

Первые результаты исследования эндогенных процессов в Геналдонском и прилегающих ущельях

А.Г. Гурбанов¹, А.Г. Кусраев², А.Х. Чельдиев³

В марте 2003 г., во исполнение поручения Правительства РФ, во Владикавказе было проведено совещание с участием начальника центра «Антистихия» МЧС РФ В.Р. Болова, министра МЧС РСО-А Б.А. Дзгоева, представителей РАН, представителей МПР РФ и Управления ПР по РСО-А МПР РФ, представителей Росгидромета РФ и Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РСО-А и членов правительства РСО-А. На совещании был предложен план по организации систематических наблюдений за состоянием ледников Майли и Колка, а также по изучению геодинамических процессов в регионе и по комплексному изучению Геналдонского ущелья. РАН было предложено создать комплексный отряд по изучению эндогенных процессов и геодинамики в этом ущелье. Руководство отрядом возложено на председателя Владикавказского научного центра (ВНЦ) РАН доктора физ.-мат. наук А.Г. Кусраева и ведущего научного сотрудника ИГЕМ РАН кандидата геол.-мин. наук А.Г. Гурбанова. В состав комплексного эндогенного отряда вошли представители ВНЦ РАН, ИГЕМ РАН, ГИН РАН, ИФЗ РАН, ИГ РАН, ГАИШ МГУ, ФГУГП «Кавказгеолъёмка» МПР РФ и РОО «ГЕО-ИНВЭКС».

Однако было предложено расширить район исследований, так как исполнители отдавали себе отчет в том, что изучить глобальные эндогенные процессы и выявить закономерности их проявления в таком крайне ограниченном районе, как долина р. Геналдон, практически невозможно. В связи с этим были начаты комплексные исследования как в Геналдонском и прилегающих ущельях, так и в пределах Казбекского и Кельского вулканических центров и прилегающих территорий.

В июле–сентябре 2003 г. в долине р. Геналдон и на прилегающих территориях были проведены комплексные геолого-геофизические и гидрогеологические исследования. Это стало возможным благодаря поддержке со стороны Президента Республики Северная Осетия-Алания А.С. Дзасохова. Финансирование исследований осуществляли Российская академия наук, Правительство Республики Северная Осетия-Алания, Российский фонд фундаментальных исследований (гранты №№ 02-05-64946; 03-05-64215; 03-05-96744; 04-05-79054). Получены принципиально новые данные, которые позволили с разных точек зрения и с использованием комплекса методов подойти к оценке причины схода каменно-ледовой лавины в Геналдонском ущелье. Предварительные итоги были подведены на «круглом столе» «Эндогенные и экзогенные причины каменно-ледового обвала в Геналдонском ущелье и возможности прогноза катастрофических геодинамических процессов», состоявшемся 19 сентября 2003 года в г. Владикавказ по инициативе и с участием А.С. Дзасохова. С основными докладами выступили О.А. Богатилов, А.Г. Гурбанов, Г.А. Долгов, В.М. Котляков, А.Г. Кусраев, А.П. Полквой, Е.А. Рогожин.

В последующие месяцы продолжались аналитические исследования проб, обработка космических снимков, изучение сейсмограмм землетрясений, а также сравнительный анализ данных, полученных разными методами.

Ниже приводится краткая информация об основных результатах комплексных исследований современных и прошлых эндогенных процессов на изучаемой территории. Развернутое изложение итогов проведенных комплексных исследований содержится в настоящем выпуске «Вестника ВНЦ».

¹А.Г. Гурбанов – к.г.-м.н., с.н.с. ИГЕМ РАН.

²А.Г. Кусраев – д.ф.-м.н., председатель Владикавказского научного центра РАН и РСО-А.

³А.Х. Чельдиев – советник Президента РСО-А.

