

УДК 551.462.62(265)

*Б. И. Васильев, Б. А. Марковский, В. К. Пугинцев*

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ  
БАЗАЛЬТОВ ОКРАИННО-ОКЕАНИЧЕСКОГО ВАЛА  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**  
(по результатам драгирований 15-го рейса НИС «Каллисто»)

По результатам драгирования, осуществленного в 1981 г. 15-м рейсом НИС «Каллисто» на окраинно-океаническом вале северо-западной части Тихого океана (вал Зенкевича), охарактеризован петрографический, петро- и геохимический состав базальтов, слагающих эту структуру, а также с использованием методов термического и рентгеноструктурного анализов изучены особенности их преобразований. Показано, что специ-

Особое значение для расшифровки строения переходной зоны континент — океан приобрели в последнее время морские геологические исследования приконтинентальных океанических районов. Изучение структур океанского дна в их пределах, характеристика вещественного состава слагающих эти структуры отложений и магматических пород, а также выявление синхронных им образований в прилегающих частях суши является надежной основой для палеотектонических реконструкций и создания обоснованных геодинамических моделей.

В 1981 г. геолого-геофизической экспедицией Тихоокеанского океанологического института ДВНЦ АН СССР в 15-м рейсе НИС «Каллисто» проведено драгирование в северной части окраинно-океанического вала северо-западной части Тихого океана, известного под названием «вал Зенкевича». Исследован ряд подводных возвышенностей (рис. 1).

Гора Павловского (ст. К-111) представляет собой расчлененный горный массив, вытянутый в запад-северо-западном направлении на 75 км при ширине до 20 км (по изобате 5000 м). Подошва массива находится на глубине 5300—5500 м, минимальная глубина вершины — 4170 м. По данным НСП, гора Павловского представляет собой выступ сейсмоакустического фундамента; вершина ее покрыта слоем осадков мощностью 200—250 м. Драгирование проводилось на юго-западном склоне горы в интервале глубин 5200—4900 м. С этого интервала поднят однотипный каменный материал (около 1000 кг): крупные (до 30—40 см) угловатые

фические свойства состава базальтов и в первую очередь повышенные содержания в них калия связаны с процессами гальмиролиза. Высказаны соображения о синхронности проявлений юрско-раннемелового вулканизма в пределах вала Зенкевича и окраинно-океанического геосинклиналиного базальтового вулканического пояса северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса.

глыбы подушечных базальтов с шаровой отдельностью, часто брекчированные, с многочисленными свежими сколами. Кроме базальтов, составляющих до 95% общего количества каменного материала, на ст. К-111 подняты мелкие обломки песчаников, алевролитов, аргиллитов, гранодиоритов, гранитов, фельзитов, фельзит-порфиров, кварцевых порфиров, а также железомарганцевые конкреции.

В этой же части вала Зенкевича, в 90—95 км к юго-востоку от горы Павловского, проведено драгирование на двух безымянных горах (ст. К-125 и К-126), представляющих выступы сейсмоакустического фундамента и вытянутых, как и гора Павловского, в северо-западном направлении. Длина их по изобате 5000 м составляет около 15—20 км при ширине 8—10 км, относительная высота достигает 1000 м, вершины гор перекрыты осадками мощностью 150—300 м. Драгирование проводилось на склонах гор в интервале глубин 5200—4800 м. В этом районе поднято несколько десятков угловатых глыб (размером до 30 см) подушечных базальтов, которые резко преобладают, а также мелкие обломки (до 3—7 см) песчаников, алевролитов, аргиллитов, кремнистых пород, андезитов, габбро, диоритов и гранитов.

