

Анатолий Георгиевич Гурбанов

Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), ведущий научный сотрудник, г. Москва; Владикавказский научный центр Российской академии наук, Комплексный научно-исследовательский отдел, ведущий научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, Россия, Владикавказ, e-mail: ag.gurbanov@yandex.ru

Виктор Михайлович Газеев

Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), научный сотрудник, г. Москва; Владикавказский научный центр Российской академии наук, Комплексный научно-исследовательский отдел, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, Россия, Владикавказ, e-mail: gazeev@igem.ru

Ольга Александровна Гурбанова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, ассистент кафедры минералогии и кристаллохимии, кандидат химических наук, Россия, г. Москва.

Возможности применения радиоуглеродного (^{14}C) метода датирования геологических событий в пределах Эльбрусского вулканического центра

Аннотация. Радиоуглеродный метод (^{14}C) позволяет датировать геологические события по детриту и древним углям из погребенных почв, начиная с 40-50 тыс. лет тому назад и до сотен лет. Однако для его широкого применения в пределах Эльбрусского вулканического центра (высота вулканической постройки 5642 м), при датировании времени излияния отдельных лавовых потоков, имеются объективные ограничения. Они заключаются в том, что начиная с отметки от 3300 м и выше в горах Северного Кавказа отсутствует травяно-кустарниковая растительность и почвенный слой с гумусом, и именно на этих высотах расположена значительная часть голоценовых лавовых потоков и туфовых горизонтов Эльбруса, а с 3700 м и выше вулканическая постройка покрыта вековыми ледниками и снежниками. В результате проведенных исследований для голоцена были установлены: частоты повторяемости извержений вулкана Эльбрус и землетрясений, проявившихся в Приэльбрусье. В итоге была выявлена важная закономерность, свидетельствующая о том, что к концу голоцена частоты повторяемости извержений Эльбруса и землетрясений резко возрастают. Установлено совпадение времени проявления вулканической и сейсмической активности (причем вторая проявлялась несколько раньше первой). При этом периоды вулканической и сейсмической активности резко возрастают, а периоды покоя сокращаются. Эти данные имеют важное значение для оценки возможности возобновления вулканической и сейсмической активностей в пределах Приэльбрусья в геологическом будущем.

Ключевые слова: радиоуглеродный (^{14}C) метод датирования, Эльбрусский вулканический центр, извержение, землетрясение, захороненная почва, лавовый поток, тefра, лахар, каменный обвал, запрудное озеро.

Anatoly G. Gurbanov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (IGEM RAS), Leading Researcher; Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (VSC RAS), Leading Researcher, PhD, Russia, Moscow, Vladikavkaz, e-mail: ag.gurbanov@yandex.ru.

Victor M. Gazeev

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (IGEM RAS), Leading Researcher; Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (VSC RAS), Leading Researcher, PhD, Russia, Moscow, Vladikavkaz. e-mail: gazeev@igem.ru

Olga A. Gurbanova

M.V. Lomonosov Moscow State University (MSU), Faculty of Geology, Department of Mineralogy and Crystal Chemistry, PhD, Russia, Moscow.

Possibilities of radiocarbon (^{14}C) method for age determination of geological events in the Elbrus volcanic centre area

Abstract. Radiocarbon (^{14}C) method makes possible to dating of geological events on detritus and older coals from buried soil from 40-50 thousands years ago up to hundreds years. However, for its wide application within of Elbrus volcanic centre (altitude of Elbrus volcano is 5642 m) for dating time of separate lava flows eruption, there are an objective boundaries. They are implies that starting with altitude of 3300 m and higher in the Northern Caucasian mountains the grass and handicraft and soil with humus are absent, and just on this altitude the most part of Holocene lava flows and tuff horizons are located and with 3700 m and higher volcano is covered by glaciers and perpetual snow (firn). As a result of carried out investigation for Holocene the density of recurrence of Elbrus volcano eruptions and earthquakes manifestation in Elbrus volcanic area have been established.

As a sum the important relationship, testifies that to the end of Holocene the density of recurrence of Elbrus eruptions and earthquakes are sharply increase. Agreement in time between volcanic and seismic activity (but manifestation the second one was some early then first one). In so doing, periods of volcanic and seismic activity are sharply increase, but periods of rest are shrink. This data have an important relationship for estimation possibility of restating of volcanic and seismic activities in Elbrus volcanic area in geological future.

