

ПУЗАНКОВ Ю. М., ВОЛЫНЕЦ О. Н., ПАТОКА М. Г.

**ГЕОХИМИЯ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ ИЧИНСКИЙ
И ХАНГАР (КАМЧАТКА) В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ
КИСЛОЙ МАГМЫ**

Проблема происхождения кислых вулканических пород островных дуг рассматривалась многими исследователями весьма всесторонне с привлечением, как правило, генерализованных данных по крупным объемам пород. Представляется полезным более детальное сравнение конкретных центров кислого вулканизма, расположенных в одной геологоструктурной зоне и характеризующихся примерно одинаковым набором лав. В качестве объектов исследования выбраны две крупные вулканические постройки, возникающие в четвертичное время близ современной осевой линии Срединного Камчатского хребта. Это вулканы Ичинский и Хангар, сведения о которых уже имеются в геологической литературе (Bogdanovitch, 1904; Щербаков, 1940; Эрлих, 1958, 1960, 1973; Маренина, 1959, 1962, 1963; Святловский, 1960; Огородов, 1962; Кутыев, 1965; Кутыев, Эрлих, 1970; Эрлих и др., 1971; Огородов и др., 1972; Леонова, Удальцова, 1974; Кутыев и др., 1976; Василевский и др., 1977; Патока, Успенский, 1977; Пузанков и др., 1977; Апрельков и др., 1978). Обилие опубликованного материала делает излишним детальное описание геологического строения вулканов, вследствие чего авторы сосредоточили внимание на геохимических аспектах проблемы. Цель работы — дать развернутую характеристику составов различных вулканитов и пород кристаллического фундамента, а на этой основе выявить генетическое родство кислых расплавов с веществом гранитно-метаморфического слоя или установить их независимость. Подобные исследования для вулкана Хангар проводились Л. Л. Леоновой, Н. И. Удальцовой (1974) и Ф. Ш. Кутыевым с соавт. (1976).

Выполненная нами работа базируется на 130 полных силикатных и квантометрических анализах, 83 сокращенных силикатных анализах на SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , 137 определениях K, Na, Rb, Li, выполненных методом фотометрии пламени в ГЕОХИ СО АН СССР, 150 гамма-спектрометрических измерениях U (по Ra), Th, K, проведенных в ИГГ СО АН СССР. Сведения о порогах чувствительности гамма-спектрометрического анализа и сопоставление результатов, полученных с помощью различных методов, содержатся в опубликованной ранее монографии (Пузанков и др., 1977). В прилагаемых таблицах показано количество определений для каждой из рассматриваемых групп пород, средние содержания элементов и окислов, а также величины дисперсий. При составлении таблиц использованы независимые выборки, полученные по результатам анализов проб, отобранных в разные годы каждым из авторов. Соответствующие выборки включают также опубликованные силикатные анализы. Некоторые различия в величинах концентраций K для одних и тех же групп пород обуславливаются скорее независимо-

стью выборок, чем особенностями использованных аналитических методов. При петрохимических сопоставлениях предпочтение было отдано данным силикатного анализа как наиболее достоверным.

Геолого-структурное положение вулканов Ичинский и Хангар

Вулкан Хангар расположен в северной части Центрально-Камчатского выступа метаморфических пород и является самым южным в четвертичном вулканическом поясе Срединного хребта. Земная кора этого района отвечает континентальному типу, ее мощность соответствует 35—40 км при толщине гранитного слоя 18 км и более (Балеста и др., 1977). Верхняя часть гранитно-метаморфического слоя имеет выход на поверхность в пределах крупных гнейсо-купольных структур, ядра которых сложены биотитовыми, гранат-биотитовыми гнейсами и мигматитами с гиперстеном, силлиманитом и кордиеритом. Здесь же широко проявлены интрузии гранитов, близкие по составу к гнейсовому субстрату. Геологическая мощность глубоко метаморфизованных образований, относимых к колпаковской серии, превышает 2 км. Судя по характеру гравитационного поля, указанный комплекс пород прослеживается на значительные глубины (более 9 км).

Руины полигенной постройки вулкана Хангар расположены в центре асимметричного гранито-гнейсового купола, Скалистые гребни обрамляют кальдеру обрушения диаметром 12—15 км. В кальдере эксцентрично располагается разрушенный конус, а в его расширенном эрозией эксплозивном кратере — озеро. Формирование кальдеры сопровождалось извержениями липаритовых игнимбритов, потоки которых протягиваются далеко за ее пределы по долинам рек Крутогорова и Хейван. В южной части конуса сохранились фрагменты плейстоценового стратовулкана, образованного экструзиями и потоками андезитов и андезитодацитов. После обрушения вершины стратовулкана сформировался: центральный экструзивный купол, сложенный преимущественно дацитами. На заключительных фазах параллельно возникали дацит-липаритовые экструзивные купола с телами обсидианов и происходили мощные эксплозивные выбросы, закончившиеся около 6 тыс. лет назад. (Геохронология, 1974). Кальдера Хангара заполнена дацитовыми пемзами, образующими ныне экзотические каньоны. Базальтовый вулканизм в районе вулкана Хангар практически не проявлен. Лишь в южном блоке кальдеры известны отдельные голоценовые шлаковые конусы и потоки андезитобазальтов. Формирование вулкана непосредственно на гранито-гнейсовом основании и существенно кислые лавы рассматривались как явления взаимообусловленные, причем кислый вулканизм иногда принимался за следствие процессов, приведших к формированию самого гранито-гнейсового купола, что вытекало из представлений о молодом возрасте метаморфизма (Лебедев и др., 1970; Кутыев и др., 1976).