В геолого-структурном отношении гора Павловского (ст. К-111) и упомянутые безымянные горы (ст. К-125 и К-126) представляют собой горсты, приуроченные к системе поперечных (по отношению к валу Зенкевича) разломов, секущих желоб и продолжающихся на Камчатке (в районе Авачинского залива). Аналогич-

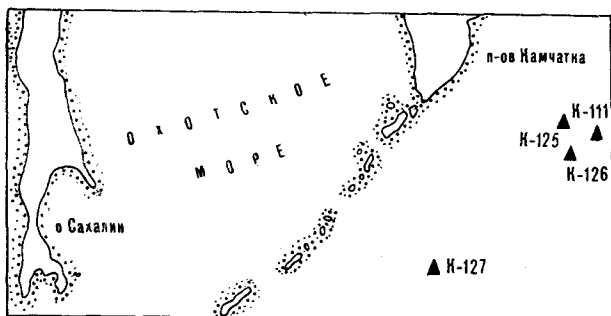


Рис. 1. Схема расположения станций драгирования.

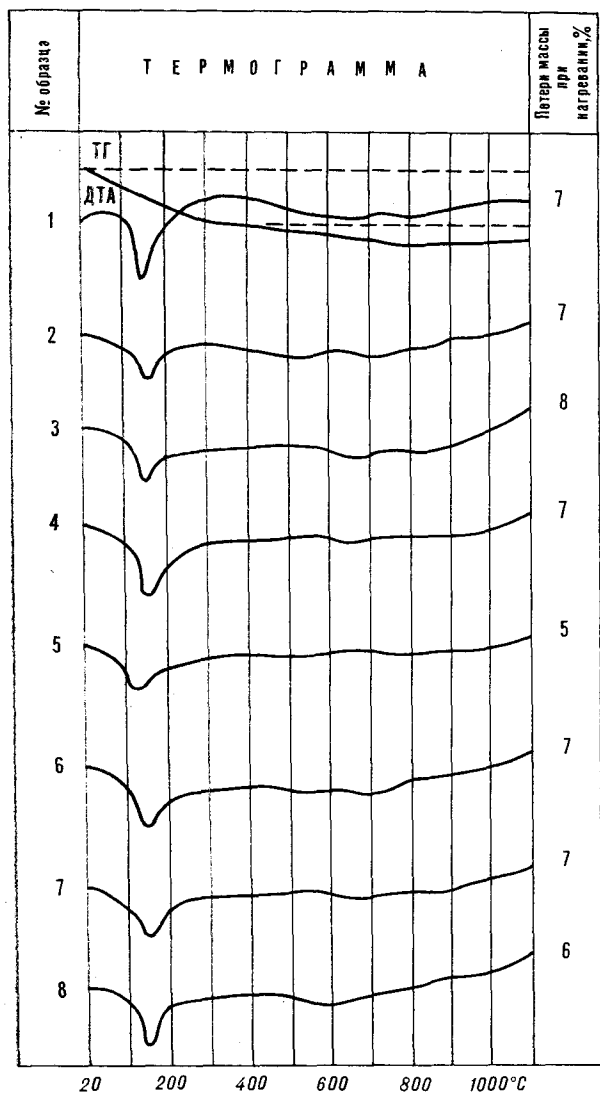


Рис. 2. Термограммы базальтов вала Зенкевича.

ТГ — термогравиметрические кривые, ДТА — кривые дифференциального термического анализа (№ 1 — ст. К-126, № 2 — 6 — ст. К-125, № 7, 8 — ст. К-111).

ную природу имеет безымянная гора (ст. К-127) к югу от этих горстов, но приуроченная к продольному разлому северо-восточного простирания. Среди скальных пород, поднятых в

районе этой горы, также преобладали подушечные лавы базальтов.

Таким образом, судя по материалу драгирования, в северной части вала Зенкевича существенно преобладают основные вулканиты, часто с шаровой и подушечной отдельностью, причем угловатый облик фрагментов этих пород со свежими поверхностями отрыва не оставляет сомнений в том, что они являются коренными образованиями, слагающими исследованную часть поднятия океанского дна.

