

УДК 546.79.552.3.(571.66)

ВУЛКАН БОЛЬШАЯ ИПЕЛЬКА - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

В.И. Андреев, М.Ю. Пузанков

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: via @kscnet.ru

Содержание и соотношение радиоактивных элементов (РАЭ) в вулканогенных породах является индикаторным и используется в различных исследованиях, построениях и реконструкциях. В работе рассмотрена взаимосвязь содержания радиоактивных элементов в вулканитах с геологическим строением вулкана Большая Ипелька, динамикой его извержений, особенностями становления изверженных пород и некоторых постмагматических процессов. Приведено возможное объяснение необычного для четвертичных вулканитов Камчатки содержания и соотношения (РАЭ).

Исходные данные

Вулкан Большая Ипелька расположен на юго-западе Камчатки, на западном продолжении хребта Балаганчик. В структурно-тектоническом отношении этот вулкан относится к тыловой зоне Курило-Камчатской островной дуги. Вулкан Большая Ипелька выделяется большим размером: диаметр основания – 40 км, объем – до 400 км³, при средней высоте постройки – 1000 м, и является крупнейшим образованием подобного типа на Камчатке [13]. Для сравнения: расположенный рядом действующий вулкан Опала (рис. 1) имеет объем 50 км³, а самый высокий действующий вулкан Евразии Ключевской – 250 км³ [15]. По классификации Мелекесцева И.В., Большую Ипельку можно отнести к щитообразным вулканам [9].

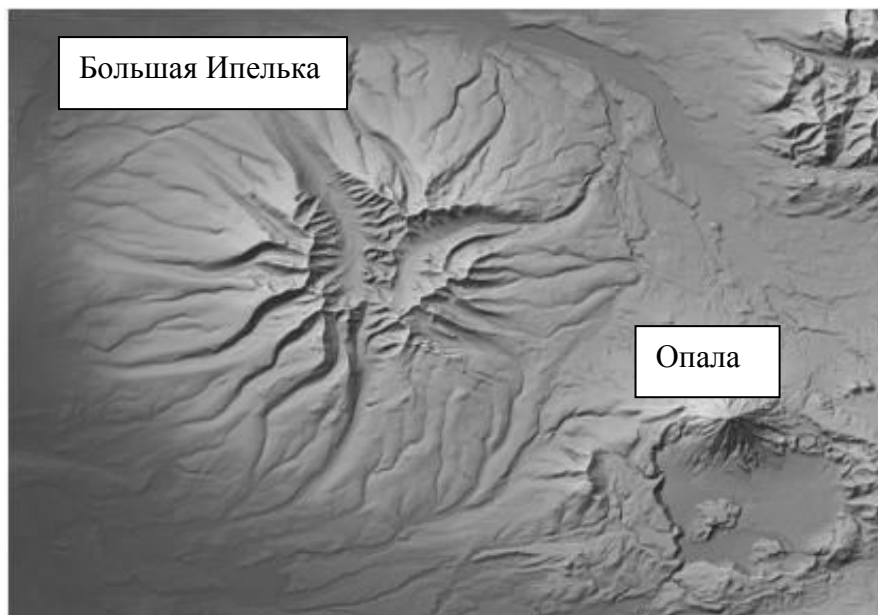


Рис. 1. Вулканы Большая Ипелька и Опала. В правом верхнем углу снимка - западные отроги хребта Балаганчик.

Вершинная часть вулкана сложена базальтовыми, андезибазальтовыми лавовыми потоками мощностью до 40 м, переслаивающимися с агломератовыми туфами мощностью до 15-20 м. Там же встречаются округлые вулканические бомбы размером порядка 50 см.

Жерловая фация вулкана Большая Ипелька подразделяется на субвулканические интрузии, экструзии и обширные дайковые поля, в которых интервал встречаемости даек в любом направлении составляет 5-10 м. По взаимоотношению даек, их пересечениям и несогласным контактам с интрузивными и эффузивными образованиями, предыдущие исследователи сделали вывод о многократном внедрении и поступлении к земной поверхности магматического материала из многих выводных каналов.

Вулканисты постройки Большая Ипелька представлены преимущественно плагиофировыми, большей частью мегаплагифировыми породами, в которых количество вкрапленников составляет до 33 %. Кроме плагиоклаза во вкрапленниках встречаются пиросены, реже оливин, еще реже, в андезитах интрузий, экструзий и даек встречается зеленая роговая обманка.