Вулкан Ичинский входит в состав того же Срединного вулканического пояса, находится в 105 км к северу от вулкана Хангар, но его становление происходило в иной тектонической обстановке. Кристаллические породы Центрально-Камчатского выступа здесь погружены под неравномерно метаморфизованные первично терригенные и вулканогенные образования палеозойского возраста. Последние перекрыты отложениями позднего мела с отчетливым структурным и стратиграфическим несогласием. Вся толща прорвана разнообразными по составу разновозрастными интрузиями гранитоидов и базитов. Характерной чертой мелового основания Ичинского вулкана является проявление щелочно-базальтового магматизма, вплоть до шонкинитов и абсарокитов (Флеров, Колосков, 1976). Непосредственно под четвертичными лавами обнажается неогеновый вулканический комплекс, принадлежащий в от-

личие от позднемелового к известково-щелочной серии. Общая мощность осадочно-вулканогенного слоя, включающего мезокайнозойские образования, не превышает, по данным ГСЗ, 8,0 км (Балеста и др., 1977).

Современный конус Ичинской сопки сформировался на древнечетвертичном андезито-базальтовом щитовом вулкане, фрагменты которого проявляются на площади более 100 км². В течение среднего и верхнего плейстоцена многократные извержения средних и кислых лав в форме экструзивных куполов и потоков образовали крупнейшую в Срединном хребте вулканическую постройку. В ее привершинной части в раннеголоценовое время вдоль кольцевого разлома внедрили экструзии дацитов и липарито-дацитов, давшие короткие потоки на склонах стратовулканов. В современную эпоху Ичинская вулканическая структура входит в контур площади ареального базальтового и андезито-базальтового вулканизма (Шеймович, 1976).

Данные петрогеохимического опробования

Породы кристаллического фундамента и экструзивно-эффузивные образования рассматриваемых вулканов относятся к известково-щелочной серии. Гнейсы и мигматиты Срединного Камчатского хребта были образованы при метаморфизме граувакк, поскольку несут все характерные химические признаки этих пород (Пузанков и др., 1977). Автохтонные граниты отличаются по составу от вмещающих гнейсов большим содержанием кремнекислоты и соответствующим изменением содержания остальных породообразующих окислов. Средневзвешенные составы лав вулканов Ичинский и Хангар близки к среднему составу гранито-гнейсового субстрата (табл. 1). Статистическая проверка гипотезы о равенстве распределений породообразующих окислов между вулканами, с одной стороны, и породами кристаллического фундамента — с другой, установила, что вулканические образования и породы гранито-метаморфического слоя одинаковы по кислотности, а также не различаются по содержаниям и распределению окислов титана, магния и фосфора, вместе с тем вулканы значительно обеднены железом и содержат больше извести, щелочей и глинозема. Различия проявляются отчетливее, за исключением данных по К₂O, если принимать во внимание только вулкан Хангар.

Средние составы вулканических продуктов в целом по рассматриваемым постройкам и по отдельным группам пород обнаруживают некоторые различия. Лавы Ичинского вулкана обогащены магнием, железом, калием и характеризуются меньшими количествами алюминия и натрия по сравнению с хангарскими. Вместе с тем основные индикаторные отношения, например $Fe^{+3}/Fe^{+3} + Fe^{+2}$, $Fe^{+4}/Fe^{+3} + Fe^{+2} + Mg$, остаются постоянными. Исключением является соотношение щелочей, что связано с избытком натрия в лавах Хангара, где его концентрации не упорядочены относительно SiO₂ и Al₂O₃.

Для детального анализа распределения микрокомпонентов в породах привлечены помимо табличных данных парные логарифмические графики. Линейные рои фигуративных точек, получаемые на этих графиках, позволяют говорить о направленных тенденциях, проявляющихся в отношении происхождения и эволюции рассматриваемых комплексов пород, хотя и не являются доказательством единой последовательности.

Вулканические комплексы характеризуются согласованным, но разным по темпу накоплением калия и кремнезема (рис. 1). Это обстоятельство позволяет использовать содержания калия в качестве меры дифференциации наряду с SiO₂. Концентрации K, U, Th, Rb, Li в породах обоих вулканов и гнейсогранитном субстрате заметно различаются (табл. 2). Продукты извержения вулкана Ичинского по сравнению с