Вулканиты, драгированные из различных частей окраинно-океанического вала, характеризуются значительным сходством. Они представлены весьма однородными, преимущественно афировыми, базальтами, иногда миндалекаменной или пузырчатой текстуры. Эти базальты состоят из переменного количества черного, темно-бурого в различной степени девитрифицированного вулканического стекла (сидеромелана) с неравномерно распределенными в нем микролитами лабрадора ( $N_g = 1,556-1,570$ ,  $N_p = 1,558-1,563$ ), варьирующими по размеру от сотых долей миллиметра до 0,1–0,2 мм. Совместно с ним иногда наблюдаются редкие мельчайшие зерна клинопироксена и рудного минерала. Микроструктуры базальтов близки интерсертальной, гялопилитовой и гялоофитовой. Изредка в базальтах присутствуют единичные вкрапленники, как правило, относительно «свежего», зонального плагиоклаза размером до 1–1,5 мм, а также их гломеропорфировые сростки размером до 2–2,5 мм. Представлены вкрапленники, как и микролиты, лабрадором ( $N_g = 1,565-1,570$ ,  $N_p = 1,557-1,560$ ). Для миндалекаменных разновидностей базальтов показательно присутствие мелких, иногда многочисленных миндалин, сложенных тонкочешуйчатым зеленоватым, зеленовато-коричневым минералом, возможно, хлорофентом. Более крупные миндалины (0,2–0,3 мм) обычно имеют зональное строение. Их периферические части сложены тонковолокнистым, а центральные — тонкочешуйчатым зеленым минералом.

Для выяснения специфики вторичных преобразований базальтов, учитывая тонкодисперсный характер продуктов изменения вулканического стекла, использован комплекс методов термического и рентгеноструктурного анализов, выполненных Е. Л. Розиновой (ВСЕГЕИ). Согласно полученным данным (рис. 2, 3), все изученные вулканиты характеризуются качественно сходным типом и близкой степенью вторичных преобразований с преимущественным развитием монтмориллонита (смектитов) с незначительной примесью смешанослойной фазы иллит-монтмориллонита. Диффрактограммами также фиксируется присутствие небольшого количества калиевого полевого шпата, который при

микроскопических исследованиях изученных образцов нами не наблюдался.

Основные вулканы окраинно-океанического вала с учетом полученных ранее данных по южной части этой структуры [1, 2] характеризуются не только значительным однообразием петрографического состава, но и обладают сходными специфическими петрохимическими и геохимическими особенностями (см. таблицу). Они представлены низкомагнезиальными базальтами и реже андезитобазальтами повышенной калиевой щелочности. На классификационной диаграмме  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (рис. 4) эти породы располагаются в поле щелочных оливиновых базальтов, что, в первую очередь, определяется высокими содержаниями в них калия. Вместе с тем в их нормативном составе в значительном количестве (3—9%) присутствует кварц, что обусловлено главным образом крайне высокой степенью окисленности железа этих пород и соответственно значительным содержанием в них нормативного гематита (3—11%). Следует отметить, что при устойчивости отмеченных общих петрохимических свойств вулкаников на огромном протяжении структуры вала в северной его части преобладают эффузивы, относительно обогащенные  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ , причем наиболее «кислые» их разновидности характерны для района горы Павловского.

Сопоставление состава вулкаников вала Зенкевича с океаническими толеитовыми и щелочными оливиновыми базальтами [4, 9, 10, 12] свидетельствует о том, что по содержанию  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Y}$  и менее четко по концентрациям  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{P}$  (в отдельных пробах повышенным) они близки океаническим толеитовым базальтам, а по количеству  $\text{K}$  и  $\text{Rb}$  сходны со щелочными оливиновыми базальтами океанических островов. Следует также отметить относительно низкие концентрации в изученных вулканиках  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$  и высокие содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а иногда и  $\text{SiO}_2$ , отличающие их от характерных

