

УДК 551.21:213.3

**ЭПР-ДАТИРОВАНИЕ ПО ПОРОДООБРАЗУЮЩЕМУ КВАРЦУ
ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ЭЛЬБРУС (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ, РОССИЯ)**© 2002 г. Академик **О. А. Богатиков, А. Г. Гурбанов,
Д. Г. Коцуг, В. М. Газеев, Р. В. Шабалин**

Поступило 25.03.2002 г.

Геологическое строение, возраст и морфология вулкана Эльбрус (43°20' с.ш. и 42°27' в. д., абс. высота 5642.6 м), расположенного на северном склоне Главного Кавказского хребта, изучаются со времени его посещения в 1852 г. Г. Абигом. За более чем вековую историю его изучения проблема определения возраста являлась одной из наиболее сложных и дискуссионных. На ранних этапах исследований время образования и эволюции вулкана оценивалось по геологическим данным, затем геоморфологическим методом [1, 2], а с конца прошлого столетия – калий-аргоновым (К–Аг), радиоуглеродным (^{14}C) методами датирования. Наиболее полная схема эволюции Эльбруса разработана Н.В. Короновским [3], выделившим нижний, позднеплиоцен-раннеплейстоценовый, и верхний, средне-позднеплейстоцен-голоценовый комплексы. Применение геоморфологического метода без учета значительных по амплитуде вертикальных неотектонических перемещений [5] привело к резкому омоложению возрастов туфолав (игнимбритов), залегающих в основании разрезов в истоках рек Бийтик-Тебе и Кюкюртли и к последующему омоложению всех вышележащих вулканических толщ [1–4]. Позже Е.К. Станкевичем [6] в строении вулкана Эльбрус было выделено три вулканических комплекса, которые начали формироваться с самых верхов плиоцена, в течение плейстоцена и голоцена включительно, соответствуя в целом эпохе прямой магнитной полярности Брюнеса (0–0.7 млн. лет). И.В. Чернышевым и др. по результатам К–Аг-датирования [7] сделан вывод о том, что формирование ранних пирокластических пород непосредственно не было связано с активностью Эльбруса и произошло

800–900 тыс. лет назад, а пики активности самого вулкана были в интервалах 225–160 тыс. лет назад и менее 80 тыс. лет назад.

Отметим, что все величины возрастов, полученные К–Аг-методом, дали удревленные (в известном масштабе), с геологической и геоморфологической точек зрения, значения, а все применяемые методы датирования [6–9] имеют методические ограничения и как положительные, так и отрицательные стороны. Так, К–Аг-методом надежно определяется возраст до 250–300 тыс. лет, а ошибка при измерении возрастов моложе 100–70 тыс. лет достигает 45 – 85%. Радиоуглеродный метод (^{14}C) датирует события только до 50 тыс. лет. Следовательно, есть интервал продолжительностью в 200–250 тыс. лет, который не датируется указанными выше методами. Перекрыть его стало возможно с помощью метода ЭПР (спектроскопия электронного парамагнитного резонанса) по породообразующему кварцу, позволяющему датировать события от 3 млн. лет до 500 лет [10].

На данной стадии комплексных исследований в пределах Эльбрусского вулканического центра (ЭВЦ) нами выделены докальдерный, кальдерный и посткальдерный циклы, а в двух последних выделены ранние и поздние этапы. Методом ЭПР продатирована 31 проба кварца и ими охарактеризованы породы всех этапов и циклов развития ЭВЦ, кроме докальдерного. Места отбора и номера проб показаны на рис. 1, а результаты ЭПР-датирования приведены в табл. 1.

Докальдерный цикл вулканической активности в пределах ЭВЦ представлен останцами лавовых потоков андезибазальтового состава (верховья р. Тызыл), по которым мы пока не располагаем ЭПР-датировками.

Из анализа приведенных в табл. 1 данных следует, что формирование разреза раннего этапа кальдерного цикла, включающего игнимбриты (внутри- и внекальдерные [4, 7]) и туфы риолитового состава, произошло 219–184 тыс. лет назад.

Таблица 1. Результаты ЭПР-датирования породообразующего кварца из вулканических пород Эльбруса

