

ГЕОЛОГИЯ ПОДВОДНОГО ХРЕБТА ВИТЯЗЯ НА ТИХООКЕАНСКОМ СКЛОНЕ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Леликов Е.П., Емельянова Т.А.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток;
e-mail: lelikov@poi.dvo.ru*

Введение

26 декабря 2004 г. вблизи северной оконечности о-ва Суматра, входящего в состав Зондской островной дуги, произошло катастрофическое землетрясение, вызвавшее цунами огромной разрушительной силы, следствием которого погибло более 200 тысяч человек. Указанные события привели к активизации исследований по оценке тектонического состояния сейсмоопасных и цунамигенных районов Российской Федерации. Одним из таких районов является Курило-Камчатская островодужная система, в пределах которой геодинамические процессы весьма сходны с геодинамикой зоны конвергенции литосферных плит в пределах Зондской дуги (Лаверов и др., 2006).

Курило-Камчатская островная дуга соответствует зоне субдукции, в которой происходит погружение Тихоокеанской плиты под Азиатский континент. Данные по механизмам очагов землетрясений свидетельствуют о том, что преобладающим типом напряжений здесь является сжатие, ось которого ориентирована в крест простирания островной дуги. В центральной части Курильской островной дуги располагается так называемая «сейсмическая брешь», в пределах которой в течение длительного времени не было отмечено ни одного сильного землетрясения. Выделение «сейсмических брешей», предложенное Федотовым (Федотов, 1965), основывалось на том, что области очагов сильнейших землетрясений не должны перекрывать друг друга. Им были выделены подобные участки в юго-западной, северо-восточной и центральной части Курило-Камчатской дуги. Два первых участка были заполнены сильнейшими землетрясениями. В пределах Центрально-Курильской «сейсмической бреши» сильные землетрясения имели место в 1915 и 1918 гг., т. е. этот участок оставался пассивным на протяжении 90 лет.

В пределах этой части дуги и были проведены морские экспедиционные работы в рейсах на НИС «Академик М. Лаврентьев» в 2005 (рейс 37) и 2006 годах (рейс 41), организованные Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН и Институтом океанологии РАН. Работы проводились по проекту «Изучение строения центральной части Курило-Камчатской островной дуги как возможного очага катастрофического цунамигенного землетрясения», который получил государственную финансовую поддержку для выполнения морских экспедиций. В задачу экспедиций входило изучение тектонического каркаса и других структурно-вещественных характеристик фундамента и осадочного чехла в пределах фронтального склона дуги между островами Уруп и Парамушир для оценки его сейсмогенного потенциала.

После завершения наших работ в районе «сейсмической бреши» произошли сильные землетрясения – 15 ноября 2006 г. с магнитудой 8.4 балла и 13 января 2007 г. с магнитудой 8.1 балла. Эти события подтвердили актуальность изучения «сейсмической бреши».

В рейсах наряду с геофизическими исследованиями (гравиметрическая, гидромагнитная съемка и непрерывное сейсмопрофилеирование) проводились геологические работы с целью изучения геологического строения и истории развития этих структур. Они заключались в получении каменного материала путем драгирования хребта Витязя в районе «сейсмической бреши», включающей северное плато этого хребта, районы проливов Буссоль и Дианы.

Результаты геологических работ

В морфоструктурном плане район исследований располагается между Курильскими островами и Курило-Камчатским глубоководным желобом и включает в

себя приостровной борт желоба, подводный хребт Витязя, который рассматривается в качестве внешней, невулканической дуги в общей системе дуга-желоб и междуговой прогиб, обособляющий хребт Витязя от Курильских островов. Глубина поверхности хребта колеблется от 150-200 м до 900-1000 м. На юго-восток его склон опускается к Курило-Камчатскому желобу, а на северо-запад в сторону прогиба, отделяющего его от горного сооружения дуги. Геологические работы проводились на трех полигонах охватывающих оба отрезка хребта (рис. 1). Полигон Витязь, охватывает юго-западную оконечность северного плато. Полигон Диана располагается к востоку от острова Симушир и охватывает внешний склон Большой Крильской гряды и южный отрезок северного плато хребта Витязя. Полигон Буссоль охватывает вершину южного плато, северо-западный и северо-восточный его склоны и частично грабен Буссоль (Леликов и др., 2008а).