Keywords: Radiocarbon (^{14}C) method of dating, Elbrus volcano centre, eruption, earthquake, burial soil, lava flow, tefra, lahar, rock collapse, dam lake.

ВВЕДЕНИЕ

Этой статьей продолжается серия из четырех публикаций, посвященных результатам датирования различными (радиоуглеродным, аргон-арговым, U-Pb SRIMP RG цирконометрия и ЭПР по породообразующему кварцу) методами ряда геологических событий, проявившихся в процессе эволюции Эльбрусского вулканического центра. Статьи подготовлены авторским коллективом по просьбам геологов, изучающих новейший и современный вулканизм Большого Кавказа.

Радиоуглеродный метод (^{14}C) позволяет датировать геологические события по детриту и древним углям из погребенных почв, начиная с 40–50 тыс. лет тому назад и до сотен лет [3]. Однако для его широкого применения в пределах Эльбрусского вулканического центра (высота вулкана 5 642 м), при датировании времени излияния отдельных лавовых потоков, особенно излившихся в голоцене, имеются объективные ограничения. Они заключаются в том, что значительная часть молодых лавовых потоков и туфовых горизонтов расположена на высотах с абсолютными отметками от 3 300 м и выше. На этих высотах отсутствует травяно-кустарниковая растительность и почвенный слой с гумусом, а сама вулканическая постройка, начиная с абсолютных отметок 3 700 м и выше, покрыта вековыми ледниками и многочисленными снежниками. Это и является естественным препятствием для образования здесь не только погребенных почв с гумусом и древними углями, но и современных почв.

МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ ДАТИРОВАНИЯ

Для определения возрастов лавовых потоков методом ^{14}C обычно используется метод отбора проб из погребенных почв, содержащих детрит или древние угли и залегающих непосредственно в основании лавовых потоков. Отобранные пробы упаковывались в плотные черные, не пропускающие дневной свет, герметически закрывающиеся полиэтиленовые пакеты. Датирование образцов радиоуглеродным (^{14}C) методом осуществлялось в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН Л.Д. Сулержицким и Н.Е. Зарецкой и в лаборатории Института географии РАН группой О.А. Чичаговой. Методики подготовки проб для анализа и проведения анализа изложены в [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДИКА ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ОБСУЖДЕНИЕ

В своих исследованиях мы использовали следующие возможности для определения времени излияния лав и эксплозивных извержений в пределах Эльбрусского вулканического центра. Так, датируя

пеплы дальнего (от десятков до сотен км) разноса в районе станицы Темиржбекской [4], по погребенным почвам, залегающим в основании сложенного ими горизонта, мы получили информацию о времени проявления сильного эксплозивного извержения, но при этом обязательно учитывалась поправка на скорость образования как погребенных, так и современных почв.

При датировании отложений катастрофических лахаров [2], мы связывали это событие с конкретным извержением Эльбруса, при котором лавы, изливаясь на поверхность вулканической постройки, покрытой снежно-ледовым покровом, вызывали быстрое его таяние и, соответственно, сход лахаров. Следовательно, продатируя отложения лахара, мы получали информацию о времени вызвавшего его извержения. Причем по мощности и протяженности отложений лахаров можно оценивать силу и масштабы породивших их извержений.

Еще одна возможность появляется, когда конкретный лавовый поток, достигая основания вулканической постройки (где имелись древние почвы и растительность), перекрывал русла палео-рек или крупных палеоручьев, что, естественно, приводило к образованию запрудных озер [7]. Такие озера постепенно заполнялись тефрой и пирокластикой, если после излияния лав еще некоторое время продолжалась эксплозивная деятельность из трещин или жерла вулкана. При этом захоранивались древние почвы с детритом. После «прорыва» (проплавивания водой) естественной дамбы, сложенной лавовым потоком, вода из озера быстро уходила, обнажая древние погребенные почвы. Продатируя такие почвы, мы получили информацию о времени образования подпружного озера, а затем могли довольно корректно оценить время извержения, вызвавшего это событие [10].