Таблица 1

Средние составы вулканитов и кристаллических пород фундамента, вес.%

Породы	N	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Сумма
Вулкан Ичинский												
Андезиты, андезито-дациты	9 (9)	<u>61,00</u> 1,97	<u>0,74</u> 0,13	<u>15,91</u> 1,82	<u>7,06</u> 1,31	<u>0,09</u> 0,02	<u>2,60</u> 1,10	<u>5,57</u> 1,00	<u>3,54</u> 0,18	<u>2,46</u> 0,51	<u>0,21</u> 0,06	99,18
Дациты	41 (18)	<u>65,80</u> 1,69	<u>0,61</u> 0,11	<u>15,67</u> 1,30	<u>4,82</u> 1,09	<u>0,08</u> 0,01	<u>1,78</u> 0,52	<u>3,80</u> 1,01	<u>3,96</u> 0,44	<u>2,95</u> 0,59	<u>0,18</u> 0,05	99,68
Липарито-дациты, липариты	8 (3)	<u>71,25</u> 1,78	<u>0,36</u> 0,08	<u>14,74</u> 1,28	<u>2,98</u> 0,83	<u>0,08</u> 0,02	<u>0,57</u> 0,24	<u>1,33</u> 0,22	<u>4,23</u> 0,62	<u>4,09</u> 0,42	<u>0,06</u> 0,05	99,69
Средний состав при соотношении объемов пород 0,2:0,7:0,1	—	65,42	0,61	15,61	5,08	0,08	1,82	3,91	3,90	2,97	0,17	99,57
Вулкан Хангар												
Андезиты, андезито-дациты	17 (10)	<u>60,47</u> 1,36	<u>0,96</u> 0,20	<u>17,16</u> 0,81	<u>6,30</u> 0,62	<u>0,13</u> 0,04	<u>2,35</u> 0,49	<u>5,44</u> 0,48	<u>4,44</u> 0,53	<u>1,99</u> 0,21	<u>0,47</u> 0,14	99,71
Дациты	48 (21)	<u>65,93</u> 1,54	<u>0,52</u> 0,10	<u>16,46</u> 0,90	<u>4,23</u> 1,28	<u>0,10</u> 0,03	<u>1,52</u> 0,53	<u>3,60</u> 0,51	<u>4,43</u> 0,49	<u>2,46</u> 0,33	<u>0,29</u> 0,05	99,54
Липарито-дациты, липариты	36 (16)	<u>71,96</u> 1,65	<u>0,28</u> 0,07	<u>14,65</u> 1,39	<u>2,24</u> 0,58	<u>0,09</u> 0,03	<u>0,60</u> 0,29	<u>1,65</u> 0,58	<u>4,64</u> 0,66	<u>3,29</u> 0,38	<u>0,15</u> 0,03	99,55
Средний состав при соотношении объемов пород 0,2:0,6:0,2	—	66,04	0,66	16,24	4,25	0,10	1,50	3,58	4,47	2,53	0,30	99,57
Кристаллический фундамент												
Гнейсы, мигматиты	40 (40)	<u>66,44</u> 4,47	<u>0,71</u> 0,26	<u>15,74</u> 2,18	<u>6,26</u> 1,94	<u>0,15</u> 0,19	<u>1,83</u> 0,87	<u>2,55</u> 1,17	<u>3,24</u> 0,71	<u>2,03</u> 0,48	<u>0,20</u> 0,09	99,15
Граниты	14 (14)	<u>70,42</u> 3,71	<u>0,31</u> 0,13	<u>14,13</u> 1,17	<u>3,02</u> 1,12	<u>0,08</u> 0,03	<u>0,89</u> 0,50	<u>2,07</u> 0,60	<u>3,98</u> 0,61	<u>2,04</u> 0,93	<u>0,18</u> 0,09	98,02
Средний состав при соотношении объемов пород 0,7:0,3	—	67,63	0,59	15,26	5,29	0,13	1,55	2,41	3,46	2,30	0,20	98,82

Примечание. N — число определений, в том числе в скобках — количество полных силикатных анализов. Числитель — среднее арифметическое; знаменатель — стандартное отклонение. Содержание железа общее, в пересчете на Fe₂O₃. Интервалы значений SiO₂ приняты для андезитов и андезито-дацитов менее 63%, для дацитов — 63—69%, для липарито-дацитов и липаритов — более 69%.

продуктами извержения Хангара богаче калием, редкими щелочами и радиоактивными элементами при близких отношениях Th/U, K/U, K/Rb, что может свидетельствовать об общности источников этих элементов при разных уровнях накопления в ходе петрогенической эволюции.

Тип фракционирования микроэлементов в лавах Ичинского вулкана и вулкана Хангара близок к описанному для пород Курильских островов (Кравченко, 1977). В пределах Ичинской структуры более кислые расплавы обнаруживают тенденцию к преимущественному накоплению U, Th, Rb относительно K и U относительно Th. Эта же тенденции со-

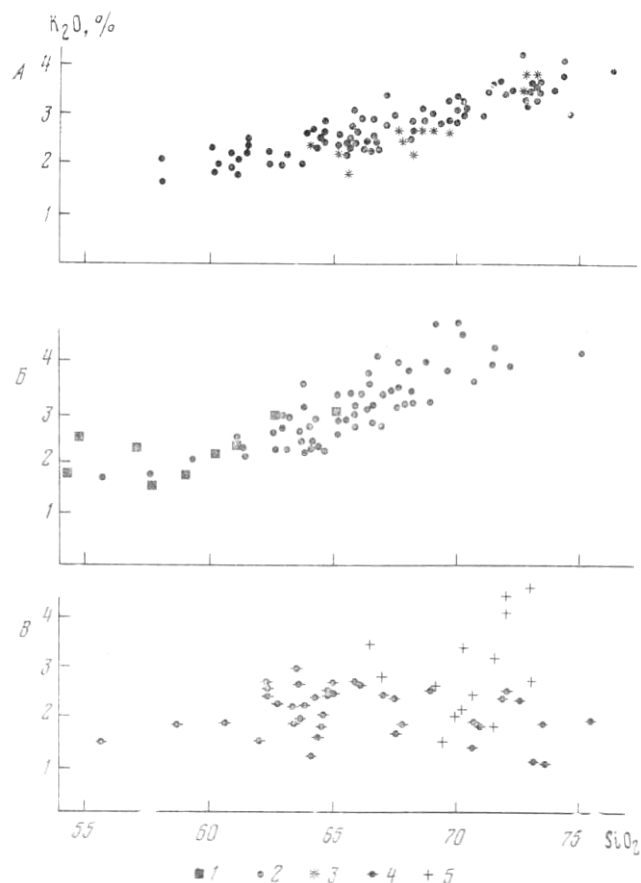


Рис. 1. Зависимость содержаний K_2O и SiO_2 в вулканитах и породах фундамента. А — вулкан Хангара, Б — Ичинский вулкан, В — гранито-гнейсы фундамента; 1 — лавы Древнеичинского вулкана. Q_i; 2—3 — лавы и пирокластика вулканов Ичинский и Хангара, Q_{1-IV} (2 — экструзии и потоки, 3 — игнимбриты, пемзы); 4—5 — породы фундамента (4 — гнейсы, мигматиты, 5 — граниты)