Проба	Код	Палеодоза, Гр	Кварц		Порода			Возраст, тыс. лет
			U, ppm	Th, ppm	U, ppm	Th, ppm	K, %	
80к/97	Игнимбрит, КР	1042 ± 197	0.27	0.76	5.4	23	3.05	197.6 ± 16
170		1256 ± 8	0.23	0.93	5.5	35.5	2.81	210 ± 42
70/99		1095 ± 203	0.19	1.21	5.4	26.5	3.24	193 ± 37.5
352		1127 ± 18	0.46	0.19	4.1	23.2	3.23	218 ± 13.7
39/97		1196 ± 112	0.4	1.7	6.0	25.9	3.51	196.6 ± 13
353		1210 ± 17	0.26	1.47	4.4	24.2	3.46	219 ± 13.7
26-1		Риолит, КРР	467 ± 52	0.44	0.68	5.9	17.9	3.24
86	442 ± 6		0.24	0.26	4.2	22.8	3.17	87.4 ± 5.5
85-1 некк		1204 ± 14	0.49	7.42	3.6	23.7	3.21	210.8 ± 13
47/97	Туф риолитового состава с розовым кварцем, КРР	1002 ± 656	0.3	0.9	5.6	23.0	3.19	184 ± 41.1
36/99	Дацит, КП (верх разреза)	233 ± 10	0.24	0.78	4.3	22.1	2.80	48.8 ± 3.6
79/99		163 ± 3	0.15	0.09	3.0	21.1	2.09	43.0 ± 2.6
78/99	Дацит, КП (серед. разр.)	237 ± 1	0.08	0.09	2.4	18.1	3.07	56.3 ± 3.7
80/99	Дацит, КП (низ разреза)	306 ± 1	0.01	0.14	2.8	21.8	2.43	76.0 ± 4.7
40/99		356 ± 6	0.28	1.04	3.5	23.5	2.63	77.2 ± 4.8
22-2м		386 ± 17	0.28	0.89	4.5	19.8	2.80	82.5 ± 6.1
374		393 ± 7	0.09	0.28	3.6	21.0	2.82	87.8 ± 5.6
144-1	Дацит, КП (серед. разр.)	335 ± 4	0.14	0.26	4.3	30.6	3.31	58.8 ± 3.7
53	Дацит Сылтрансу, КП	728 ± 128	1.15	4.58	3.2	22.3	2.99	136.5 ± 25
62-1		728 ± 4	0.81	4.67	4.1	20.6	2.99	137.4 ± 8.3
50/98	Туф дацитового состава с серым кварцем КП (низ разр.)	443 ± 37	0.1	0.2	4.2	29.5	2.90	84.3 ± 5.7
131	То же, КП (серед. разр.)	322 ± 0.3	0.05	0.24	5.9	28.3	3.08	56.9 ± 3.4
32		269 ± 3	0.37	0.87	3.6	21.2	2.81	58.1 ± 3.6
93	Субвулканич. тело, СКП	226 ± 4	0.31	1.97	3.5	23.1	2.92	46.2 ± 2.9
93М1		279 ± 18	0.4	2.1	3.5	23.1	2.92	47.0 ± 4.5
96-3		203 ± 4	0.42	0.66	4.0	19.8	2.71	44.8 ± 2.8
95	Дацит, ПКП	228 ± 0.5	0.05	0.36	3.7	24.2	2.68	49.4 ± 3.0
395		214 ± 0.2	0	0.21	4.1	21.7	2.99	45.3 ± 2.8
44-1					7.3	24.1	3.0	43.4 ± 9.3
97/98	Андезидацит Таш-Тебе, ПКП	230 ± 4	0.1	0.5	6.1	21.4	2.9	39.0 ± 5.0
399	Дацит, р. Малка, ПКГ	57 ± 4	0.24	0.9	3.8	24.6	3.24	6.7 ± 0.7

Примечание. Возраст проб 93М1 и 399 получен методом добавочных доз, а остальных проб – методом регенерации. КР – кальдерные ранние игнимбриты; КРР – кальдерные ранние риолиты и туфы с розовым кварцем; КП – кальдерные позднего этапа – лавы, лавобрекчии дацитового состава и туфы с серым кварцем; СКП – субвулканическое тело – кальдерные поздние субвулканические дациты (штоки и дайки); ПКП – посткальдерные лавы, лавобрекчии дацитового состава познеоплейстоценового возраста; ПКГ – посткальдерные лавы, лавобрекчии дацитового состава голоценового возраста. Сокращения: разр – разреза, серед. разр. – середина разреза.

ние разреза которой произошло 137–136 тыс. лет назад. Последние датировки, скорее всего, и отражают истинный возраст слагающих ее пород, а типичные разрезы позднего этапа кальдерного цикла, наблюдаемые в истоках рек Уллукам, Кюкюртли, Бийтик-Тебе, были омоложены за счет термального воздействия на эти лавовые потоки экструзивных тел. Так, для нижних частей этих разрезов получены значения (в тыс. лет), варьирующие в пределах 85–72; для средних частей разреза – 56–59 и для верхних – 46–48. Следует отметить, что две последние группы значений близки к значениям возраста экструзивных тел.

Ранний этап (поздненеоплейстоценовый) посткальдерного цикла характеризуется излиянием лав дацитового состава, перекрывающих верхнеплейстоценовые гляциальные отложения и в свою очередь перекрывающихся поздне-верхнеплейстоценовыми гляциальными отложениями. На этом этапе излияния лав происходили: 49 тыс. лет назад (проба 95, истоки р. Уллукам); 45–49 тыс. лет назад (пробы 395 и 356 м, истоки р. Малки); 39 тыс. лет назад (проба 97/98) активизировался маленький вулкан Таш-Тебе и 23 тыс. лет назад сформировался нижний лавовый поток (проба 5/98) над поляной Азау в верховьях р. Баксан. Следы еще одного эксплозивного извержения, в виде пеплового горизонта с ^{14}C -возрастом 22 тыс. лет, обнаружены нами у станицы Темижбекской в высокой террасе р. Кубани [7]. Поздний этап (голоценовый) посткальдерного цикла представлен широко развитыми глыбовыми лавовыми потоками дацитового состава и ими же сложены кратерные вершины Эльбруса. По лавовым потокам этого этапа пока получено одно (проба 399, верховья р. Малки) значение 6.7 ± 0.7 тыс. лет. Нижним возрастным пределом цикла является последняя фаза экзарационного рельефа которой, в элементы экзарационного рельефа которой вложены ранние голоценовые лавовые потоки.