Кроме того, из литературных источников известно, что довольно часто извержения вулканов сопровождаются локальными, а иногда, при мощных извержениях, и региональными пожарами [7]. Это происходит тогда, когда лавовые потоки встречаются на своем пути кустарники или леса. Известно также, что извержения вулканов очень часто сопровождаются мощными электрическими разрядами (молниями), которые также могут вызывать пожары. После таких пожаров в погребенных почвах образуются слои, обогащенные древесными углями, по которым можно определить время возникновения пожаров, а соответственно, и извержений, вызвавших эти пожары.

С помощью метода радиоуглеродного датирования мы определяли время тектонической активности конкретных крупных разломов, связанной с проявлением землетрясений, так как в тектонические клинья (рвы) осыпалась существовавшая на момент подвижки [10] почва, которая затем захоранивалась осыпавшимся обломочным материалом (коллювием), на котором со временем образовывалась новая почва. В таких случаях можно определить время возникно-

Таблица 1

Результаты радиоуглеродного (^{14}C) датирования различных геологических событий

Авторские №.№ проб	Лабораторные №.№ проб	Геологическая привязка материала для датирования	Возраст ^{14}C лет назад
<i>1. Определение возрастов лавовых потоков или пепловых горизонтов по погребенным почвам, залегающим в их основаниях</i>			
156	ГИН-11586а	Моноактный вулкан Таш-Тебе. Озерные отложения с горизонтом погребенной почвы, содержащим древние угли, залегающие непосредственно в основании лавового потока.	33180±700
98	ГИН-11982	Оторфованный горизонт в основании отложений тефры (мощность до 10м) в запрудном озере, образовавшемся в результате перекрытия лавовым потоком палеодолины р. Кизилкол (истоки р. Малки). Полученная цифра отражает время образования озера и, соответственно, время перекрытия лавовым потоком долины р. Кизилкол, т.е. время извержения. Второе извержение в этом же районе датируется на основании изучения палеопочвы, обнаруженной в верхней части этого же разреза (третья надпойменная терраса р. Кизилкол) и перекрытой озерными отложениями перемытой тефры.	9440±30 1780±70
35	ГИН-11983	Кагастрофический каменно-ледовый обвал в истоках р. Куккуртли или Кюкюртли (исток р. Уллу-Хурзук). Продатирован торфяник, который начал формироваться в запрудном озере сразу после обвала. Обвал обусловлен взрывным извержением с разрушением Западного вершинного кратера Эльбрусской вулканической постройки, (вулкан Куккуртли) которое должно быть на 100-200 лет старше времени формирования торфяника в запрудном озере. Следовательно, время взрывного извержения, разрушившего кратер Куккуртли, было 1850 – 1950±30 ^{14}C лет назад.	1750±30

Продолжение таблицы 3.3.1

Авторские №№ проб	Лабораторные №№ проб	Геологическая привязка материала для датирования	Возраст ¹⁴ С лет назад
8МЭ-97/А ₂	ГИН-9304	Истоки р. Бийтик-Тебе, правый борт долины в 300 м выше по долине от минеральных источников Джальсу. Погребенная почва с детритом и углями перекрыта пепловым прослоем (до 10 мм). Это время слабого эксплозивного извержения.	990±60
8МЭ-97/А ₃	ГИН-9306	То же самое место, в 40 см ниже (по разрезу) первого пеплового горизонта, залегает второй пепловый горизонт, подстилающийся почвой с детритом. Это время еще одного слабого эксплозивного извержения.	1330±80
12МЭ-97/А ₁	ГИН-9110	На голоценовом лавовом потоке, у начала канатной дороги на Эльбрус, под 25 см почвой обнаружены 3 пепловых горизонта мощностью от 1–2 до 3–4 см. Датированы кусочки угля, лежащие в подошве среднего пеплового горизонта. Рассчитанный по скорости формирования погребенных почв слоев 5 и 7 [Богатиков и др., 1998] возраст верхнего пеплового горизонта составляет ~3800 ¹⁴ С л.н., а нижнего ~4700 ¹⁴ С л.н. Следовательно, три эксплозивных извержений пепловых горизонтов и, соответственно, трех эксплозивных извержений Эльбруса. Что касается возраста самого лавового горизонта, на котором залегают рыхлые отложения с пещами, то он может быть таким же, как возраст нижнего пеплового горизонта, если они оба обусловлены одним извержением или немногим (десятки-сотни лет) старше, если извержения были разными.	3800
41МЭ-97/А ₁	ГИН-9113	Погребенная почва с детритом и углями залегает в основании небольшого потока глыбовых лав (АА тип). Истоки р. Малки, в 120 м выше минеральных источников Жьла-су в левом борту долины.	4270±40
23МЭ-97/А ₃	ГИН-9307	На маломощных озерных отложениях, содержащих в верхней части разреза древние угли, залегает молодой поток глыбовых лав (АА тип). Район ледника Малый Азау.	6520±50
705-01	ГИН-11584	В районе нижней станции канатной дороги на Эльбрус, на поверхности молодого (АА-тип) лавового потока залегают маломощные озерные отложения. В их основании встречен прослой (3–4 см), обогащенный древними углями, по которым сделана датировка.	1170±60
707-01	ГИН-11585	В районе самой нижней опоры канатной дороги на Эльбрус, в основании более древнего лавового потока (он лежит ниже в стратиграфическом разрезе), чем поток с пробой 705-01/А ₁ , в пролювиальных отложениях, на глубине 1,7 м, встречена погребенная почва с древними детритом и углями	4060±40
			8150±100