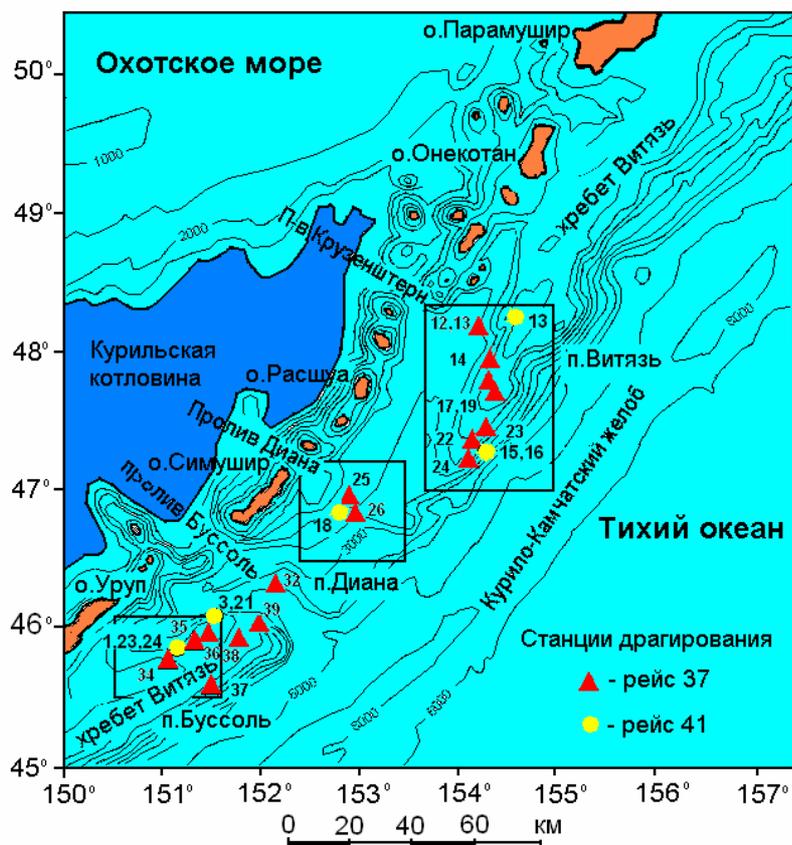


Рис. 1. Схема расположения полигонов и станций драгирования.

Особенностью строения фронтальной зоны центральной части Курильской дуги является наличие на фоне структур преобладающего сжатия, поперечной к направлению дуги структуры растяжения в виде рифтогенного грабена Буссоль, который находится в центральной части дуги на траверсе пролива Буссоль (Васильев, Суворов, 1979). Этот грабен является границей между очагом сильнейшего землетрясения 1963 г. и «сейсмической брешью».

Исследованный район по данным Р.Г. Кулинича с соавторами (Кулинич и др., 2007) представляет собой зону активного растяжения и деструкции центральной части Курило-Камчатской островной дуги. Юго-западной границей зоны служит тектоническая система пролива Буссоль, ориентированная в северо-западном направлении. Северо-восточная ее граница простирается в субмеридиональном направлении от Курило-Камчатского желоба на юге до о. Онекотан на севере. Обе границы имеют тектоническую природу и образованы серией разломов сбросового характера. Морфологически эта зона слагает центральную погруженную часть хребта Витязя, акустический фундамент которой состоит из наклонных блоков, типичных для условий растяжения. Гравиметрические и

магнитометрические данные позволили разделить изученную структуру на четыре крупных блока (I-IV) протяженностью 50-90 км, определивших, видимо, основную делимость фундамента и коры в целом. Деструктивные процессы в пределах зоны имели наложенный характер и включили в себя не только структурные деформации, но и активный магматизм преимущественно вулканогенного типа. Внутреннее строение зоны деструкции осложнено горсто-грабеновыми структурами.

В процессе выполнения геологических работ было проведено драгирование (31 результативная станция), при котором были подняты разнообразные породы, слагающие фундамент и осадочный чехол хребта в пределах всех выделенных блоков (рис. 1). Данные драгирования совместно с геофизическими материалами позволили построить геолого-структурную карту хребта Витязя (рис. 2).