храняется для вулканитов Хангара, но в меньшей степени, что соответствует более низким концентрациям K в его лавах (рис. 2, 3, 4, 5). В линейных рядах точек, характеризующих составы вулканитов, «смешиваются» эффузивы разных по времени этапов становления вулканов, а также лавы и продукты эксплозивных выбросов. Например, игнимбриты, пемзы и пемзовидные липариты кровли экструзивных куполов вулкана Хангара не отличаются от лав соответствующего состава по уровню накопления Rb, Li, U, Th относительно K и SiO_2 . Это важно подчеркнуть, поскольку такой факт может свидетельствовать об ограниченном участии рассматриваемых компонентов и газовом переносе. В отличие от вулканитов породы фундамента в 1,5—2,0 раза богаче Th, Rb, Li, вследствие чего характеризуются другими величинами Th/U,

Таблица 2

Средние содержания радиоактивных, редких щелочных (г/т) и щелочных (%) элементов в вулканитах и кристаллических породах фундамента

Породы	Гамма – спектрометрия							Фотометрия пламени					
	N	K	U	Th	Th/U	K/U·10 ⁻⁴	K/Th·10 ⁴	N	K	Na	Rb	Li	K/Rb
Вулкан Ичинский													
Андезиты, андезито-дациты	1	<u>2,01</u> —	<u>1,50</u> —	<u>2,80</u> —	1,85	1,4	0,75	9	<u>1,70</u> 0,24	<u>2,81</u> 0,23	<u>28,7</u> 9,8	<u>11,7</u> 4,1	600
Дациты	14	<u>2,57</u> 0,45	<u>2,31</u> 0,66	<u>3,96</u> 0,85	1,71	1,15	0,65	15	<u>2,76</u> 0,45	<u>3,07</u> 0,49	<u>51,7</u> 13,9	<u>27,9</u> 17,7	540
Липарито-дациты, липариты	3	<u>3,70</u> 0,45	<u>4,00</u> 0,41	<u>6,10</u> 0,41	1,53	0,93	0,61	7	<u>3,32</u> 0,34	<u>3,16</u> 0,20	<u>83,1</u> 16,9	<u>22,3</u> 5,2	400
Среднее с учетом соотношения пород 0,2:0,7:0,1	—	2,57	2,32	3,94	1,7	1,15	0,68	—	2,63	3,03	50,2	24,1	525
Вулкан Хангар													
Андезиты, андезито-дациты	10	<u>1,78</u> 0,18	<u>1,42</u> 0,18	<u>2,41</u> 0,21	1,71	1,26	0,74	17	<u>1,55</u> 0,19	<u>2,98</u> 0,28	<u>30,1</u> 5,8	<u>11,6</u> 1,7	514
Дациты	21	<u>2,15</u> 0,24	<u>1,72</u> 0,45	<u>3,00</u> 0,74	1,74	1,25	0,72	27	<u>1,95</u> 0,17	<u>3,14</u> 0,23	<u>40,5</u> 5,8	<u>15,0</u> 4,2	482
Липарито-дациты, липариты	12	<u>3,08</u> 0,14	<u>2,62</u> 0,30	<u>4,50</u> 0,75	1,72	1,17	0,68	36	<u>2,58</u> 0,31	<u>3,06</u> 0,30	<u>58,9</u> 12,0	<u>18,8</u> 4,3	435
Среднее с учетом соотношения пород 0,2:0,6:0,2	—	2,27	1,84	3,19	1,73	1,23	0,71	—	2,00	3,09	42,1	15,8	475
Кристаллический фундамент													
Гнейсы, мигматиты	50	<u>2,10</u> 0,77	<u>1,88</u> 0,61	<u>6,12</u> 1,65	3,24	1,1	3,5	14	<u>1,98</u> 0,59	<u>2,74</u> 0,34	<u>72,0</u> 18,1	<u>44,7</u> 16,8	275
Граниты	40	<u>2,27</u> 0,80	<u>2,26</u> 0,77	<u>5,90</u> 2,43	2,6	1,0	3,8	12	<u>2,42</u> 0,89	<u>2,77</u> 0,43	<u>83,6</u> 31,4	<u>23,7</u> 13,7	290
Среднее с учетом соотношения пород 0,7:0,3	—	2,15	2,10	6,07	2,90	1,0	3,6	—	2,12	2,75	75,4	38,3	282