Продолжение таблицы 3.3.1.

Авторские №№ проб	Лабораторные №№ проб	Геологическая привязка материала для датирования	Возраст ¹⁴ С лет назад
<i>2. Определение времени проявления сильных эксплозивных извержений</i>			
71МЭ-98	ГИН-9662	Район станции Темиржбекская (в 380 км к СЗ от Эльбруса). Аэриально перенесенный пепел, в аллювиальных отложениях высокой речной террасы р. Кубани, перекрывается погребенной почвой с детритом и древними углями, по которым получена цифра 17400±1000 ¹⁴ С лет назад. Календарный возраст образования этой почвы ~ 21000 л.н., а рассчитанный по скорости осадконакопления в разрезе, возраст самой тефры, а соответственно и эксплозивного извержения, оценен ~ в 22000 лет	17400±1000
		Аэриально перенесенный пепел (лизна 0.7м мощностью) обнаружен в верхах хазарских отложений на правом берегу р. Волги, у сел. Владимировка (между гг. Астраханью и Волгоградом – в 700 км к С-В от Эльбруса). Возраст пеплов по стратиграфическим данным, а соответственно и сильного эксплозивного извержения, оценен в 100000 – 120000 лет	100000 - 120000
<i>3. Определение времени образования катастрофических лахаров и породивших их извержений</i>			
	ГИН-9661 ₁	Отложения двух катастрофических лахаров разделены горизонтом погребенной почвы (с детритом и древними углями) в одном разрезе высокой речной террасы р. Баксан в 72 км к С-В от вулкана Эльбрус. 6170 л.н. – время начала формирования погребенной почвы, а 5120 – время окончания формирования погребенной почвы. Следовательно, возраст нижнего лахара и, соответственно, породившего его извержения Эльбруса, скорее всего, соответствует 6200 ¹⁴ С л.н., а верхнего лахара и породившего его извержения – 5100 ¹⁴ С л.н.	6170±120
	ГИН-9660 ₁	Отложения лахара перекрыли палеопочву с возрастом 6410 лет на высокой (40-50 м) надпойменной террасе в левом борту р. Баксан, в устье ее левого притока р. Кылдыбашу. Следовательно, определенный возраст схода лахара свидетельствует также и о синхронном возрасте породившего его извержения Эльбруса	5120±210 6410±100
<i>4. Определение времени возникновения региональных пожаров</i>			
26МЭ97/А ₁	ГИН-9111	На морене, в районе слияния рек Ирик и Ирикчаг, в средней части горизонта почв имеется прослой с древними углями, по которым проведено датирование	590±40
13МЭ-97/А ₁	ГИН-9109	В дорожной выемке, в 400 м к С-З от окраины пос. Терскол, вскрыт горизонт погребенных почв, содержащих прослой, обогащенный древесными углями, по которым проведено датирование	570±40

Продолжение таблицы 3.3.1.