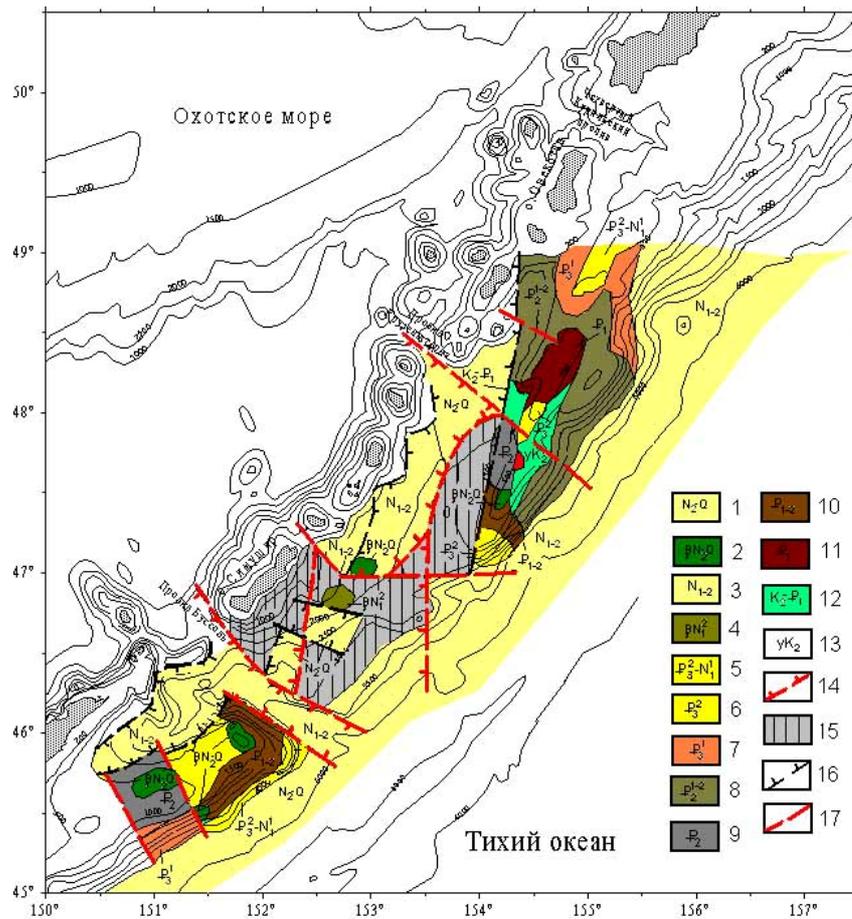


Рис. 2. Геологическая карта хребта Витязя. 1 – плиоцен-плейстоцен (туфодиациты, туфопесчаники, туфоалевролиты, диатомовые туффиты); 2 - плиоцен-плейстоцен (базальты, андезитобазальты, андезиты, кластолавы андезитов); 3 - верхний миоцен-плиоцен (туфы, туфоконгломераты, туфопесчаники, алевролиты, диатомиты); 4 - средний миоцен (андезиты, андезидациты, дациты); 5 – олигоцен - нижний миоцен (туфодиациты, туффиты, туфоалевроаргиллиты, туфы); 6 - поздний олигоцен (андезиты, туфы андезитов и риолитов); 7 - ранний олигоцен (туфодиациты, алевролиты); 8 - ранний – средний эоцен (туфы, туфодиациты, диатомовые песчаники, алевролиты); 9 - эоцен (туфы андезитобазальтов, андезитов, игнимбриты, дациты, риолиты гранит-порфиры); 10 - палеоген нерасчлененный, терригенный комплекс (конгломераты, гравелиты, песчаники); 11 - палеоген (базальты, туфы базальтов, туфопесчаники); 12 - поздний мел - ранний палеоген, кремнисто-терригенная толща (кремнистые алевроаргиллиты, алевролиты, песчаники); 13 - поздний мел (гранит-порфиры); 14 - границы максимальной деструкции фронтальной зоны Курильской островодужной системы по Р.Г. Кулиничу; 15 - скрытые выступы консолидированного фундамента; 16 - границы осадочных прогибов и грабенов различных рангов; 17 - разломы различных рангов по Р.Г. Кулиничу.

На основании определений радиоизотопного возраста поднятых образцов пород (табл. 1), петрогеохимических и палеонтологических данных, а также сравнительного анализа с образованиями прилегающей суши и дна Охотского моря проведено разделение этих пород на несколько возрастных комплексов: позднемеловой-раннепалеогеновый (поздний кампан - дат), палеоценовый, палеоцен-эоценовый (нерасчлененный), ранне-среднеэоценовый, олигоценовый, олигоцен-раннемиоценовый, среднемиоценовый, раннемиоцен-плиоценовый и плиоцен-плейстоценовый.

Таблица 1. Радиоизотопные определения возраста вулканитов хребта Витязь

№	№ пробы	Широта	Долгота	Инт. драги рования, м	K%±σ,%	⁴⁰ Ar _{рад} ±σ, нг/г	Возраст ±1.6σ, млн. лет
1	Lv-41-13	48° 19.86'	154° 31.26'	380-240	1.73±0.02	6.77±0.09	55.5±1.6
2	Lv-37-17-6	47° 42.690'	154° 23.208'	1770-1500	4.67±0.05	16.55±0.10	50.4±1.2
3	Lv-37-14-4	47° 57.019'	154° 20.066'	1450-1200	1.92±0.02	6.78±0.09	50.2±1.6
4	Lv-37-17-8	47° 42.690'	154° 23.208'	1770-1500	3.45±0.04	11.45±0.10	47.2±1.4
5	Lv-37-24-2	47° 16.015'	154° 06.770'	1900-1700	2.23±0.03	4.29±0.11	27.5±1.6
6	Lv-41-18-5	46° 44.46'	152° 39.06'	1880-1550	0.62±0.015	0.625±0.022	14.5±1.2
7	Lv-37-37-6	45° 33.784'	151° 33.306'	2200-1900	0.82±0.015	0.607±0.013	10.7±0.6
8	Lv-41-23	45° 48.06'	151° 03.00'	880-650	0.49±0.015	0.147±0.004	4.3±0.3
9	Lv-41-24	45° 46.01'	151° 03.00'	660-610	1.39±0.02	0.397±0.004	4.1±0.1
10	Lv-37-39-1	46° 02.142'	151° 55.161'	1600-1400	1.49±0.02	0.341±0.014	3.3±0.3
11	Lv-41-15-10	47° 29.7'	154° 10.86'	1125-790	1.31±0.02	0.275±0.003	3.0±0.2
12	Lv-37-25-1	46° 56.958'	152° 53.644'	1870-1600	0.30±0.015	0.034±0.003	1.6±0.3
13	Lv-37-17-11	47° 42.690'	154° 23.208'	1770-1500	4.46±0.05	15.41±0.16	49.2±0.15
14	Lv-37-19-3	47° 42.908'	154° 22.670'	1800-1500	3.80±0.04	19.8±0.2	74±2