Основная масса базальтов и андезибазальтов, слагающих лавовые потоки вулкана, обычно раскристаллизована и почти не содержит стекла. Крупные (до 2 см), как правило, сильно корродированные, мегакристаллы плагиоклаза, образующие первую генерацию, отличаются сглаженными углами, включениями стекла и других обычно идеоморфных кристаллов последующих генераций. Мегакристаллы первой генерации плагиоклаза более основные, по сравнению с кристаллами второй генерации и микролитами. Структура основной массы пилотакситовая. Субвулканические образования - интрузии, экструзии, дайки раскристаллизованы полностью. Структура субвулканических образований серийно порфировая, долеритовая. Среди пород вулкана Большая Ипелька, кроме мегаплагифировых и серийно порфировых встречаются субафировые разности с редкими кристаллами-вкрапленниками.

Возраст сложенной преимущественно рыхлыми отложениями денудационной равнины, подстилающей постройку вулкана Большая Ипелька, по литологическим признакам определен как плиоценовый. Существенно эффузивный характер деятельности вулкана, типичный для начальных этапов нижнечетвертичного цикла извержений, характерного для всех вулканических зон Камчатки, позволяет считать возраст Большой Ипельки нижнеплейстоценовым. В верхнеплейстоценовое время вулкан был центром двух стадий оледенений. Моренные отложения первой самой мощной стадии достигли побережья Охотского моря. Отложения ледникового комплекса образуют зону шириной до 4 км, опоясывающую постройку вулкана Большая Ипелька. Окончание активной деятельности этого вулкана произошло ~ 500 т. л. назад.

Вулканисты Большой Ипельки представлены преимущественно базальтами с содержанием SiO_2 49.6-52.7, реже андезитами SiO_2 57-59 %. Породы Большой Ипельки содержат почти вдвое больше щелочей по сравнению с обычными базальтами Южной Камчатки. По данным 12 анализов, сумма щелочей в базальтах, андезибазальтах, андезитах достигает 6%. В содержании и соотношении некоторых породообразующих элементов наблюдаются заметные вариации, по K_2O – иногда почти вдвое. В породах некоторых фаций отмечается сравнительно редкое для четвертичных вулканистов Камчатки преобладание трехвалентного железа (Fe_2O_3) над двухвалентным (FeO) [13].

В наиболее типичных вулканистах Большой Ипельки гамма-спектрометрическим методом определено содержание радиоактивных элементов U (Ra), Th, в г/т и K в вес %. По данным 24 анализов, среднее содержание калия в вулканистах Большой Ипельки близко к таковому в силикатных анализах и составляет 1.68 вес. % при незначительных вариациях. Значительно большие вариации содержания тория (в 6 раз), еще больше - при незначительных средних содержаниях для пород подобного типа – 0.7 г/т ,

вариации содержаний урана (более, чем на порядок) (более, чем на порядок). В итоге индикаторное отношение Th/U для проанализированных пород составляет 3.6, при обычном значении этого параметра для камчатских четвертичных вулканитов - порядка 1.5, а для наиболее хорошо изученных и близких по химическому и минеральному составу субщелочных мегаплагийофировых лав Ключевской группы вулканов - 1.1.

В таблице 1 и ниже в тексте приведены данные по 24 анализам пород (в числителе – среднее значение, в знаменателе - диапазон измеренных значений (U и Th в г/т. K в вес. %)).

$$U \frac{0,7}{0,1-2,1} \quad Th \frac{2,5}{1,1-6,4} \quad K \frac{1,68}{1,03-3,77} \quad Th/U-3.6$$

В общих чертах распределение содержаний РАЭ в породах различных вулканических фаций соответствует схеме, представленной ранее [1].

Обсуждение результатов

Содержание и соотношение РАЭ в вулканитах принимается как индикаторное. Следует выявить причину необычного содержания и, соответственно, соотношения этих компонентов. Вообще средние содержание и соотношения РАЭ, приведенные в нашей работе, близки к магматическим породам континентов [14]. По данным ряда исследователей [7, 14, 11], в четвертичных вулканитах Камчатки содержание РАЭ характеризуется низкими значениями Th/U отношений, близкими к содержанию РАЭ в некоторых других сходных по геотектоническому положению регионов, например, в породах Мариинских островов. По мнению некоторых специалистов, подобные

