

Протактиниевый метод определения возраста молодых вулканических пород

В. М. КУПЦОВ, В. В. ЧЕРДЫНЦЕВ

УДК 621.039.86

Радиоактивными элементами вулканогенные породы в значительной мере обогащаются за счет глубинных газовых струй, которыми эти элементы переносятся в последовательности: $U > Ra > Th$ [1]. Разделение радиоактивных изотопов в породах различных регионов зависит, вероятно, от особенностей эксгаляционного процесса. Так, породы Камчатки обогащены инием значительно больше, чем торием. В вулканических породах Италии подобное обогащение инием проявлено гораздо слабее, а в неовулканических породах Кавказа оно не наблюдается совсем. Вместе с тем занижение отношения I_0/U проявляется в этих породах примерно в той же степени, что и на Камчатке. Содержание протактиния также различно. Современные породы Италии иногда обогащены протактинием больше, чем ураном [2], а молодые вулканогенные комплексы Кавказа характеризуются обычно отношением Ra^{231}/U ниже равновесного. Это отношение меняется с возрастом породы t .

Очевидно,

$$t = \frac{1}{\lambda_{Pa}} \ln \frac{1 - (Pa)_0/U^{235}}{1 - Pa/U^{235}},$$

где $(Pa)_0$ — начальное содержание изотопа в единицах активности. Таким образом, для определения возраста необходимо знать начальное содержание протактиния и иния, которое установить трудно. Приравнивая начальное значение $(Pa)_0$ и $(I_0)_0$ нулю, получаем максимальный возраст исследуемого образца, называемый нами предельным:

$$t_m(Pa) = -\frac{1}{\lambda_{Pa}} \ln \left(1 - \frac{Pa^{231}}{U^{235}} \right);$$

$$t_m(I_0) = -\frac{1}{\lambda_{I_0}} \ln \left(1 - \frac{I_0^{230}}{U^{238}} \right).$$

Обычно $t_m(I_0) > t_m(Pa)$, поскольку одинаковое начальное содержание Pa и I_0 (в относительных единицах) соответствует большему эффективному значению $t_m(I_0)$, так как период полураспада иния больше, чем протактиния. Методика определения максимального возраста вулканических пород по инию приведена нами в работе [2].

Протактиний определялся по продукту распада AsA (Po^{215}), накопившемуся из $RdAc$ (Th^{227}) в ториевом препарате, приготовленном методом, описанным в работе [1]. Измерения проводились на ионизационном альфа-спектрометре [1, 2]. Фон установки составлял около $(1 \div 2) \cdot 10^{-3}$ *имп/мин·канал*. При работе с ториевыми препаратами, содержащими радиоактивные элементы с большей энергией, фон повышался до уровня, затрудняющего измерение малых количеств AsA ($3 \cdot 10^{-3}$ *имп/мин·канал*). Для снижения фона использовалась приставка к амплитудному анализатору АИ-100, позволяющая считать только случаи двойных распадов в пределах разрешающего времени $2 \cdot 10^{-2}$ *сек*. При этом надежно регистрировались случаи распада $Ap + AsA$, а фон снижался практически до нуля (меньше $1 \cdot 10^{-4}$ *имп/мин·канал*).

Из-за отсутствия данных о начальном содержании протактиния по этому методу можно получать только максимальный возраст, который соответствует исти-

Максимальный возраст некоторых вулканитов Кавказа

Описание образца	I_0/U^{234}	Ra/U^{238}	Возраст (тыс. лет) по	
			I_0	Pa
Район Кавказских Минеральных Вод				
Трахилипарит, гора Железная	$0,21 \pm 0,02$	$0,41 \pm 0,08$	34	41
Трахилипарит, Северная группа	$1,41 \pm 0,10$	$1,28 \pm 0,23$	∞	∞
Район Эльбруса				
Пепел, р. Малка	$0,28 \pm 0,07$	$0,48 \pm 0,37$	64	∞
Туф, р. Малка	$0,29 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,06$	56	14
Район Казбека				
Туфобрекчия, гора Кабарджино	$0,52 \pm 0,08$	$0,03 \pm 0,09$	135	12
Дацит, Казбеги, эксплозивный центр	$0,20 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,22$	39	105
Чхерское ущелье				
Андезито-дацит, первый лавовый поток	$0,89 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,12$	∞	97
Туфобрекчия между первым и вторым лавовыми потоками	$0,36 \pm 0,02$	$0,96 \pm 0,22$	62	∞
Андезито-дацит, второй лавовый поток	$0,39 \pm 0,03$	$0,34 \pm 0,10$	70	38
Туфобрекчия между вторым и третьим лавовыми потоками	$0,37 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,05$	71	9,2
Андезито-дацит, третий лавовый поток	$0,39 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,04$	62	15
Останцы, первый, второй лавовый потоки	$0,35 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,07$	62	22
Эрманское плато				
Андезито-дацит	$0,30 \pm 0,07$	$0,17 \pm 0,17$	70	35
Район оз. Тапаравани				
Туф, гора Куюн-Даг	$0,39 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,14$	84	36
Риолит	$0,15 \pm 0,03$	—	27	—