Примечание. 1 - туф базальта; 2, 6 –дациты; 3 – туф андезита; 8, 10, 11 – андезибазальты; 4 – игнимбрит; 5 - туфолава андезита; 7, 9 – андезиты; 12 – базальт; 13, 14 - гранит-порфиры. Определения выполнены К-Ar методом в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН.

Позднемеловой комплекс представлен биотит-роговообманковыми гранит-порфирами, представляющими собой малоглубинные субвулканические образования.

Позднемеловой - раннепалеогеновый вулканогенно – кремнисто - терригенный комплекс сложен биотит-роговообманковыми дацитами и риолитами, а также толщей кремнистых алевроаргиллитов, алевролитов, песчаников. Возраст радиоляриевой ассоциации из кремнистых алевроаргиллитов устанавливается в пределах позднего кампана – начала раннего палеоцена. Выдержанный состав и характер переслаивания туфогенно-кремнистых пород первого комплекса Северного плато могут свидетельствовать о их формировании в глубоководных морских условиях в относительно спокойной тектонической обстановке со слабо проявленной эксплозивной вулканической деятельностью (Леликов и др., 2008а).

Породы грубообломочного вулканно-терригенного палеогенового нерасчлененного комплекса вместе с вулканитами эоценового и позднеолигоценового комплексов, в которых развиты игнимбриты и спекшиеся туфы, представляют собой единый палеогеновый пирокластически-осадочный субаэрально-мелководный комплекс. Для осадочных пород характерно отсутствие слоистости, грубообломочный состав, слабая степень дезинтеграции, плохая сортировка, наличие детрита растений, красноцветный облик конгломератов. Все это может говорить о мелководных, прибрежноморских условиях их образования и незначительной транспортировке обломочного материала от источников питания.

Слаболитифицированные породы кайнозойского чехла – это смешанные вулканогенно-осадочные образования, осадочный материал которых представлен панцирями диатомей и небольшой примесью глинистого вещества. Нижнеолигоценовые

(подзона «а» 33.7-31.0 млн. лет) отложения формировались преимущественно в шельфовых условиях. А их нахождение на глубинах 1900-2200 м указывает на значительное погружение хребта Витязя в олигоцене. В позднеолигоцен-раннемиоценовое время (24.0-20.3 млн. лет) в районе южного плато осадконакопление происходило преимущественно в батиальных условиях. А на северном плато, в осадках которого установлен споро-пыльцевой комплекс, оно осуществлялось в мелководных морских условиях вблизи побережий. В верхнеплиоцен-нижнеплейстоценовых отложениях (5.5-3.5 и 2.0-1.0 млн. лет) преобладают океанические виды диатомей, что указывает на глубоководные условия их формирования (Леликов и др., 2008а).

Вулканиды хребта Витязь представлены в основном базальтами и андезитами, и лишь олигоценные образования сформированы пирокластическими породами умереннокислого и кислого состава. Это согласуется с данными магнитометрии о том, что консолидированный фундамент хребта представлен преимущественно магнитоактивными геологическими комплексами, в качестве которых должны выступать магматогенные формации базитового ряда. На основании радиоизотопного анализа вулканиды подразделяются на несколько возрастных комплексов (табл. 1).

Палеоценовый комплекс сложен клинопироксен-плагиоклазовыми базальтами, порфирокластическими литокластическими туфами базальтов и туфопесчаниками. Эоценовые породы представлены псефо-псаммитовыми кристаллокластическими туфами андезито-базальтов, андезитов и игнимбритами умеренно кислого состава, реже биотит-роговообманковыми дацитами и биотит-роговообманковыми гранит-порфирами.

Позднеолигоценный комплекс сложен андезитами, алевритовыми кристаллокластическими туфами андезитов и риолитов, и спекшимися туфами риолитов. Среднемиоценовые вулканиды представлены амфибол-клинопироксеновыми андезидацитами, клинопироксен-плагиоклазовыми и двупироксен-плагиоклазовыми андезитами. К плиоцен-плейстоценовому вулканическому комплексу отнесены оливин-клинопироксен-плагиоклазовые, клинопироксен-плагиоклазовые базальты, амфибол-двупироксен-плагиоклазовые андезиты и кластолавы клинопироксен-плагиоклазовых андезитов (Леликов и др., 2008б).