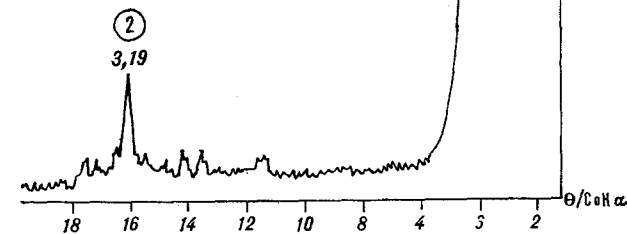


Рис. 3. Типичная дифрактограмма (ст. К-125) базальтов вала Зенкевича (ориентированный препарат). 1 — монтмориллонит (сметиты); 2 — калиевый полевой шпат.

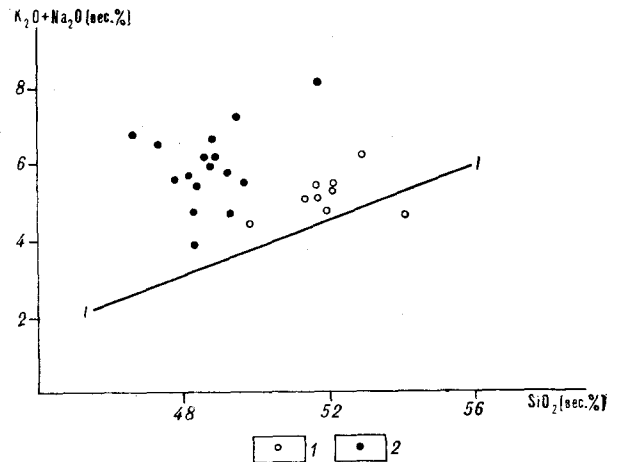


Рис. 4. Диаграммы  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  вулкаников вала Зенкевича, по данным:

1 — 15-го рейса НИС «Каллисто»; 2 — рейса НИС «Пегас» [1, 2]. 1—1 — линия, разделяющая поля щелочных оливиновых и толеитовых базальтов Гавайских островов.

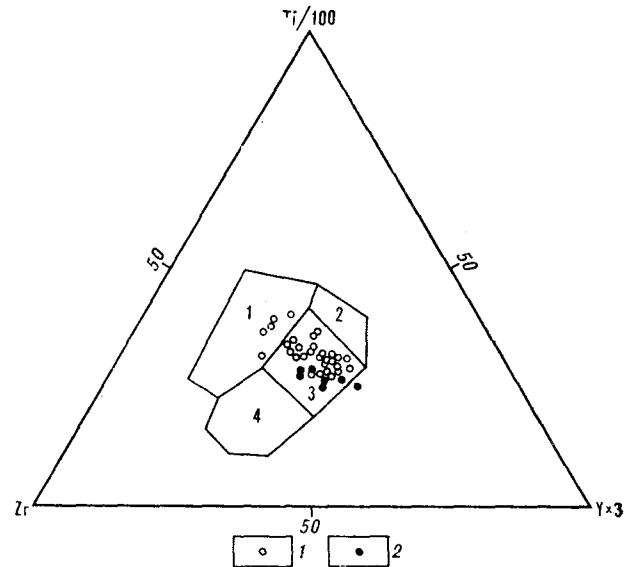


Рис. 5. Диаграмма  $\text{Zr} - \text{Ti} - \text{Y}$  (г/т).

1 — вулканики вала Зенкевича; 2 — вулканики юрско-ранне-мелового окраинно-океанического геосинклинального пояса (Корякское нагорье, Камчатка, Сахалин). Показаны поля составов [13]: 1 — континентальных базальтов, 2 — низкокальциевых толеитовых базальтов вулканических дуг, 3 — базальтов океанического дна, 4 — известково-щелочных базальтов вулканических дуг.