Авторские №№ проб	Лабораторные №№ проб	Геологическая привязка материала для датирования	Возраст ¹⁴ C лет назад
<i>5. Сейсмическая активность. Определение времени проявления землетрясений</i>			
5МЭ-97/А ₁	ГИН-9111	Истоки р. Бийтик-Тебе, речная терраса в правом борту долины и в 600 м ниже по течению реки от минеральных источников Джальсу. Конус выноса обвального происхождения перекрыл горизонт погребенной почвы с углями. По углям определено время проявления землетрясения, вызвавшего обвал.	2520±60
	2612-ИГАН	Немного севернее пос. Эльбрус, погребенный под обвалом горизонт палеопочвы имеет возраст 1630 лет. Не исключено, что обвал возник в процессе извержения вулкана и был вызван сопровождавшими его сейсмическими подвижками умеренной силы.	1630±50
	2618-ИГАН 2611-ИГАН 2619-ИГАН	Новейшие сейсмические события, вызвавшие крупные каменные обвалы в верховьях рек Адырсу, Юсенги и в долине р. Баксан к востоку от пос. Эльбрус. Датировки проводились по древним погребенным почвам с детритом и углями.	530±30 490±30 430±60 340±15
	2610-ИГАН 2613-ИГАН 2588-ИГАН 2589-ИГАН	Сейсмические события, вызвавшие образование серии глубоких запрудных озер в долине р. Баксан на отрезке от пос. Эльбрус до г. Тырнауз. Датировался детрит из почв, залегающих в основании разреза озерных отложений.	5510±40 3870±90 3840±50 2320±70
<i>6. Вертикальные сейсмогенные смещения.</i>			
	2592-ИГАН	В истоках р. Малки на поверхности урочища «Аэродром» установлены вертикальные смещения с амплитудой до 1.5м. Характерно, что разломы имеют длину до 800-1000м, а на поверхности урочища, на всем протяжении они сопровождаются линейными «карманами» аномально мощной палеопочвы (толщиной до 100 см, при нормальной мощности современной почвы в этом месте около 5-15 см). Датировался детрит из нижней части горизонта погребенной почвы. Полученная цифра возраста соответствует времени вертикальных смещений по разломам, вызванных сейсмогенным событием.	2280±90
	2594-ИГАН	В траншеи, пройденной поперек Чемарткольского разрыва, вскрыт двухъярусный колловиальный клин и два горизонта погребенных почв с детритом. Их датирование установило следы двух сильных землетрясений, приведшим к вертикальным подвижкам по разлому, произошедших 5500-5700 и ~ 3900 лет назад.	5500 - 5700 3900

Продолжение таблицы 3.3.1.

Авторские №№ проб	Лабораторные №№ проб	Геологическая привязка материала для датирования	Возраст ¹⁴ C лет назад
<i>7. Нептунические дайки</i>			
		Древние песчаные нептунические тонкие и наклонные дайки (мощностью до 1,0 см) обнаружены в линзах и прослоях песка в аллювиальных отложениях высоких (100 и 70 м) речных террас в долинах рр Баксан (в устьевой части р. Кыртык) и Малки (ниже языка ледника Уллучаран). Возникли они, скорее всего, в связи с землетрясениями, произошедшими в Приэльбрусье 5500-5700 лет назад.	5500-5700
	2822-ИГАН	Более молодые песчаные «нептунические» дайки обнаружены в двух местах Куккуртлинской разломной зоны в верховьях р. Куккуртли (Кюкюртли) и в устьевой части р. Бийтик-Тебе в аллювиальных отложениях. Представлены они следами древнего разжижения обводненного песка, протрудированного в виде «нептунических» даек и диаширов в вышележащие аллювиальные или туфогенные породы. Расположены они вблизи сейсмогенного сброса, амплитуда вертикального смещения по которому составляет 3,0 м. Возраст этих даек не моложе 1600 лет, поскольку к юго-востоку зона этого разлома перекрывается пластом ненарушенной мощной, жирной почвы, ¹⁴ C возраст низов которой составляет 1660±40 лет.	1660±40

Примечание: ГИН – пробы проанализированные в лаборатории Геологического института РАН; ИГАН – пробы проанализированные в лаборатории Института географии РАН

вения нескольких тектонических подвижек в зоне одного и того же разлома, например в зоне Чемарткольского разлома в истоках р. Бийтик-Тебе и в районе урочища «Аэродром» в истоках р. Малки [10].