Все изученные магматические породы обладают многими общими геохимическими особенностями (рис. 3). К ним относятся средние или повышенные содержания Al_2O_3 (16.17-18.20%), повышенные – CaO (6.34-9.37%) и суммы Fe (7,20-9.11), а также средние или повышенные содержания суммы щелочей (2.09-4.61%) с преобладанием Na_2O над K_2O и низкий уровень титанистости (TiO_2 – менее 1.0%). Для пород свойственны пониженные содержания элементов группы железа (Co, Ni, Cr и V) и некоторых высокозарядных элементов (Nb и Y).

Позднеолигоценные вулканиды характеризуются повышенными содержаниями Rb (до 153.84 г/т) и пониженными – Sr (151.23-572.94 г/т). Для них свойственен слабо фракционированным спектром распределения редкоземельных элементов (REE), нормированных к хондритовому стандарту, и низкие отношения La/Sm и La/Yb, которые составляет 1.91-3.54 и 3.48-9,72 соответственно (рис. 4).

Плиоцен-плейстоценовые вулканические породы относятся к умеренно - или высокоглиноземистым, высокоизвестковистым и низкотитанистым образованиям с низкими содержаниями элементов группы Fe: Co (11.87-29.70 г/т), Cr (3.93-36.58 г/т), Ni (0.62-16.34 г/т) и V (108.57-380.39 г/т). Породы характеризуются разными концентрациями K_2O – от 0.36% до 2.18%, что соответствует составу толеитовых, известково-щелочных и субщелочных вулканидов Курильской островной дуги и Курильской котловины (табл. 2, рис. 3). Гетерогенность геохимического состава очевидна и по показателям других элементов. Так, концентрации крупноионных литофильных элементов варьируют в следующих пределах: Rb – от 3.80 до 25.05 г/т, Sr – от 266.59 до 739.06 г/т и Ba – от 241.35 до 390.00 г/т. Плиоцен-плейстоценовые вулканиды демонстрируют различный характер распределения REE (рис. 5). Толеитовые разности

(оливин-клинопироксен-плагиоклазовые базальты) характеризуются практически не фракционированным спектром распределения, т.е. низкими концентрациями LREE и соответственно низкими значениями отношений La/Sm (0.82) и La/Yb (0.83). По мере повышения щелочности и калиевости пород в двупироксен-плагиоклазовых базальтах и амфибол-двупироксен-плагиоклазовых андезибазальтах и андезитах спектр распределения REE становится более фракционированным за счет повышения содержаний LREE, а отношения La/Sm и La/Yb повышаются до 2.23 и 3.19 соответственно.

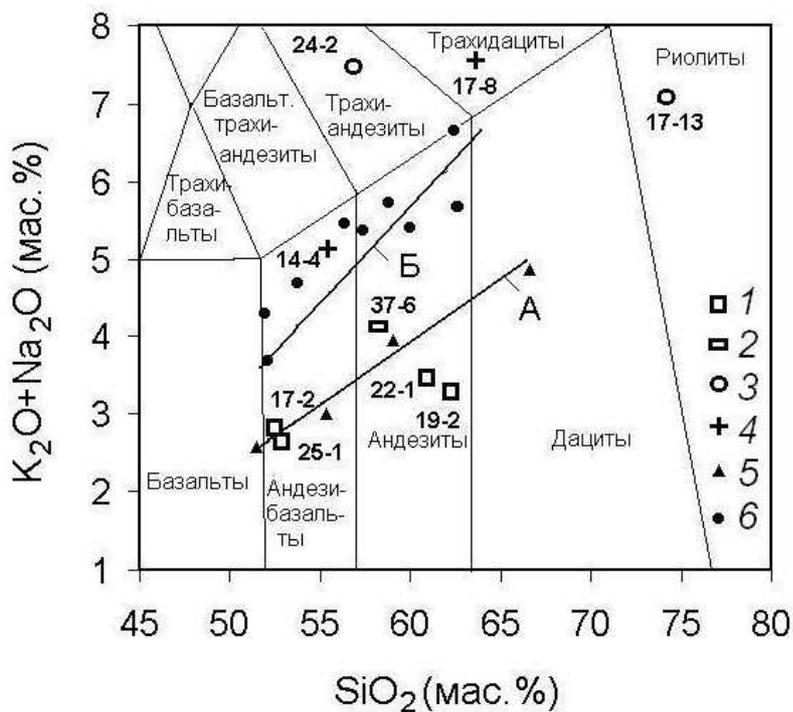


Рис. 3. Диаграмма «щелочи-кремнезем» для вулканитов хребта Витязя и Курильской дуги: 1 – плиоцен-плейстоценовых, 2 – миоценовых, 3 – позднеолигоценовых, 4 – эоценовых, 5-6 - плиоцен-плейстоценовых вулканитов: 5 - фронтальной зоны Курильской дуги, 6 – Курильской котловины. Прямыми линиями обозначены тренды вулканитов (Пискунов, 1987): А – фронтальной зоны Курильской дуги, Б – Курильской котловины.