разновидностей базальтов обоих названных выше типов. Эти противоречивые петро- и геохимические особенности вулкаников окраинно-океанического вала наряду с отсутствием каких-либо признаков повышенной щелочности в их петрографическом составе логично связывать с процессами гальмиролитического преобразования базальтов исходно толеитового типа при длительном их взаимодействии с морской водой. По данным ряда исследователей [3, 8, 11], при гальмиролизе в базальтах закономерно уменьшается содержание  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$  и увеличи-

Химические составы (вес. %) и содержания малых элементов (г/т) в вулканитах вала Зенкевича

Окисел, элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	52,00	54,03	52,05	51,84	49,89	52,82	51,27	51,78	48,60
TiO <sub>2</sub>	1,43	2,09	1,33	1,31	1,28	1,58	1,35	1,58	0,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,34	12,56	17,03	16,66	16,13	16,65	17,82	17,10	17,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,30	6,23	10,92	9,09	5,90	9,47	9,97	10,65	10,43
FeO	1,75	7,66	0,44	1,02	2,34	0,57	0,47	0,40	1,68
MnO	0,24	0,18	0,18	0,17	0,18	0,21	0,27	0,17	0,10
MgO	3,59	2,60	2,79	4,42	6,05	2,96	3,01	3,70	2,22
CaO	7,65	3,97	6,44	6,88	8,88	4,82	6,69	5,64	7,25
Na <sub>2</sub> O	2,81	2,69	2,81	2,82	2,16	2,84	2,90	3,12	3,04
K <sub>2</sub> O	2,01	2,03	2,70	2,64	2,39	3,58	2,22	2,25	2,86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	1,02	0,26	0,22	0,47	0,35	0,33	0,34	0,17
H <sub>2</sub> O	1,62	0,46	1,94	2,02	1,76	2,98	2,16		
П. п. п.	3,12	3,80	3,52	3,28	4,76	4,47	4,16	4,10	
Σ	100,47	98,99	100,49	100,36	100,37	100,36	100,48	100,86	
Ni	72	77	77	185	77	125	130	110	
Co	52	45	54	79	44	70	67	51	
Cr	210	70	250	490	330	205	380	420	
V	170	62	165	190	155	205	125	130	
Sc	38	175	38	47	42	48	38	45	
Cu	120	20	140	160	160	210	170	160	
Zn	120	160	100	120	120	130	110	110	
Pb	14	22	6	89	8	11	20	7	
Zr	120	170	101	6	105	110	104	109	
Rb	49	62	55	43	41	58	47	47	
Sr	179	260	174	148	192	149	164	161	
Y	35	104	31	30	39	48	39	55	
Nb	7	7	6	7	5	6	6	5	
Ba	90	600	120	90	90	76	72	90	

Примечание. 1—8 — вулканиты, драгированные в 15-м рейсе НИС «Каллисто»: 1, 2 — станция К-111, 3—7 — станция К-125, 8 — станция К-126; 9 — средний состав базальтов (по 16 анализам) южной части вала Зенкевича, по данным [1, 2]. Полные силикатные анализы, а также количественные определения Rb, Sr, Zr, Nb, Y, Ba, Cu, Zn выполнены в лабораториях ВСЕГЕИ, определения Ni, Co, Cr, V, Sc — в лаборатории количественного спектрального анализа ИГО Севзапгеология.

вається количество Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Rb и в меньшей степени Sr, Ba, P, вследствие чего они приобретают некоторые признаки щелочных пород, как это и наблюдается в изученных нами вулканитах. Показательно здесь и то, что совокупность эффузивов вала Зенкевича характеризуется аномальной для обычной магматической эволюции положительной корреляцией кремнезема и магния при независимых от содержания кремнезема вариациях калия, а также отличается «толеитовыми» содержаниями таких устойчивых к процессам преобразования пород элементов, как Ti, Zr, Nb, Y (рис. 5), и соотношением Y/Nb, в среднем равном 8, при характерной для щелочных оливиновых базальтов океанов величине этого отношения меньше 2 [13]. Вероятно, как показано выше, накопителем калия в изученных породах является преобразованное вулканическое стекло, а количество калия, по видимому, зависит от времени взаимодействия вулканитов с морской водой.