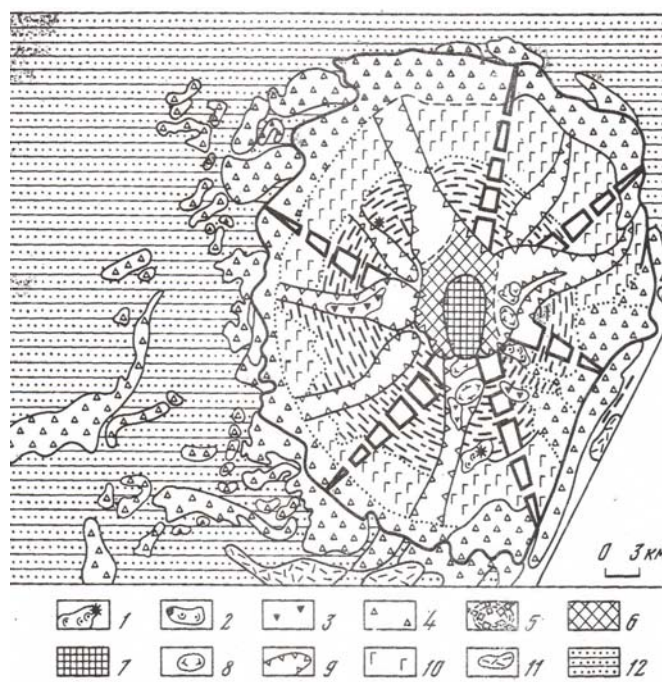


Рис. 2. Геолого-геоморфологическая схема вулкана Большая Ипелька по [12]. Условные обозначения: 1- шлаковые конусы ареального типа Q_4 ; 2 - лавовые конусы Q_4 ; 3 - ледниковые комплексы второй стадии оледенения Q_3^4 ; 4 - ледниковые комплексы первой стадии оледенения Q_3^2 ; 5 - щитовой вулкан Большая Ипелька Q_{1-2} ; 6 - дайковые поля вулкана Большая Ипелька; 7 - субвулканические интрузии; 8 - экструзивные образования; 9 - эрозионные троговые долины; 10 - базальты; 11 - пемзово-пирокластические образования; 12 - денудационная равнина Западной Камчатки с чехлом рыхлых отложений.

соотношения свидетельствуют об отсутствии или очень незначительной дифференциации магмы, поступающей из глубинного (мантийного) очага. Не рассматривая проблему низких Th/U отношений по четвертичным вулканитам Камчатки в целом, обратим внимание на повышенные значения этого параметра в вулканитах Большой Ипельки. Известно, что геохимические свойства и миграционная способность урана и тория в магматическом процессе близки [14]. В приповерхностных условиях, при смене восстановительной обстановки на окислительную, уран окисляется, превращаясь из 4^x в 6^{тн} валентный, и его подвижность резко увеличивается. [8]. Возможно, необычно большой объем вулканитов, и продолжительная активная деятельность вулкана Большая Ипелька создали условия, в которых произошло разделение урана, увеличившего миграционную способность и тория, сохранившего сравнительно статическое состояние (рис. 2). Именно чрезвычайно продолжительное становление вулканитов при сравнительно спокойном излиянии мощных потоков, образующих толщи объемом в сотни км³, могли появиться условия для окисления и последующей миграции урана. Об обогащении вулканогенных пород ураном после поступления расплава в близповерхностные условия и, соответственно, уменьшении торий-уранового отношения указывается в работе [11]. Подтверждением этого “дополнительного” окисления является преобладание трехвалентного железа в ряде анализов пород [13] и соответствующие этому наибольшие Th/U отношения (табл. 1).

Таблица.1. Содержание радиоактивных элементов U и Th в г/т. К в вес % в породах вулкана Большая Ипелька

№ п/п	индекс. возраст	U	Th	K	Th/U	Примечание
1	βQ_1^1	0.1	2.7	1.45	27	Шлаковый конус
2	βQ_1^1	0.4	1.6	2.33	4	Дайки
3	βQ_1^1	0.2	1.8	1.11	9	Экструзии
4	βQ_1^1	0.2	1.6	1.18	8	То же
5	βQ_1^1	1.0	2.6	1.77	2.6	Лавовые потоки
6	βQ_1^1	0.9	2.7	1.52	3	
7	βQ_1^1	0.7	2.1	1.31	3	То же. низ разреза
8	βQ_1^1	0.8	2.7	1.82	3.3	
9	βQ_1^1	1.0	1.7	2.33	1.7	Лавовые потоки верх толщи
10	βQ_1^1	0.7	1.4	1.22	2	
11	βQ_1^1	0.4	1.1	1.36	2.7	Дайки
12	βQ_1^1	0.7	1.9	1.46	2.7	
13	βQ_1^1	0.7	1.8	1.65	2.6	Лавовые потоки. средняя часть толщи
14	βQ_1^1	0.6	2.4	1.05	4	
15	βQ_1^1	1.0	2.3	1.03	2.3	
16	βQ_1^1	0.4	2.7	1.34	3.9	
17	βQ_1^1	0.8	1.9	1.32	2.3	Дайка
18	βQ_1^1	0.2	1.6	1.18	8	
19	αQ_2^2	0.4	1.4	1.49	3.2	Лавовые потоки средняя часть
20	αQ_2^2	0.7	2.5	1.82	3.5	
21	αQ_2^2	1.0	1.6	1.5	1.6	Лавовые потоки верхняя часть
22	αQ_2^2	0.8	1.7	1.6	2.1	
23	$\alpha\beta Q_1^1$	2.0	6.2	3.69	3.1	Корневая часть купола
24	$\alpha\beta Q_1^1$	2.1	6.4	3.77	3.1	
Средние		0.7	2.5	1.68	3.6	