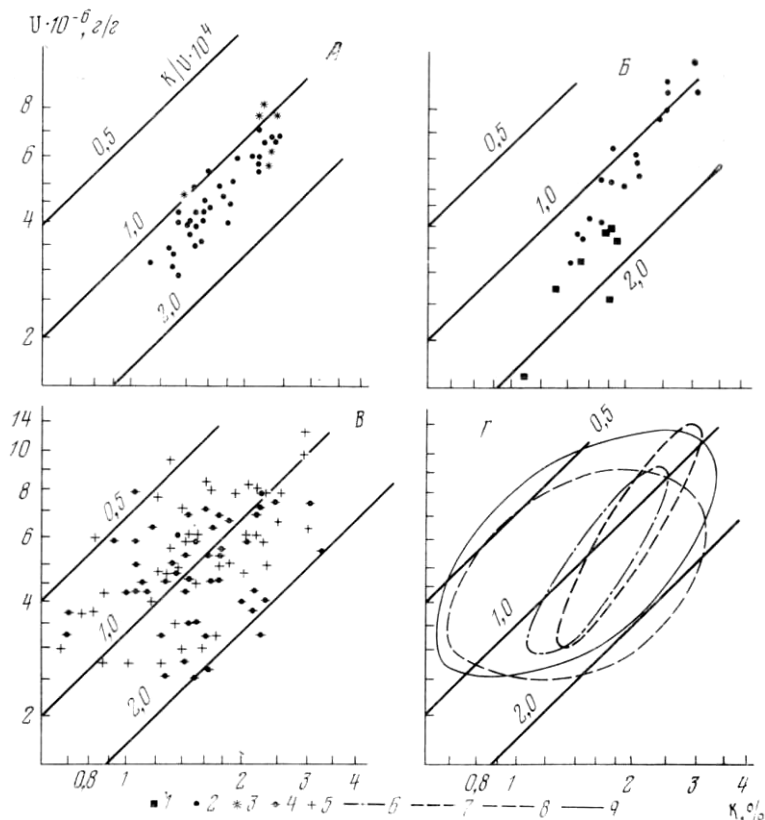


Рис. 2. Соотношение U и K в вулканитах и породах фундамента.

A — вулкан Хангар, *Б* — Ичинский вулкан, *В* — гранито-гнейсы фундамента, *Г* — поля фигуративных точек; *I* — лавы Древнеичинского вулкана, Q_1 ; 2—8 — лавы и пирокластика вулканов Ичинский и Хангар, Q_{1-v} (2 — экструзии, потоки, 3 — игнимбриты, пемзы); 4—5 — породы фундамента (4 — гнейсы, мигматиты, 5 — граниты); 6—9 — линии, ограничивающие рои фигуративных точек (6 — лав и пирокластики вулкана Хангар, 7 — кислых лав Ичинского вулкана, 8 — гнейсов, 9 — гранитов)

K/Rb и K/Th (табл. 2). Автохтонные граниты существенно не отличаются от гнейсов по значениям отношений K к Th, U и Rb, но характеризуются меньшими значениями величин Th/U, что обусловлено большей подвижностью U как в процессах плавления, так и в остаточных расплавах.

Обсуждение результатов

Итак, близкие по химизму кислые лавы вулканов Ичинский и Хангар могут рассматриваться как производные глубинной магмы или как продукты плавления вещества гранитно-метаморфического слоя. Различия содержания ряда компонентов в лавах проявляются на фоне своеобразия тектонических условий, в которых развивался вулканизм. Ввиду тождественности средних значений большинства индикаторных отношений первичные магмы обоих вулканов обладали, по-видимому, большим химическим сходством. Процессы контаминации не могли являться основным механизмом, обуславливающим возникшие различия составов. Например, более высокие содержания K и Mg в лавах Ичинского вулкана легко было бы объяснить влиянием щелочно-базальтовых серий мелового фундамента. Однако этому противоречит согласованное с K накопление в четвертичных эффузивах U и Th, поскольку содержание этих элементов в меловых базальтоидах минимально (Пузанков и др.,

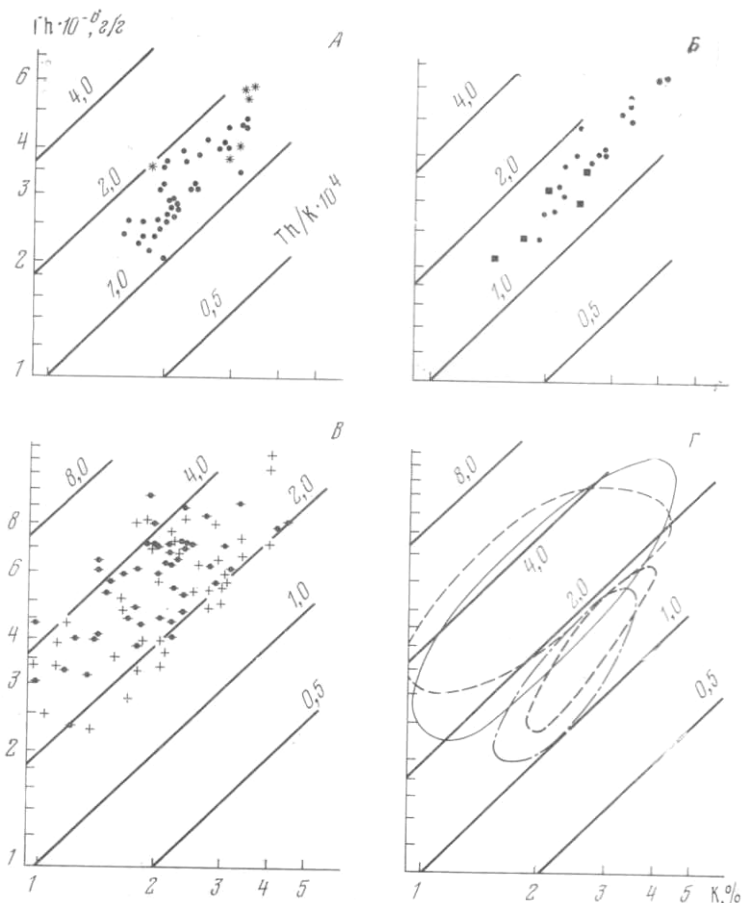


Рис. 3. Соотношение Th и K в вулканитах и породах гранито-гнейсового фундамента.