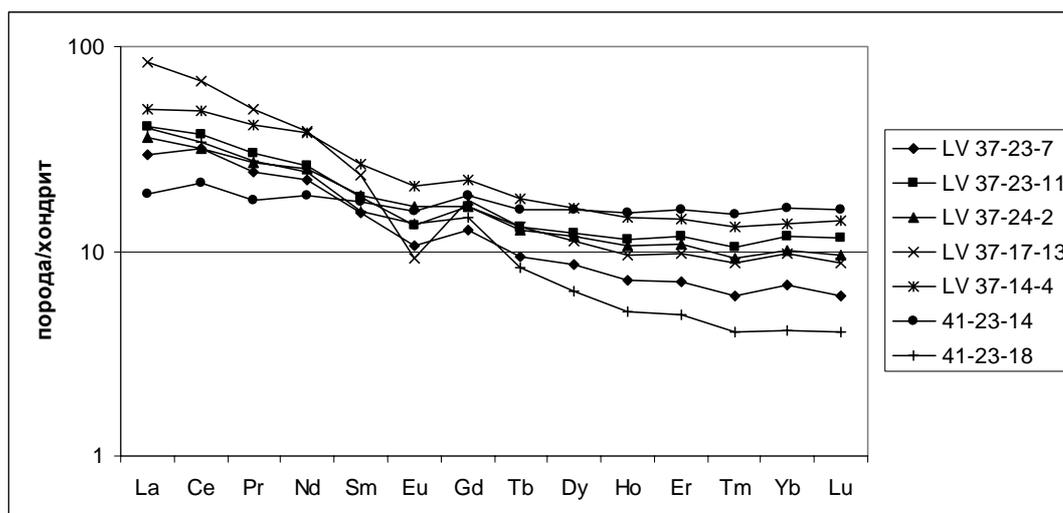


Рис. 4. Диаграмма распределения редкоземельных элементов для позднеолигоценовых вулканитов. Название пород представлено в табл. 1, 2.

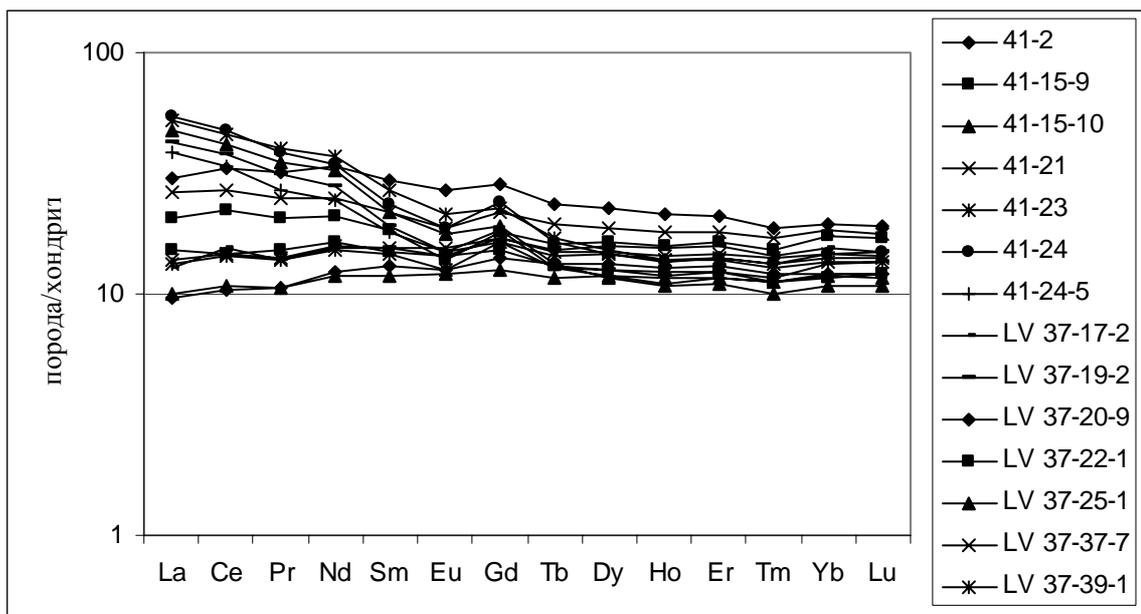


Рис. 5. Диаграмма распределения редкоземельных элементов для плиоцен-плейстоценовых вулканитов. Название пород представлено в табл. 1, 2.