Сходное, хотя менее выраженное явление возникло после извержения БТТИ в 1976 г., когда в 3 км от центра извержения была сформирована толща преимущественно лавовых потоков мощностью порядка 60 м и объемом ~ 50 млн. м³, сохранившая температуру до 300⁰ С на поверхности и $\sim 700^0$ в центре толщи спустя 30 лет после окончания извержения. Согласно расчетам, столь высокая температура сравнительно небольшого, но компактного объема изверженных пород, будет сохраняться еще не менее 50 лет [3].

Очевидно, объем Большой Ипельки в момент окончания извержений был значительно больше современного. Об этом свидетельствуют мощные моренные отложения, состоящие из вулканогенного материала, “снятого” с постройки вулкана, вследствие чего обнажились “дайковые поля и вулканические интрузии” [13]. Не исключено, что объем вулкана составлял раньше более 500 км³.

Существенный фактор перераспределения ряда компонентов, в том числе щелочей и РАЭ, – образование мощной трещиноватой корки над остывающей магмой. Согласно представлениям, расчетам и моделям ведущих специалистов, над кристаллизующимся расплавом в остывающем очаге происходит ретроградное вскипание магмы и повышение давления флюидов, сопровождаемое образованием трещин контракции. В приведенной этими исследователями расчетной модели при вертикальной мощности остывающего очага 1500 м, (что близко к размерам классического периферического очага по [6] и толщии потоков Б. Ипельки) время существования флюидной волны может достигать 300 лет. Основным процессом массопереноса является дренирование трещинами выделяемого в зоне кристаллизации флюида [12].

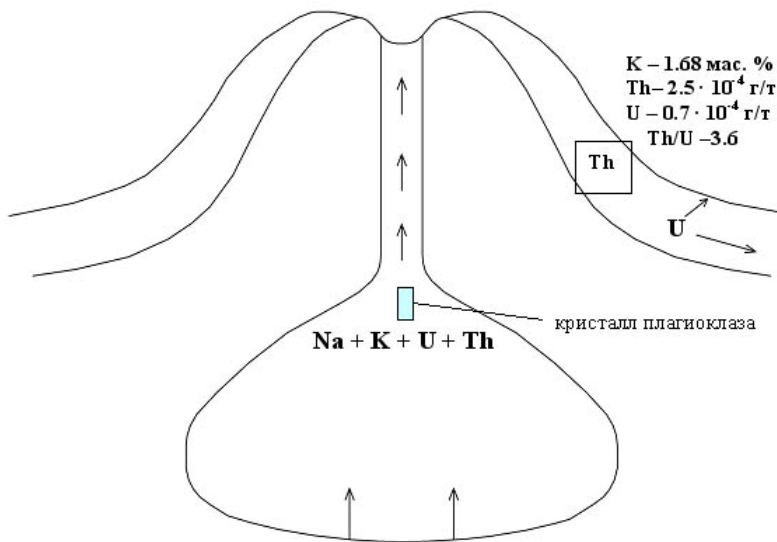


Рис. 3. Схематический разрез периферического очага вулкана Большая Ипелька.

периферическом магматическом очаге [2] (рис. 3). Существование таких очагов под большинством вулканов можно считать доказанным [5, 10, 6].

Механизм такого обогащения (эманационная дифференциация) в общих чертах разработан [12, 14]. Возможно, именно в этих очагах происходило начало

В постройке Большой Ипельки гигантские трещины четко видны на космическом снимке (рис. 1). Совершенно очевидно, что трещины более мелкого порядка, вплоть до субмикронных, предвзяли образование более крупных трещин и дренировали толщи пород, способствуя миграции компонентов.