Широкое распространение в Притихоокеанском регионе (в Корякском нагорье, на Камчатке и Сахалине) базальтов специфических окраинно-океанических геосинклиналей позднеюрского — раннемелового и поздне мелового — палеогенового возраста [6], а также комплекс

данных о структурных связях поздне мелового — палеогенового геосинклинального пояса со структурами Тихого океана [5, 7] определяют особый интерес к вулканитам окраинно-океанического вала, для которых предполагается позднеюрский — раннемеловой возраст [1, 2]. Следует отметить, что среди базальтов окраинно-океанических геосинклиналей преимущественно поздне мелового — палеогенового возраста присутствуют их разновидности повышенной существенно калиевой щелочности, однако по своим петрографическим, минеральным, петро- и геохимическим свойствам они существенно отличаются от описанных базальтов вала Зенкевича. Вместе с тем последние по своему облику и петрографическим особенностям сходны с толеитовыми базальтами, особенно широко распространенными в позднеюрском — раннемеловом геосинклинальном поясе. Судя по имеющимся ограниченными данным, они достаточно близки к ним и по содержанию ряда индикаторных элементов, относительно независимых от процессов последующих преобразований вулканитов (см. рис. 5—7).

Таким образом, приведенные сведения позволяют предполагать, что в северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса позднеюр-

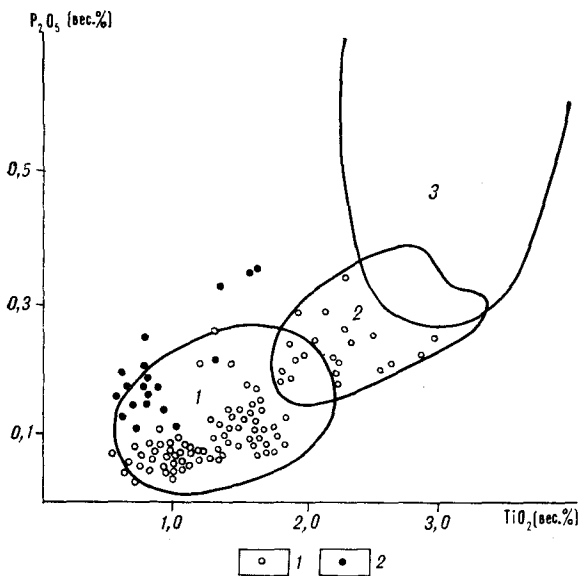


Рис. 6. Соотношение  $P_2O_5$  —  $TiO_2$  в базальтах юрско-раннемелового окраинно-океанического геосинклинального пояса (1) и вулканитах вала Зенкевича (2).

Показаны поля составов: 1 — толеитовых базальтов океанических хребтов, 2 — толеитовых базальтов океанических островов, 3 — щелочных базальтов океанических островов [14].

ский — раннемеловой вулканизм проявился как в пределах собственно океанической структуры — вала Зенкевича, так и вдоль палеограницы океана и континента с формированием фрагментарно проявленного геосинклинального ба-