Часть ЭПР-датировок лавовых потоков и туфовых горизонтов раннего и позднего этапов кальдерного и посткальдерного циклов также могла быть омоложенной из-за термального воздействия ($\sim 100^\circ\text{C}$), при непосредственном излиянии на нижележащие потоки более молодой порции магмы с температурами до $1100\text{--}1170^\circ\text{C}$ [12]. Реальность такого предположения подтверждается ЭПР-датировкой нека риолитового состава (210 тыс. лет, проба № 85-1, р. Уллукам), прорывающего палеозойские граниты и являющегося возможным подводным каналом для эродированного риолитового лавового потока.

Достоверность ЭПР-датировок подтверждена другими независимыми методами. Так, по нижнему лавовому потоку (проба 5/98), обнажающемуся над поляной Азау, получена величина 23 ± 2 тыс. лет,

хорошо согласующаяся с оценкой его возраста по соотношению с датированной 22–24 тыс. лет [14] мореной, сохранившейся под потоком. В другом случае наблюдается хорошее совпадение датировок времени извержения вулкана Таш-Тебе методом ЭПР (проба 97/98 – 39 ± 5 тыс. лет) и ^{14}C -методом (проба ГИН-11586а – 33.2 ± 0.7 тыс. лет) по углям из почвенного горизонта, залегающего под потоком.

В результате проведенных исследований доказана возможность использования метода ЭПР для датирования вулканических образований по породообразующему кварцу из вулканитов, из находящихся в них ксенолитов и по кварцу из подстилающих их древних метаморфических пород. Подтверждена также правомерность выделенных нами, по геологическим данным, циклов и этапов активности ЭВЦ и определены их временные интервалы. По данным ЭПР-датирования резко омолодилось (середина среднего неоплейстоцена – 220–200 тыс. лет назад и по голоцен включительно) по сравнению с данными К–Аг- и геоморфологического методов, полученными предыдущими исследователями [1–3, 5, 6, 8, 9], время начала активности вулкана Эльбрус и, соответственно, сократилась ее продолжительность.

Представленный перечень извержений в течение ранних и поздних этапов кальдерного и посткальдерного циклов является далеко не полным, и последующие ЭПР-датировки могут его уточнить и расширить.

Авторы выражают благодарность проф. Р. Грюну за любезно предоставленную нам программу расчета ЭПР-возраста кварца.

Работа выполнена при финансовой поддержке Американского фонда CRDF (проект RG1 – 2239), РФФИ (гранты 01–05–65393, 01–07–90176; регионального гранта 0–05–96035), Министерства промышленности, науки и технологий РФ в рамках контракта 801-2(00)-П и лаборатории “Геодинамики” Кабардино-Балкарского государственного университета и программы “Университеты России”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масуренков Ю.П. Кайнозойский вулканизм Эльбрусской вулканической области. Тр. ИГЕМ. М.: Изд-во АН СССР. 1961. В. 51. 132 с.
2. Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Геологическое строение и история формирования вулкана Эльбрус. Материалы по геологии и металлогении Центрального и Западного Кавказа. Тр. ВАГТ. М.: Госгеолтехиздат, 1960. В. 6. С. 92–127.
3. Короновский Н.В. Геологическое строение и история развития вулкана Эльбрус. Оледенение Эльбруса. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 15–72.

4. *Короновский Н.В., Рудаков Л.М.* // Изв. вузов. Геология и разведка. 1962. № 8.
5. *Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др.* // ДАН. 1998. Т. 363. № 4. С. 515–517.
6. *Станкевич Е.К.* Новейший магматизм Большого Кавказа. Л.: Недра, 1976. 232 с.
7. *Чернышёв И.В., Лебедев В.А., Бубнов С.Н. и др.* // ДАН. 2001. Т. 380. № 3. С. 384–389.
8. *Борсук А.М.* Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. 299 с.
9. *Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др.* // Вулканология и сейсмология. 2001. № 2. С. 3–17.
10. *Ikeya M.* New Applications of Electron Spin Resonance. Dating, Dosimetry and Microscopy. Singapore; New Jersey; L.; Hong Kong; Bangalore: World Sci., 1993. 500 p.
11. *Grun R.* // Quat. Intern. 1989. V. 1. P. 65–109.
12. *Толстых М.Л., Наумов В.Б., Гурбанов А.Г. и др.* // Геохимия. 2001. № 4. С. 441–448.
13. Концентрационные измерения электронно-дырочных центров в кварце методом ЭПР. М.: М-во геологии СССР, 1986. 23 с.
14. *Щербакова Е.М.* Древнее оледенение Большого Кавказа. М.: Изд-во МГУ, 1973. 271 с.