Обогащение рядом компонентов, в частности щелочами и радиоактивными элементами мегаплагиофировых пород андезитового, андезибазальтового, базальтового состава могло происходить в

близповерхностном

кристаллизации мегакристаллов плагиоклаза. При поступлении расплава на поверхность изменялись Р-Т условия и химический состав магмы (в связи с кристаллизационной дифференциацией и дегазацией), вследствие этого мегакристаллы первой генерации корродировались, и начиналось образование кристаллов последующих генераций плагиоклаза (и других минералов), состав которых отличался от предыдущих.

Таким образом, просматривается взаимосвязь между динамикой извержения и содержанием радиоактивных элементов в вулканогенных породах. Для более уверенного утверждения следует, видимо, располагать большим набором анализов, поскольку мы можем сравнивать лишь две выборки.

Авторы благодарят И.В. Мелекесцева за деловые замечания при обсуждении работы.

Список литературы

1. *Андреев В.И., Пузанков Ю.М.* Радиохимические особенности вулканогенных пород различных фаций как один из критериев их генезиса. Тезисы докладов У11 Всесоюзного вулканологического совещания. Петропавловск-Камчатский, 1992. с. 70-71.
2. *Андреев В.И., Карпов Г.А., Пузанков Ю.М. и др.* Распределение радиоактивных элементов в породах некоторых действующих вулканов Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2001. № 1. С. 39-48.
3. *Андреев В.И., Вергасова Л.П., Горбач В.А., и др.* Особенности термальных проявлений на лавовых потоках Северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения. // Материалы ежегодной конференции, посвященной дню Вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 2004, С. 29-37
4. *Андреев В.И., Магуськин М.А.* Вариации высоты действующего вулкана Карымский в период 1971 – 2007 гг.(причины, следствия, аналоги) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 2. С. 2-10.
5. *Балеста С.Т., Zubин М.М., Каргопольцев А.А. и др.* Глубинное строение района извержений // Большое трещинное Толбачинское извержение М. Наука. 1984. С 514-537.
6. *Иванов Б.В.* Андезиты Камчатки. М. Наука. 2008. 469 с.
7. *Леонова Л.Л., Удальцова Н.И.* Геохимия урана и тория в вулканическом процессе на примере Курило-Камчатской зоны. Новосибирск. Наука, 1974. 101 с.
8. *Мейер В.А., Ваганов П.А.* Основы ядерной геофизики. Ленинград, 1978, 360 с.
9. *Мелекесцев И.В.* Вулканизм и рельефообразование. М. Наука. 1980. 211 с.
10. *Потапов В.В.* Уран и торий в эволюции вулканического процесса (кураминская вулканическая зона, срединный Тянь-Шань) //Геохимические ассоциации редких и радиоактивных элементов в рудных магматических комплексах. Новосибирск. Наука. 1991.С. 53-81
11. *Пузанков Ю.М., Бобров В.А., Дучков А.Д.* Радиоактивные элементы и тепловой поток земной коры полуострова Камчатка. Новосибирск:Наука, 1977. 125с.
12. *Шарапов В.Н., Черепанов А.Н.* Динамика дифференциации магм. Новосибирск.1986. Наука. 190 с.
13. *Шеймович В.С., Кожемяка Н.Н., Вазжеевская А.А. и др.* Вулкан Большая Ипелька в Южно-Камчатской вулканической зоне // Бюллетень вулканол. станц. № 54. 1978. С. 89-96.
14. *Титаева Н. А.* Ядерная геохимия. МГУ. 2000. 335 с.
15. *Хренов А.П., Двигало В.Н., Кирсанов И.Т. и др.* Вулкан Ключевской // Действующие вулканы Камчатки. 1991. М. Наука. 300 с.

BOLSHAYA IPELKA VOLCANO: GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES**V.I. Andreev, M.Yu. Puzankov**

The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: via@kscnet.ru

Bolshaya Ipelka is a shield-shaped volcano, the largest among the units of this type in Kamchatka. The most typical mega-plagiophyre volcanites show that Th/U ratio for the rocks is equal to 3.6, though the standard value for Kamchatka Quarternary volcanites comprises about 1.5. The reason of the untypical content and, respectively, the ratio of these components might be oxidation and further migration of uranium. Conditions for this likely occurred in shallow circulating peripheral magma chambers not only at Ipelka, but to less extend at some other volcanoes with mega-plagiophyre variations of magmas.