Описание образца	I ₀ /U ²³⁴	P _a /U ²³⁸	Возраст (тыс. лет) по	
			I ₀	P _a
Верховья р. Куры, купол конуса Шатского				
Туф	0,35±0,13	0,15±0,30	110	68
Кальцит	0,52±0,07	0,30±0,21	127	63
Пепел	0,50±0,10	0,06±0,11	144	16
АрмССР Гора Арагац				
Андезит, средняя часть конуса	0,50±0,04	0,34±0,08	102	34
Туф, гора Норамберд.	0,22±0,06	0,14±0,07	49	16
Дацит, плато вулкана	0,45±0,01	0,46±0,07	75	45
Вулкан Галгат				
Туф, большой конус	0,77±0,06	0,54±0,13	269	78
То же, другой образец	0,17±0,03	0,02±0,06	31	8
Гора Богутлу				
Липарит	0,60±0,12	0,68±0,51	227	∞

ному, если в данную породу при ее образовании не вошел протактиний.

Другой ограничивающий фактор — очень низкая удельная активность исследуемых вулканических пород. При содержании урана $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ г/г и 100 г навески исследуемого образца, при 50%-ном радиохимическом выходе и времени измерения 24 ч минимально измеряемая величина максимального возраста составляет 2 тыс. лет. Это значение может оказаться меньше при исследовании более активных пород или при увеличении времени измерения.

Результаты измерений приведены в таблице. Если имеются различия в значениях t_m , полученных для одного образца разными методами или для разных образцов из одного района одним методом, то очевидно, что наименьшее из них — максимальная оценка возраста породы. При вычислении максимального возраста мы исходим из найденных отношений I₀/U²³⁴ или P_a/U²³⁸,

К вопросу об использовании для изучения движений в атмосфере радиоактивных изотопов

В. Д. ВИЛЕНСКИЙ, А. Ф. КУЗЕНКОВ

При использовании радиоактивных примесей в качестве «метки» воздушной массы и при изучении процессов их перемещения особый интерес представляют продукты деления и продукты распада радона. По-видимому, изменения концентраций изотопов в периоды, свободные от ядерных испытаний, связаны с вариациями

добавляя к ним удвоенную стандартную погрешность измерений, т. е. значение максимального возраста устанавливается при 95%-ной доверительной вероятности. Изменением изотопного состава урана за время существования породы мы пренебрегали, поскольку исследовался возраст только молодых пород, а отношение U²³⁴/U²³⁸ для них близко к равновесному.

Приведенные в таблице результаты определения возраста по протактинию показывают, что максимальный возраст пород некоторых угасших вулканов Кавказа очень мал (Эльбруса — меньше 14 тыс. лет, Казбека — меньше 9,2 тыс. лет, Арагаца и связанного с ним конуса Галгат — меньше 16 и 8 тыс лет соответственно, Кабарджико — меньше 12 тыс. лет). С помощью этого метода удается отличить древние лавовые потоки Казбека в Чхерском ущелье от более молодых. Наименьшее значение возраста по иониту установлено для андезита р. Ксани — меньше 14 тыс. лет [2].

Таким образом, можно полагать, что деятельность некоторых кавказских вулканов продолжалась даже в последнем ледниковое время (граница голоцена около 10—9 тыс. лет). Для пепла конуса Шатского в верховьях р. Куры получен максимальный возраст по протактинию 16 тыс. лет, а истинный возраст кальцита карбонатопаловой жилы купола 55 ± 20 тыс. лет [2].

Нижний предел времени активности некоторых вулканических очагов устанавливается по иониевому возрасту травертинов, выпавших из горячих вод этого района (Джермук — 11 ± 1 тыс. лет, Арзни — 5,0 ± ± 0,5 тыс. лет [3]). Неожиданно малым оказался максимальный возраст трахилипаритов лакколита горы Железной Кавказских Минеральных Вод (34 и 41 тыс. лет соответственно по протактинию и ионию), в то время как возраст других лакколитов этого района больше 300 тыс. лет. Определение возраста древних травертинов криптолакколита горы Машук по U²³⁴ дало значение больше 1,25 млн. лет [3], что согласуется с палеонтологическими данными (находки южного склона, фауна виллафранка). Полученные результаты дают основание для вывода о том, что лакколиты Кавказских Минеральных Вод образовались в разное время на протяжении верхнего плиоцена — плейстоцена.

Поступило в Редакцию 10/IV 1967 г.
В окончательной редакции 2/IV 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Чердынцев, Г. И. Кислицына, В. Л. Зверев. «Докл. АН СССР», 172, 456 (1967).
2. В. В. Чердынцев и др. «Геохимия», № 7, 755 (1967).
3. В. В. Чердынцев и др. «Геохимия», № 12, 139 (1966).

УДК 621.039.85

атмосферных условий и адвективными перемещениями воздушных масс. Данные о содержании различных радиоактивных изотопов в свободной атмосфере пока еще очень ограничены [1, 2]. В связи с этим представляло интерес провести одновременные определения Sr⁹⁰ и Pb²¹⁰ на различных высотах в верхней тропосфере