I. Геологические, петролого-геохимические и изотопные исследования (ИГЕМ РАН – А.Г. Гурбанов, В.М. Газеев, А.Я. Докучаев). Прежде всего важно отметить, что истоки р. Геналдон расположены на северных отрогах Казбекского вулканического центра и температура вод минеральных источников, по мере приближения к нему (с севера от пос. Тменикау на юг к Майлийскому леднику), повышается от $\sim 30^{\circ}\text{C}$ (Нижний Кармадон) до 54°C (Верхний Кармадон).

1. На основании петролого-геохимического изучения состава обломков горных пород, их формы (угловатые, но оббитые, а не окатанные) и характера их распределения в теле каменно-ледовой лавины в Геналдонском ущелье сделан вывод о том, что из массива г. Джимара обрушился на ледник Колка огромный блок коренных пород (циклаурская свита и прорывающие ее позднеплиоценовые ($\sim 2,5$ млн лет) интрузивные массивы, представленные диоритами, гранодиоритами и гранитами) и перекрывающая их часть висячего ледника. По пути движения каменно-ледовой лавины вниз по долине р. Геналдон были захвачены и другие обнажающиеся в ней породы, включая и аллювиальные отложения. Такой обвал мог быть вызван, скорее всего, современными подвижками по разлому, даже слабыми сейсмическими событиями.

2. В долине р. Мидаграбиндон, расположенной в 15 км западнее р. Геналдон, были обнаружены следы древней (^{14}C возраст $4\,880 \pm 50$ тыс. лет тому назад) каменно-ледовой лавины, запрудившей долину р. Гизельдон, в результате чего образовалось огромное ($2 \times 2,5$ км) запрудное озеро глубиной до 50 м. Этот факт, наряду с данными по долинам других рек, позволил сделать вывод о том, что такие катастрофические каменно-ледовые лавины происходили не локально, как считалось ранее, а распространены довольно широко в Горной Осетии и их выявлению и изучению необходимо уделить серьезное внимание при проведении систематических наблюдений за вулканической, сейсмической и гляциологической опасностями на Северном Кавказе.

3. В долине р. Геналдон геологическими наблюдениями установлены проявления неотектоники: задокументированы два субширотных разлома напротив селения Кони, по которым сейчас смещена каменно-ледовая масса катастрофической лавины, сошедшей 20.09.2002 г., и крупный разлом СВ простирания, по которому, скорее всего, откололись от массива г. Джимара коренные породы, а

затем обвалились вместе с ледовой «шапкой» на ледник Колка, выбив его основную часть из ложа. Наличие этих разломов было позже подтверждено путем дешифрирования космических снимков со спутника TERRA, радиометром ASTER (проведено сравнение снимков, сделанных до катастрофического обвала – 03.10.2001 г. и после него – 06.10.2002 г.).

4. Петролого-геохимически охарактеризован ряд лавовых потоков Казбекского и Кельского вулканических центров. Изотопными исследованиями, проведенными в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН, установлено, что вулканическая активность в пределах Казбекского вулканического центра происходила в интервале от 450 до 6 тыс. лет [2, 3]. Важно подчеркнуть, что полученные методом ^{14}C датировки одного из пока расшифрованных последних извержений Казбека (~ 6 тыс. лет) [1, 3], позволяют отнести этот вулкан к категории **A** – действующих и предполагать существование под ним еще не остывших близповерхностной магматической камеры и глубинного очага. Это предположение было подтверждено геофизическими исследованиями и данными тепловой космической съемки.

II. Изучение палеосейсмодислокаций (ИФЗ РАН – Е.А. Рогожин, А.Г. Гурбанов (ИГЕМ РАН), А.В. Мараханов, А.Н. Овсяченко, А.В. Спиридонов, Е.Е. Бурканов). Получены сведения о древних, не известных ранее сильных землетрясениях, произошедших в голоцене на Центральном Кавказе, в пределах горной части Республики Северная Осетия-Алания. Радиоуглеродные датировки палеосейсмодислокаций (сейсмические рвы, эшелонированные системы сейморазрывов, оползни и др.), древних ледово-каменных лавин и определения возраста продуктов древних извержений в Казбекском вулканическом центре показывают, что в последние 10 тысяч лет произошло шесть сильных землетрясений с магнитудой 6,5–7,0, одно извержение вулкана Казбек и несколько катастрофических сходов ледников в долины рек Геналдон, Гизельдон и Мидаграбиндон. Период повторения сильнейших сейсмических событий составляет около 1 000 лет. Наблюдается соответствие во времени между периодами сейсмической активизации и катастрофическими сходами ледово-каменных лавин. Вулканическое извержение, произошедшее около 6 000 лет назад, согласно результатам датирования методом ^{14}C соответствует во времени нескольким геологическим проявлениям сильного древнего землетрясения. Найде-