Условные обозначения см. в подписи к рис. 2

1977). Следовательно, возникновение наблюдаемых различий уместнее связывать с эволюцией родоначальных магм, характер и степень химической дифференциации которых обуславливались тектонической средой.

Могли ли кислые вулканические породы Ичи и Хангара формироваться за счет плавления гранитно-метаморфического слоя, верхнюю часть которого мы наблюдаем на поверхности и который по геофизическим данным прослеживается на глубину не менее 9—10 км?

При равенстве содержания кремнекислоты в лавах и субстратах, как наблюдается в нашем случае, уместно предполагать полное расплавление этого субстрата. Образовавшаяся гипомagma, таким образом, должна содержать различные компоненты в количествах не меньших, чем в исходных породах. В реальных условиях мы устанавливаем некоторое обогащение вулканитов полевошпатовой компонентой и дефицит железа, что трудно объяснить, так как неясен механизм выравнивания содержания SiO_2 между гнейсо-гранитами и расплавом. Еще непонятнее существенное уменьшение концентраций Th и редких щелочей. Можно предположить, что эти элементы удалены из пиромagma в процессе газового переноса или на более ранних этапах в результате прогрева субстрата.

Эманационный перенос радиоактивных элементов в расплавах подтверждается в ряде случаев прямыми наблюдениями (Титаева и др.,

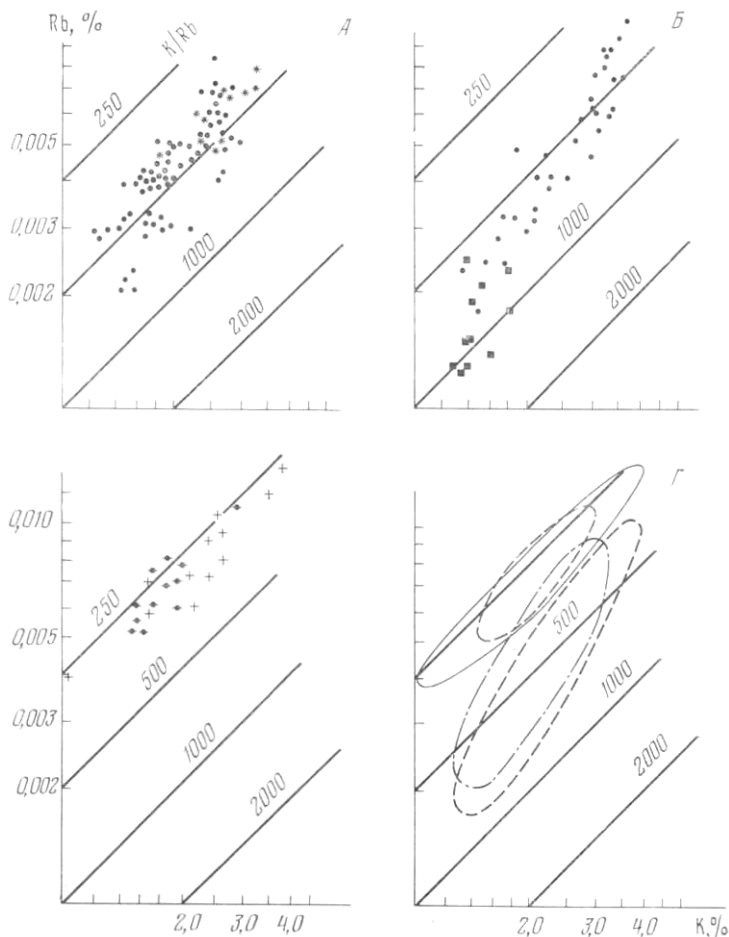


Рис. 4. Соотношение Rb и K в вулканитах и породах гранито-гнейсового фундамента.

Условные обозначения см. в подписи к рис. 2

1976), однако его роль в перераспределении U и Th неясна. Для вулкана Хангар Th/U остается постоянным независимо от степени насыщенности магмы газами, что фиксируется на графиках (см. рис. 5), где точки, характеризующие лавы, пемзы и игнимбриты, укладываются в пределах одного поля. По химическим свойствам Th — элемент менее подвижный по сравнению с U во всех системах, развивающихся в окислительных и близких к ним обстановках. В вулканическом процессе при продвижении флюидов через породы зоны прогрева происходит разделение долгоживущих изотопов по схеме $U^{234} > U^{238}$, $I_0 > Th^{232}$ (Чердынцев, 1973). Чтобы ответить положительно на поставленный ранее вопрос, мы должны предполагать не просто перенос, но и удаление из системы Th^{232} — элемента, наименее подвижного по сравнению с I и U при сохранении последних в расплаве. Такое условие не представляется реальным.