Выше указанные геохимические особенности свидетельствуют о том, что плиоцен-плейстоценовые вулканиты хребта Витязь аналогичны толеитовым и известково-щелочным породам фронтальной и промежуточной зон Курильской островной дуги и субвулканическим породам Курильской котловины. В генезисе данных пород значительную роль играет континентальная кора, участвовавшая в генерации магматических расплавов. Это видно на диаграмме «Ba/La-La/Yb», демонстрирующей принадлежность большинства плиоцен-плейстоценовых вулканитов хребта Витязя к известково-щелочной компоненте (рис. 6). Все это позволяет отнести описываемые породы к производным магматических расплавов типа обогащенной сиалическим субстратом мантии ЕМII.

Таблица 2. Химические анализы вулканитов хребта Витязя

Образцы	41-13	37-14-4	41-23-14	41-18	37-17-13	37-37-6	41-18-14	41-15-9
Элементы	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	52.52	55.92	63.06	73.16	74.22	58.32	69.42	51.18
TiO ₂	0.90	0.89	0.63	0.31	0.24	0.99	0.26	0.84
Al ₂ O ₃	18.62	16.17	14.66	14.33	13.65	16.43	14.09	20.48
Fe ₂ O ₃	6.23	4.84	4.54	1.55	1.17	4.96	4.18	4.54
FeO	2.80	4.27	0.86	1.08	0.91	3.64	0.10	5.60
MnO	0.09	0.15	0.24	0.02	0.034	0.17	0.32	0.12
MgO	4.92	4.72	2.57	1.52	0.36	3.29	1.71	4.95
CaO	4.10	4.09	1.95	2.52	2.11	6.47	2.26	6.80
Na ₂ O	4.50	3.57	4.50	4.33	3.17	3.14	4.00	2.67
K ₂ O	2.11	1.59	1.57	0.60	3.89	0.80	0.70	0.40
P ₂ O ₅	1.28	0.40	0.49	0.27	0.063	0.20	1.12	0.83
п.п.п.	1.85	3.00	5.07	0.42	0.55	1.73	1.49	1.30
Сумма	99.92	99.61	100.14	100.11	100.37	100.14	99.65	99.71
H ₂ O	1.80	0.45	1.96	0.18	0.05	0.76	0.56	0.96

Продолжение таблицы 2.

Образцы	37-25-1	37-17-2	37-20-9	37-39-1	41-23	41-24	37-37-7	37-22-1	37-19-2
Элементы	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	52.20	52.90	54.18	54.42	54.42	58.17	59.26	60.94	61.90
TiO ₂	0.81	0.91	1.32	0.93	0.72	0.66	1.00	0.68	0.51
Al ₂ O ₃	17.40	17.19	16.87	18.45	17.82	18.12	17.19	16.68	17.40
Fe ₂ O ₃	3.01	2.62	3.18	5.35	3.51	3.81	3.74	2.92	2.53
FeO	6.30	7.00	7.42	3.15	6.68	3.52	4.69	4.27	3.08
MnO	0.20	0.18	0.23	0.19	0.097	0.11	0.14	0.16	0.19
MgO	4.61	5.25	3.83	4.18	5.41	3.49	2.14	3.29	2.85
CaO	9.20	9.24	6.93	8.32	6.55	4.35	7.00	6.86	6.34
Na ₂ O	3.57	2.63	3.57	3.00	2.33	4.00	3.33	2.75	3.00
K ₂ O	2.18	0.36	0.70	1.61	0.53	1.71	0.90	0.90	0.32
P ₂ O ₅	0.083	0.28	0.28	0.30	1.10	0.81	0.14	0.072	0.19
п.п.п.	0.69	1.09	1.18	0.35	1.03	1.17	0.65	0.57	1.34
Сумма	100.25	99.65	99.69	100.25	100.20	99.92	100.18	100.09	99.65
H ₂ O	0.05	0.05	0.05	0.05	0.13	0.21	0.14	0.05	0.05

Примечание. Комплексы: 1 – палеоценовый; 2, 3 – эоценовый; 4-5 – олигоценый. 6-8 – миоценовый; 9-17 – плиоцен-плейстоценовый. 1 – туф базальта; 2 – туф андезибазальта; 3 – туф андезита; 4-5 – туфы риолитов; 6 – оливин-клинопироксен-плагиоклазовый андезит; 7. – клинопироксен-амфиболовый дацит; 8 – оливин-клинопироксен-плагиоклазовый базальт; 9 – оливин-клинопироксен-плагиоклазовый базальт; 10-14 – клинопироксен-плагиоклазовые андезибазальты; 15-17 – двупироксен-плагиоклазовые андезиты.