С помощью радиоуглеродного метода датирования было определено время схода каменных обвалов в долине р. Баксан и катастрофических каменно-ледовых обвалов со «стены Куккуртли» (Кюкюртли) – западного вершинного кратера Эльбрусской вулканической постройки (вулкан Куккуртли или Кюкюртли) в истоках р. Уллу-Хурзук (р. Куккуртли или Кюкюртли) [1] и, в Северной Осетии, с ледника Мидаграбин с образованием запрудных озер [9] в районе сел. Даргавс. В этом случае одной радиоуглеродной датировкой мы определяем время: вулканической или сейсмической активности; схода каменных и ледово-каменных обвалов; и образования запрудных озер в долинах рек Уллу-Хурзук, Малка, Баксан в районе Эльбрусского вулканического центра и в истоках р. Гизельдон (район сел. Даргавс) в Северной Осетии. Кроме того, в местах появления «нептунических» песчаных даек, свидетельствующих о породивших их сильных ($M > 8$) землетрясениях, в случае нахождения захороненных почв с детритом, можно определить время сейсмического события и образования «нептунической» дайки.

В таблице №1 приведены результаты радиоуглеродного датирования различных геологических событий, связанных как с эволюцией Эльбрусского вулканического центра, так и с сейсмической активностью этого региона [1, 2, 10].

В процессе анализа результатов проведенного ^{14}C датирования, в пределах Эльбрусского вулканического центра выделено 11 периодов вулканической активности в интервалах времени (от и до лет): 9 440–8 100, 8 100–6 410, 6 410–6 170, 6 170–5 129, 5 129–4 270, 4 060–1 750, 1 750–1 330, 1 330–1 170, 1 170–990, 990–590, 590–520 лет тому назад и 10 периодов сейсмической активности в интервалах времени (от и до лет): 6 410–5 510, 5 510–3 840, 3 840–2 810, 2 810–2 520, 2 320–2 280, 2 280–1 630, 1 630–530, 530–490, 490–430 и 430–340 лет тому назад. Анализ приведенных данных показал, что мы имеем в своем распоряжении достаточно данных для приблизительной оценки частоты повторяемости как вулканической, так и сейсмической активности в этом регионе.

На основании анализа приведенных в таблице № 1 данных (31 проба) сделаны следующие выводы:

ВЫВОДЫ

1. В результате изучения траншеи, пройденной поперек Чемарткольского разрыва в правом борту долины в истоках р. Бийтик-Тебе, установлены следы двух сильных землетрясений, произошедших 5 500–5 700 и ~ 3 900 лет назад, оставивших двухрусный коллювиальный клин и два горизонта по-

гребенных почв [10]. Не исключено, что по этому разлому подвижки могут продолжиться и в будущем, вплоть до наших дней.

2. Установлена следующая частота повторяемости извержений в пределах Эльбрусского вулканического центра в голоцене: во временном интервале от 9 440 до 6 410 лет она составляла 1 извержение примерно через 1 500 лет; в интервале от 6 170 до 4 270 лет – извержения происходили примерно через 1 000 лет; в интервале от 4 060 до 1 750 лет – интервал между извержениями составил 2 310 лет; а в период от 1 750 до 590 лет извержения происходили через каждые 400–200 лет. Следовательно, выявлена важная закономерность, заключающаяся в том, что к концу голоцена частота повторяемости извержений резко возрастает. Эти данные имеют очень важное значение для оценки возможности возобновления активности в пределах Эльбрусского вулканического центра в будущем.

3. В Приэльбрусье была выявлена следующая частота повторяемости землетрясений в голоцене: во временном интервале от 6 170 до 4 270 и от 3 840 до 2 810 лет – землетрясения происходили примерно через 1 100 лет; в интервале от 5 510 до 3 840 лет – интервал между землетрясениями составил ~ 1 700 лет; а в период от 2 810 до 2 320 лет землетрясения имели место через каждые 300–200 лет; в период от 2 320 до 1 630 и от 1 630 до 530 лет землетрясения имели место через 650 и 1 100 лет, соответственно; а в период от 530 до 330 лет назад – каждые 90–40 лет. Следовательно, выявлена еще одна важная закономерность, заключающаяся в том, что к концу голоцена частота повторяемости землетрясений резко возрастает. Эти данные также имеют важное значение для оценки возможности возобновления сейсмической активности в пределах Приэльбрусья в будущем.

4. Установлено совпадение времени проявления вулканической и сейсмической активности (причем вторая проявлялась несколько раньше первой) для периодов: от 6 410 до 5 120 лет примерно с одинаковой частотой повторяемости событий через 1 100 лет, а для периода от 1 750 до 590 лет назад – частота повторяемости (от 400 до 180 лет) этих событий резко возрастает, а периоды покоя сокращаются.

