск-Камчатский, 1988. С. 67-69.
46. Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов Курильской островной дуги // Тез. Докл. 4 Всесоюзного съезда по геомагнетизму. Владимир-Суздаль: ИФЗ АН СССР. 1991. Ч. 1. С. 90-91.
47. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Строение подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) по данным геофизических исследований // Тез. докл. "Современный вулканизм Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг: вопросы вулканопасности, цунамиопасности, магмообразования, землетрясений и геодинамики; сравнительный анализ". Петропавловск-Камчатский : ИВГИГ ДВО РАН, 1998. С. 83-84.

48. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. N 6. С. 107-114.
49. Рашидов В.А., Сазонов А.П., Селиверстов Н.И., Шкира В.А. Новые данные о проявлении подводного вулканизма к западу от о-ва Парамушир // Тез докл. 7 Всес. Вулканологического совещания "Вулканизм, структуры и рудообразование". Петропавловск-Камчатский, 1992. С. 64-65.
50. Ривош Л.А. О тектоническом строении Камчатского полуострова и дна прилегающих к нему морских районов (по геофизическим данным) // Геология и геофизика. 1963. N 6. С. 30-48.
51. Ривош Л.А. Геомагнитная характеристика главных тектонических структур Востока СССР, переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану и абиссального дна последнего // Геология и геофизика. 1964. N 5. С. 38-51.
52. Селиверстов Н.И., Гавриленко Г.М., Кирьянов В.Ю. Признаки современной активности подводного вулкана Пийпа (Командорская котловина) // Вулканология и сейсмология. 1988. N 6. С. 3-18.
53. Селиверстов Н.И., Баранов Б.В., Егоров Ю.О., Шкира В.А. Новые данные о строении южной части Командорской котловины по результатам 26 рейса НИС "Вулканолог" // Вулканология и сейсмология. 1988. N 4. С. 3-20.
54. Семаков Н.Н. Палеомагнитное изучение отложений южной части Охотского моря // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, СО, 1976. С. 113-128.
55. Соловьев О.Н. О геологической природе магнитных аномалий // Обзор МГ СССР. ВИЭМС. М, 1970. 55 с.
56. Соловьев О.Н., Гайнанов А.Г. Особенности глубинного геологического строения переходной зоны от Азиатского материка к Тихому океану в районе Курило-Камчатской островной дуги // Советская геология. 1963. N 3. С. 113-123.
57. Соловьев С.Л., Павлов Ю.А., Красный М.Л. и др. Исследования естественных геофизических полей Сахалинским комплексным научно-исследовательским институтом // Естественные геофизические поля Дальневосточных окраинных морей. Владивосток. 1977. С. 3-25.
58. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / Отв. Ред. Родников А.Г., Туезов И.К., Харахинов В.В.. М.: РАН. Геофизический комитет, 1996. 337 с.
59. Терещенков А.А., Бабошина В.А., Туезов И.К., Харахинов В. Структура аномального магнитного поля Охотоморского региона // Геодинамические исследования. N 10. Геофизика Восточно-Азиатских окраинных морей. М., 1988. С.10-19.
60. Туезов И.К., Красный М.Л., Соловьев О.Н. и др. О природе Восточно-Курильской магнитной аномалии // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1970. N 1. С. 90-93.
61. Удинцев Г.Б., Берсенев А.Ф., Геодекян А.А. и др. Предварительные данные геолого-геофизических исследований в Охотском море и северо-западной части Тихого океана на нис

"Витязь" // Геолого-геофизические исследования зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану. М.: Советское радио, 1976. С. 19-29.

62. Удинцев Г.Б., Турко Н.Н., Агапова Г.Ф. Горная система Курильской островной дуги // Строение дна Охотского моря. М.: Наука, 1981. С. 16-18.

63. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 237 с.

64. Шимараев В.Н. Геомагнитная характеристика земной коры Курило-Охотской переходной зоны // Геофизические методы разведки в Арктике. Л. 1975. Вып. 10. С. 20-26.

65. Hilde T.W., Isezaky N., Wogeman J.M. Mesozoic seafloor spreading in the North Pacific // The geophysics of the Pacific Ocean basin and its margin. Wash. (D.C.). 1976. V. 36. P. 253-262.

66. Rashidov V. A. Anomalous magnetic of submarine volcanoes of the Kurile island arc // 21 IUGG General Ass. Boulder. Colorado. July 2-14. 1995. Abstr.

67. Rashidov V. A. Magnetic anomalies field of submarine volcanoes of the Kurile island arc // Inter. Workshop Magnetic and Electromagnetic Methods in Seismology and Volcanology. Positano. Italia. Sept. 20-22. 1995. Abstr. P. 20-21.

68. Rashidov V.A. Total magnetic fields of submarine volcanoes of the Kurile island arc // The 2nd International Seismic-Volcanic Workshop on North-Japanese, Kurile-Kamchatkan, and Aleutian-Alaskan Subduction Processes. Onuma and Sapporo, Hokkaido, Japan. 1-7 July, 2000. P.39.

69. Sawada Y., Aramaki S. (Description of volcanic eruption) // Bull. Volcan. Erup. 1992. N. 29. P. 47-54.

70. Suwa A. and Ohura E. (Description of volcanic eruption) // Bull. Volcan. Erup. 1975. N 13. P. 46-47.

71. Yasui M., Hashimoto Y., Ueda S. Geomagnetic and Bathymetric Study of the Okhotsk Sea - (1) // Oceanographical Magazine. 1967. V. 19. N 1. P. 75-85.

72. Yasui M., Nagasaka K., Hashimoto Y., Anma K. Geomagnetic and Bathymetric Study of the Okhotsk Sea - (2) // Oceanographical Magazine. 1968. V. 20. N 1. P. 65-72.

Marine magnetic survey for the Late Cenozoic submarine volcanoes of the Northern part of the Kurile-Island Arc

Rashidov V.A.

Complex studies of submarine volcanoes of the Kurile Island Arc (KIA) was carried out during the period from 1981 to 1991 onboard the RV "Vulkanolog". The essential method of investigation was hydromagnetic survey. Presented a description of the KIA regional magnetic field. Given geomagnetic characteristics of the four submarine volcanoes and three buried lava cones belonging to "Paramushirskaya" and "Makanrushi" submarine volcanic groups. The suggestion has been made about the age of submarine volcanic edifices and composition of forming rocks.