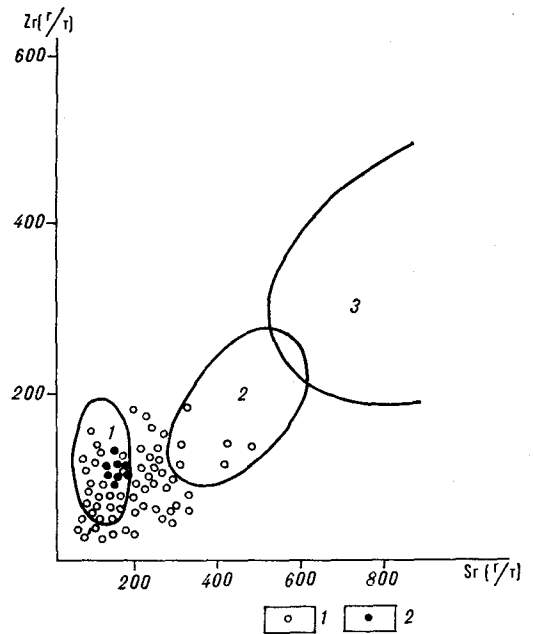


Рис. 7. Соотношение  $Zr$  —  $Sr$  в вулканитах вала Зенкевича и базальтах юрско-раннемелового окраинно-океанического геосинклинального пояса. Усл. обозн. см. на рис. 5.

зальтового вулканического пояса. Выявление связей между этими структурами, как и продолжение изучения вулканитов вала Зенкевича, является предметом дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Б. И., Подзорова Д. И., Скорикова М. Ф. Вещественный состав и физические свойства базальтов вала Зенкевича (Тихий океан).— ДАН СССР, 1977, т. 236, № 3.
2. Васильев Б. И., Соловьев Л. С., Суворов А. А. О геологическом строении внешнего склона Курило-Камчатского жёлоба и вала Зенкевича.— ДАН СССР, 1978, т. 238, № 5.
3. Коссовская А. Г., Симанович И. М., Шутов В. Д. Минеральные преобразования пород океанической коры и проблема ее начальной континентализации.— В кн.: Минеральные преобразования пород океанического субстрата. М.: Наука, 1981.
4. Лутц Б. С. Геохимия океанического и континентального магматизма.— М.: Недра, 1980.
5. Ротман В. К. Петрохимические данные о структурных связях ложа Тихого океана и Перикоеанического геосинклинального пояса в южной части Курильской дуги.— ДАН СССР, 1976, т. 228, № 2.
6. Ротман В. К., Марковский Б. А. Базальтовые вулканического пояса окраинно-океанического (перикоеанического) типа и связанные с ними палеовулканические реконструкции.— Сов. геол., 1979, № 4.
7. Супруненко О. И., Марковский Б. А., Тарасов Б. М. К истории геологического развития подводной возвышенности Обручева и сопредельных районов.—

- В кн.: Структура, история развития и проблемы нефтегазоносности акваторий. Л., 1975 (Тр. ВНИГРИ, вып. 367).
8. Цеховский Ю. Г., Градусов Б. П. и др. О гидротермальном преобразовании гялобазальтов из глубоководных желобов Марианского и Японского.— В кн.: Минеральные преобразования пород океанического субстрата. М.: Наука, 1981.
  9. Cann Y. R. Rb, Sr, Y, Zr and Nb in some ocean floor basaltic rocks.— Earth and Planet. Sci. Lett., 1970, v. 10, N 1.
  10. Engel A. E. J., Engel C. G., Havens R. G. Chemical characteristics of oceanic basalts and the Upper mantle.— Geol. Soc. of Amer. Bull., 1965, v. 76, N 7.
  11. Hart R. A. Progressive alteration of the oceanic crust.— In: Initial Reports of the DSDP. Washington, 1976, v. 34.
  12. Kay R., Hubbard N. J., Gast P. W. Chemical characteristics and origin of oceanic ridge volcanic rocks.— Vorn. Geophys. Res., 1970, v. 75, N 2.
  13. Pearce Y. A., Cann Y. R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses.— Earth and Planet. Sci. Lett., 1973, v. 19, N 2.
  14. Rhodes Y. M. Major and trace element chemistry of basalt from Leg. 9 of the DSDP — EOS, Transactions American Geophysical Union, 1973, v. 54, N 11.

ТОИ ДВНЦ АН СССР  
Владивосток  
ВСЕГЕИ  
Ленинград

Поступила в редакцию  
10 января 1984 г.