5. Доказано, что субширотные Чемарткольский и Куккуртлинский разломы проявляют как геологическую, так и сейсмическую активность. Оба они демонстрируют как горизонтальные сдвиговые (в первом случае правосторонние, во втором – левосторонние), так и вертикальные (в первом случае взбросовые, во втором – сбросовые) смещения.

6. Проведенные исследования показали, что Эльбрусский вулканический центр является не только вулканически опасной, но и потенциально сейсмоопасной областью. Проявление вулканической и сейсмической активности здесь многократно имело место в голоцене. Большие периоды

повторяемости (во многие сотни и даже первые тысячи лет) сильных землетрясений, свойственных для Кавказского региона в целом [11], а также катастрофических извержений [1, 3, 5, 8], являются причиной кажущегося спокойствия Эльбруса на современном этапе. Наблюдающееся в настоящее время сейсмическое затишье, скорее всего, связано с особыми реологическими условиями земной коры, в средней части которой имеется глубинный

магматический очаг [6], заполненный расплавом. Это состояние геологической среды не способствует накоплению больших напряжений в коре, необходимых для созревания очага сильного землетрясения. В то же время отсутствие современных сейсмических проявлений может свидетельствовать о нарастании опасности подготовки сильного эксплозивного извержения Эльбруса в геологическом будущем.

Работа выполнена по плану НИР ВЦ РАН при финансовой поддержке НИОКТР КНИО ВЦ РАН (рег. № АААА-А19-119040190054-8) и в рамках Базовой темы Лаборатории петрографии ИГЕМ РАН «Петрология и минералогия магматизма конвергентных и внутриплитных обстановок: история формирования крупных континентальных блоков». ЕГИСУ НИОКТР регистрационный № 121041500222-4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатиков О.А., Мелекестцев И.В., Миллер Д.К., Гурбанов А.Г. и др. Катастрофический каменно-ледовый обвал и быстрая подвижка в I-II веках нашей эры ледника Куккуртли на вулкане Эльбрус (Северный Кавказ // Докл. РАН. 2003. Т. 390, № 5. С. 647–650.
2. Богатиков О.А., Мелекестцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Катастрофические палеолахары вулкана Эльбрус (Северный Кавказ // Докл. РАН. 1998, Т. 362, № 4. С. 518–521.
3. Богатиков О.А., Мелекестцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Радиоуглеродное датирование голоценовых извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ, Россия) // Докл. РАН. 1998, Т. 363, № 2. С. 219–221.
4. Богатиков О.А., Мелекестцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Катастрофическая плейстоценовая и голоценовая активность вулканического центра Эльбрус (Северный Кавказ, Россия): события и хронология по данным ¹⁴C, ЭПР и К-Ар датирования // Вулканология и сейсмология. 2001. № 2. С. 3–17.
5. Катастрофические процессы и их влияние на природную среду. Под ред. академ. Н.П. Лаверова. Т. 1. Вулканизм. – М.: Регион. обществ. организ. ученых по пробл. прикладн. геофиз. 2002. 436 с.
6. Новейший и современный вулканизм на территории России. (Отв. ред. Н.П. Лаверов. Авторский коллектив: Н.П. Лаверов, Н.П. Добрецов, О.А. Богатиков, в.Г. Бондур, А.Г. Гурбанов, В.И. Коваленко и др.). – М.: Наука. 2005. 604 с.
7. Природные процессы на территории Кабардино-Балкарии (Под ред. Н.П. Лаверова. Авторский коллектив: Богатиков О.А. Залиханов М.Ч., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Коваленко В.И., Газеев В.М., Руденко О.В., Собисевич А.Л. и др.). – Москва-Нальчик: РАН и Мин. образов. и науки РФ. 2004. 438 с.
8. Рогожин Е.А., Собисевич Л.Е., Нечаев Ю.В., Богатиков О.А., Гурбанов А.Г. и др. Геодинамика, сейсмотектоника и вулканизм Северного Кавказа. – М.: Регион. обществ. организ. ученых по пробл. прикладн. геофиз. 2001. 338 с.
9. Рогожин Е.А., Гурбанов А.Г., Мараханов А.В. и др. О соотношении проявлений землетрясений, вулканизма и катастрофических пульсаций ледников Северной Осетии в голоцене // Вестн. Владикавказского научн. центра. 2004. Т. 4. № 3. С. 41–50.
10. Рогожин Е.А., Гурбанов А.Г., Мараханов А.В. и др. О соотношении проявлений вулканизма и землетрясений на Северном Кавказе в голоцене // Физика Земли. 2005. № 3. С. 33–46.
11. Рогожин Е.А. Современные математические и геологические модели природной среды // Сб. научн. трудов. – М.: Изд. ОИФЗ РАН. 2002. С. 244–254.