Подвижность редких щелочей в вулканическом процессе весьма различна. Их повышенные количества наблюдаются в перегретых хлоридно-натриевых водах, максимально отражающих состав эндогенного флюида (Арсанова, 1974). Вместе с тем, по данным И. А. Меняйлова с соавторами (Меняйлов и др., 1977), вынос Rb, Li газами новых Толбачинских вулканов незначителен. В вулканических породах редкие

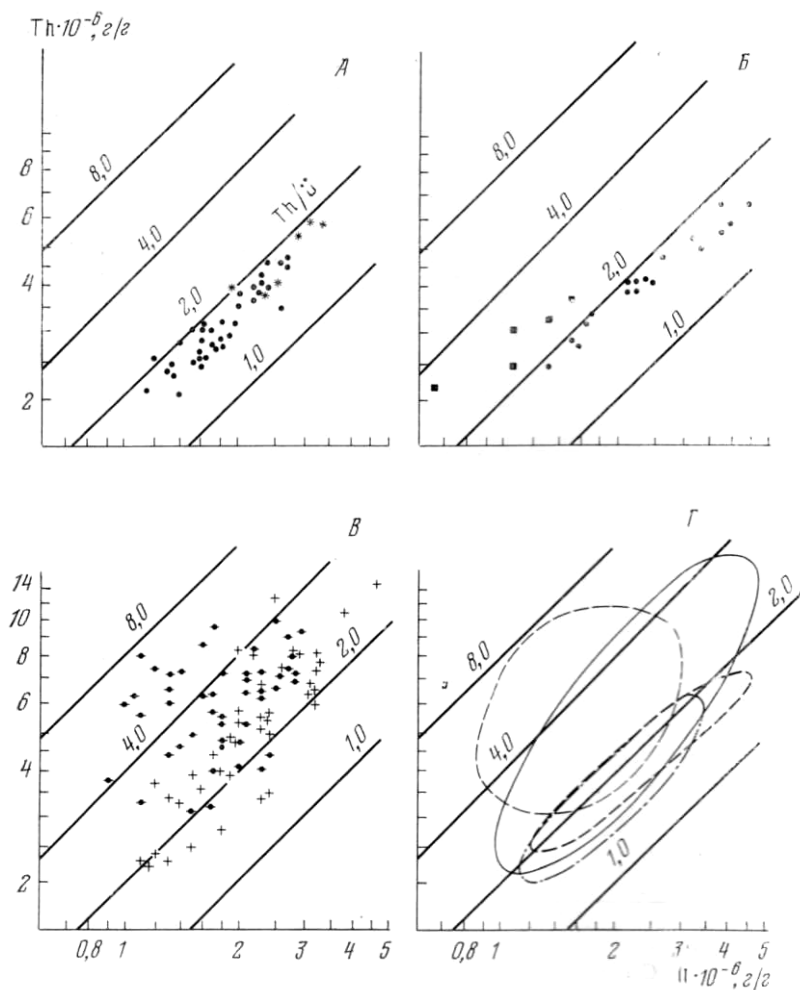


Рис. 5. Соотношение Th и U в вулканитах и породах гранито-гнейсового фундамента.

Условные обозначения см. в подписи к рис. 2

щелочи, U и Th сходны по поведению при изменении концентраций SiO_2 и K. Однако в процессе кристаллизации расплавов радиоактивные элементы более чем на 90% сбрасываются в основную массу эффузивов. Даже в биотите, образовавшемся в стадию интрателлурической кристаллизации, количество U и Th всегда много ниже, чем в основной массе (Леонова, Удальцова, 1974; Шатков, Шаткова, 1975). Rb по сравнению с U более активно связывается роговой обманкой, а биотит является его концентратором (Кравченко, 1977). Вследствие этого преимущественный вынос Rb из кристаллизующегося кислого расплава при сохранении U еще более сомнителен, чем селективный вынос Th.

Таким образом, предположение о формировании кислых вулканических пород с геохимическими характеристиками лав вулканов Ичинский и Хангар за счет прямого плавления гранитно-метаморфического слоя опровергается на основании наблюдаемых содержаний порообразующих окислов и микроэлементов.

О влиянии контаминации на состав вулканических пород свидетельствуют многочисленные находки оплавленных обломков гранитоидов в лавах Хангара. Как уже упоминалось, химический состав этих лав ха-

рактируется неравновесным количеством щелочей, что выражается в разрушении корреляционных связей между Na_2O и другими петрогенными окислами. Вместе с тем влияние процесса контаминации на формирование валового состава вулканитов незначительно, поскольку ассимиляция больших масс чужеродного материала не могла бы не отразиться на величинах индикаторных отношений. Их средние значения близки или одинаковы для пород того и другого вулканов, несмотря на существенное различие в составе и строении фундамента. Этот же вывод подтверждается результатами изучения изотопного состава Sr. Величина отношения $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ в образце липаритов вулкана Хангар равна 0,7035, что соответствует таковой для вулканов Восточной зоны (Хедж, Горшков, 1977). Это же отношение для липаритов Ичинского вулкана, по данным ГЕОХИ СО АН СССР, составляет 0,7039.

Глубинные породы земной коры, аналогичные гранулитам Ганальского хребта, характеризуются теми же соотношениями радиоактивных элементов, что и рассмотренные ранее гнейсы, а следовательно, их плавление не могло привести к появлению кислых расплавов, обедненных Th. С другой стороны, в качестве «исходных пород» могут рассматриваться с геохимических позиций глубинные аналоги эффузивов основного состава (амфиболиты, амфиболовые сланцы и гнейсы), для которых обычны низкие Th/U-отношения (Пузанков и др., 1977).