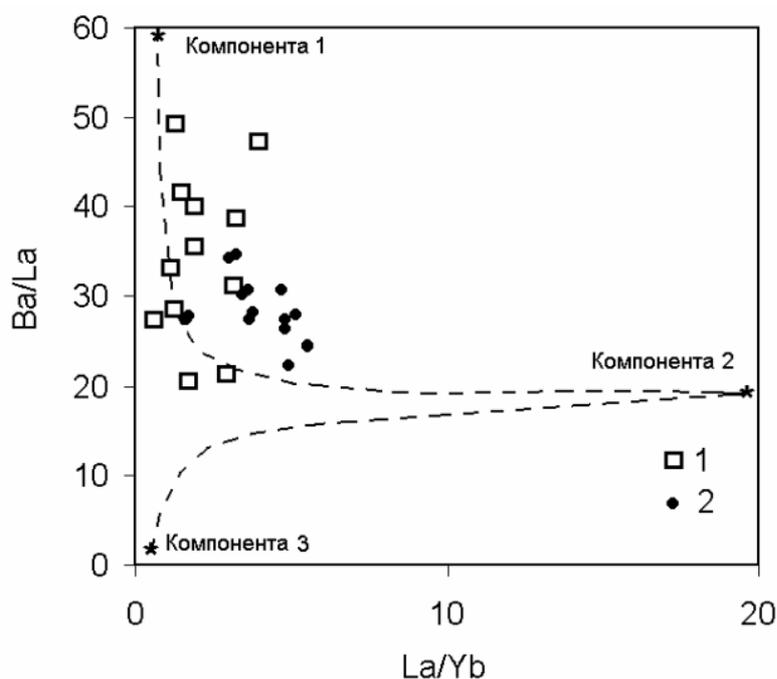


Рис. 6. Диаграмма Ba/La – La/Yb (Филатова, 2004) для вулканитов хребта Витязя и Курильской котловины: 1 – хребта Витязя, 2 – Курильской котловины.

Закключение

Курило-Камчатская островная дуга находится в зоне субдукции, в которой происходит погружение Тихоокеанской плиты под Азиатский континент и преобладающим типом напряжений здесь является сжатие. Строение нижней части фронтального склона дуги также несёт на себе отпечаток обстановки сжатия в виде надвигов в аккреционной призмы, ориентированных параллельно оси желоба.

Однако центральная часть «сейсмической брешы» представляет собой зону активного растяжения и деструкции. Юго-западной границей зоны растяжения служит рифтогенная система пролива Буссоль, ориентированная в северо-западном направлении. Деструктивные процессы в пределах зоны имели наложенный характер и включили в себя не только структурные деформации, но и активный магматизм преимущественно вулканического типа. Внутреннее строение зоны деструкции осложнено горстограбеновыми структурами, в том числе, и центральная часть Курильской дуги, разбитая поперечными разломами на серию небольших блоков.

Выделено и изучено несколько разновозрастных терригенных и вулканогенных комплексов, каждый из которых отражает этап развития подводного хребта Витязя и по времени совпадает с этапами развития в Охотском море и в других частях зоны перехода континент-океан, что указывает на единство тектонических процессов, формирующих эту зону.

Все изученные магматические породы обладают многими общими геохимическими особенностями и относятся к образованиям известково-щелочной серии активных континентальных окраин. Обнаружение молодых плиоцен-плейстоценовые вулканитов (4.3-1.6 млн. лет) в пределах хребта Витязь и их сходство с вулканическими породами тектонически активных Курильской островной дуги и Курильской котловины принципиально меняет ранее существовавшее представление об этом хребте как о невулканической структуре в общей системе Курило-Камчатская дуга – желоб.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ-ДВО РАН (проект № 06-05-96108), ДВО РАН (проекты № 06-III-A-07-258, № 06-I-III7-075) и ФЦП «Мировой океан».

Список литературы

Васильев Б.И., Суворов А.А. Геологическое строение района подводной долины Буссоль (Курильская островная дуга), новые данные по геологии Дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 58-68.

Кулинич Р.Г., Карп Б.Я., Баранов Б.В. и др. О структурно – геологической характеристике «сейсмической брешы» в центральной части Курильской островной дуги // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 1. С. 5-19.

Лаверов Н.П., Лаппо С.С., Лобковский Л.И. и др. Центрально-Курильская «брешь»: строение и сейсмический потенциал // ДАН. 2006. Т. 408. № 6. С. 1-4.

Леликов Е.П., Цой И.Б., Емельянова Т.А. и др. Геологическое строение подводного хребта Витязя в районе «сейсмической брешы» (Тихоокеанский склон Курильской островной дуги) // Тихоокеанская геология. 2008а. Т. 27. № 2. С. 3-15.

Леликов Е.П., Емельянова Т.А., Баранов Б.В. Магматизм подводного хребта Витязя (тихоокеанский склон Курильской островной дуги) // Океанология. 2008б. Т. 48. № 2. С. 260-270.

Пискунов Б.Н. Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. М.: Наука, 1987. 236 с.

Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Труды ИФЗ АН СССР. 1965. № 203 (36). С. 66-93.

Филатова Н.И. Закономерности динамики окраинноморского магматизма (Корейско-Японский регион) // Литосфера. 2004. № 3. С. 33-56.

Le Maitre R. W., Bateman P., Dudek A. et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 1989.