REFERENCES

1. Bogatikov O.A., Melekestsev I.V., Miller D.K., Gurbanov A.G. i dr. Katastrofi-cheskiy kamenno-ledovyy obval i bystraya podvizhka v I-II vekakh nashey ery lednika Kukkurtili na vulkane El'brus (Severnnyy Kavkaz // Dokl. RAN. 2003. T. 390, № 5. S. 647–650.
2. Bogatikov O.A., Melekestsev I.V., Gurbanov A.G. i dr. Katastroficheskie paleolakhary vulkana El'brus (Severnnyy Kavkaz // Dokl. RAN. 1998. T. 362, № 4. S. 518–521.
3. Bogatikov O.A., Melekestsev I.V., Gurbanov A.G. i dr. Radiouglerodnoe datirovanie golotsenovykh izverzeniy vulkana El'brus (Severnnyy Kavkaz, Rossiya) // Dokl. RAN. 1998. T. 363, № 2. S. 219–221.
4. Bogatikov O.A., Melekestsev I.V., Gurbanov A.G. i dr. Katastroficheskaya pleystotsenovaya i golotsenovaya aktivnost' vulkanicheskogo tsentra El'brus (Severnnyy Kavkaz, Rossiya): sobyitiya i khronologiya po dannym ¹⁴S, EPR i K-Ar datirovaniya // Vulkanologiya i seysmologiya. 2001. № 2. S. 3–17.
5. Katastroficheskie protsessy i ikh vliyaniye na prirodnyuyu sredu. Pod red. akadem. N.P. Laverova. T. 1. Vulkanizm. M.: Region. obshchest. organiz. uchenykh po probl. prikladn. geofiz. 2002. 436 s.
6. Noveyshiyy i sovremennyy vulkanizm na territorii Rossii. (Otv. red. N.P. Laverov. Avtorskiy kolektiv: N.P. Laverov, N.L. Dobretsov, O.A. Bogatikov, v.G. Bondur, A.G. Gurbanov, V.I. Kovalenko i dr.) M.: Nauka. 2005. 604 s.
7. Prirodnye protsessy na territorii Kabardino-Balkarii (Pod red. N.P. Laverova. Avtorskiy kolektiv: Bogatikov O.A. Zalikhanov M.Ch., Karamuzov B.S., Gurbanov A.G., Kovalenko V.I., Gazeev V.M., Rudenko O.V., Sobisevich A.L. i dr.). Moskva-Nal'chik: RAN i Min. obrazov. i nauki RF. 2004. 438 s.
8. Rogozhin E.A., Sobisevich L.E., Nechaev Yu.V., Bogatikov O.A., Gurbanov A.G. i dr. Geodinamika, seysmotektonika i vulkanizm Severnogo Kavkaza. M.: Region. obshchest. organiz. uchenykh po probl. prikladn. geofiz. 2001. 338 s.
9. Rogozhin E.A., Gurbanov A.G., Marakhanov A.V. i dr. O sootnoshenii proyavleniy zemletryaseniy, vulkanizma i katastroficheskikh pul'satsiy lednikov Severnoy Osetii v golotsene // Vestn. Vladikavkazskogo nauchn. tsentra. 2004. T. 4. № 3. S. 41–50.
10. Rogozhin E.A., Gurbanov A.G., Marakhanov A.V. i dr. O sootnoshenii proyavleniy vulkanizma i zemletryaseniy na Severnom Kavkaze v golotsene // Fizika Zemli. 2005. №3. S. 33–46.
11. Rogozhin E.A. Sovremennyye matematicheskie i geologicheskie modeli prirodnoy sredy // Sb. nauchn. trudov. M.: Izd. OIFZ RAN. 2002. S. 244–254.