ЛИТЕРАТУРА

- Апрелков С. Е., Ежов Б. В., Патока М. Г., Успенский В. У. Паялпанская вулcano-тектоническая структура в Срединном хребте Камчатки. — В сб.: Региональная морфотектоника, геоморфология и четвертичная геология Дальнего Востока. Владивосток, 1978, с. 68—73.
- Арсанова Г. И. Редкие щелочи в термальных водах вулканических областей. Новосибирск, «Наука», 1974, 112 с.
- Балеста С. Т., Зубин М. И., Утнасин В. К., Аносов Г. И. Строение земной коры Камчатки по данным ГСЗ и гравиметрии. — В сб.: Вулканизм островных дуг. М., «Наука», 1977, с. 35—42.
- Василевский М. М., Стефанов Ю. М., Широкий Б. И., Кутыев Ф. Ш., Округин В. М. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки и проблема рудной специализации этапов тектоно-магматического развития складчатых областей. — В сб.: Прогнозная оценка рудоносности вулканогенных формаций. М., «Недра», 1977, с. 14—59.
- Геохронология СССР, т. III. Л., «Недра», 1974, 360 с.
- Кравченко С. М. Фракционирование малых элементов при дифференциации базитовых магм. М., «Наука», 1977, 217 с.
- Кутыев Ф. Ш. Об эволюции базальтоидов Камчатки. — В сб.: Вопр. магматизма и тектоники Дальнего Востока. Владивосток, 1975, с. 101—119.
- Кутыев Ф. Ш., Лебедев М. М., Максимовский В. А. О природе вулcano-тектонической структуры Хангар. — Изв. вузов. Геология и разведка. 1976, № 7, с. 35—46.
- Кутыев Ф. Ш., Эрлих Э. Н. Самородная ртуть в вулканических стеклах кальдеры Хангар (Камчатка). — Докл. АН СССР, 1970, т. 193, № 4, с. 916—917.
- Лебедев М. М., Ястремский Ю. М., Гузиев И. С. О природе гранито-гнейсовых куполов Срединной Камчатской метаморфической зоны. — В сб.: Геология и геофизика Тихоокеанского пояса, вып. № 25. Ново-Александровск, 1970, с. 34—49.
- Леонова Л. Л., Удальцова Н. И. Геохимия урана и тория в вулканическом процессе на примере Курило-Камчатской зоны. Новосибирск, «Наука», 1974, 103 с.
- Маренина Т. Ю. Вулкан Хангар в Срединном хребте Камчатки. — Тр. лабор. вулканол., 1959, вып. 17, с. 3—63.
- Маренина Т. Ю. Ичинский вулкан в Срединном хребте Камчатки. — Тр. лабор. вулканол., 1962, вып. 2, с. 3—65.
- Маренина Т. Ю. Петрохимические особенности лав Ичинского вулкана на Камчатке. — В сб.: Петрохимические особенности молодого вулканизма. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 71—74.
- Меняйлов И. А., Никитина Л. П., Шаранов В. Н., Гусева Р. В., Миклишанский Н. З., Колотов В. П., Савельев Б. В. Химизм и металлоносность магматических газов новых Толбачинских вулканов в 1976 году. — Докл. АН СССР, 1977, т. 236, № 2, с. 450—453.
- Огородов Н. В. Некоторые замечания об Ичинском вулкане. — Бюл. вулканол. ст., 1962, № 30, с. 24—29.
- Огородов Н. В., Кожемяка Н. И., Важеевская А. А., Огородова А. С. Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки. М., «Наука», 1972, 190 с.

- Патока М. Г., Успенский В. С.* Кислые субщелочные и щелочные породы Центральной Камчатки. — Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 6, с. 1168—1171.
- Пузанков Ю. М., Бобров В. А., Дучков А. Д.* Радиоактивные элементы и тепловой Поток земной коры полуострова Камчатка. — Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР, 1977, вып. 377, 126 с.
- Святловский А. Е.* Ичинский вулкан на Камчатке. — Тр. лабор. вулканол., 1960, № 18, с. 35—42.
- Титаева Н. А., Лыгина Т. И., Орлова А. В.* К вопросу об эманационном переносе урана и тория в вулканическом процессе. — Вестн. МГУ. Геология, 1976, № 1, с. 71—76.
- Флеров Г. Б., Колосков А. В.* Щелочной базальтовый магматизм Центральной Камчатки. М., «Наука», 1976, 148 с.
- Хедж К. Е., Горшков Г. С.* Изотопный состав стронция вулканических пород Камчатки. — Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 6, с. 1200—1203.
- Чердынцев В. В.* Ядерная вулканология. М., «Наука», 1973, 208 с.
- Шатков Г. А., Шаткова Л. Н.* Особенности распределения урана и тория в вулканических породах. — В сб.: Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 106—112.
- Шеймович В. С.* Кайнозойский базальтовый вулканизм Камчатки как индикатор раздвижения земной коры. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1976, № 11, с. 14—18.
- Щербатов А. В.* Маршрутные геологические исследования в Срединном хребте. — В кн.: Геолого-петрографические исследования и поиски в Центральной Камчатке. Тр. Камчатск. компл. экспедиции 1936—1937 гг., вып. 1. Изд-во АН СССР, 1940, с. 5—46.
- Эрлих Э. Н.* Восхождение на вулкан Ичинский. — Бюл. вулканол. ст., 1958, № 27, с. 55—59.
- Эрлих Э. Н.* Об эволюции четвертичного вулканизма в зоне Срединного хребта Камчатки. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 2, с. 77—90.
- Эрлих Э. Н., Кутыев Ф. Ш., Зубин М. И., Таракановский А. А.* Кислый вулканизм кальдеры Хангар. — Тез. докл. симпозиума «Кислый вулканизм» XV Генеральной Ассамблеи МГТС. М., Изд-во АН СССР, 1971, с. 28.
- Эрлих Э. Н.* Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца. Новосибирск, «Наука», 1973, 242 с.
- Bogdanowitch K.* Geologische Skizze von Kamtschatka. — «Petermanns Mitteilungen», 1904, 34 с.

Камчатское территориальное
геологическое управление
Институт вулканологии
АН СССР

Поступила
6.XII.1978 г.