ны также следы катастрофического схода ледника в долину р. Геналдон примерно в это же время.

III. Анализ сейсмограмм землетрясений (с 10.09 и по 20.09.2002 г.) – до и во время схода каменно-ледовой лавины в Геналдонском ущелье (Геофизический центр экспериментальной диагностики ВНЦ РАН и правительства РСО-А – В.Б. Заалишвили, Н.И. Невская). Сейсмическими станциями локальной сети РСО-А, расположенными в населенных пунктах Ардон, Чикола, Фиагдон, Владикавказ и Заманкул, было зарегистрировано событие, идентичное по временному параметру катастрофическому сходу ледника Колка. Продолжительность интервала вступления станций при записи события составляет 3 мин. 33 сек. (16:08:05 и 16:11:38). Продолжительность записи события составляет 286,7–327,7 сек. Кроме того, был зафиксирован сейсмический процесс, предшествовавший катастрофическому сходу ледника Колка, продолжительностью 82 сек. Начало записи приходится на 15 час. 56 мин. (GR), т. е. за 10–12 минут до основного события. Важно также отметить, что станциями этой сети были зафиксированы землетрясения 13, 15 и 17 сентября 2002 г., произошедшие до катастрофического схода ледника, которые могли активизировать разлом СВ простирания в районе массива г. Джигара (см. раздел I, пункт 3), а также и локальное землетрясение 22 сентября с магнитудой 4,6.

IV. Геофизические исследования. Гравиметрические и аудиоманнитотеллурические исследования пока были проведены по профилю вдоль долины р. Геналдон, охватывая только северные отроги вулкана Казбек, и являются сейчас как бы «висячими». Для того чтобы получить более представительную картину о глубинном строении вулканических центров, профили необходимо будет продолжить на юг через вулканические постройки, а также пересечь их с востока на запад. В этом случае может быть получена информация о формах, размерах и уровнях залегания глубинных магматических очагов и промежуточных (близповерхностных) магматических камер под известными Казбекским и Кельским вулканическими центрами и выявлены новые районы, где формируются новые магматические камеры и очаги, что будет крайне важно для организации систематических наблюдений за динамикой эндогенных процессов.

1. Гравиметрические исследования (ГАИШ МГУ – А.В. Конаев, ИГЕМ РАН – А.Г. Гурбанов). В результате исследований была выявлена интенсивная негативная аномалия силы тяжести, начи-

нающаяся к югу от сел. Тменикау и резко возрастающая по направлению к вулкану Казбек от 0 до –20–25 мГал на расстоянии всего 4 км. Предварительная интерпретация данных гравиметрической съемки по профилю протяженностью 7 км (15 точек наблюдения) с высокой степенью вероятности позволяет интерпретировать этот интенсивный гравитационный минимум в южной части профиля (по мере приближения к вулкану Казбек) как эффект северного края очень близповерхностной (кровля на глубине 1–2 км ниже уровня моря; подошва – 5–7 км) магматической камеры, причем вещество в ней должно быть насыщено водными флюидами и нагрето до температуры более 1000°C. По профилю (15 точек наблюдения), пройденному вдоль долины р. Мидаграбиндон, расположенному в 10–11 км восточнее Геналдонского профиля и выходящему за пределы Казбекского вулканического центра, негативная аномалия силы тяжести, обусловленная наличием глубинного магматического очага или промежуточной магматической камеры, не была обнаружена.

2. Аудиомагнитотеллурическое зондирование (ФГУП «Кавказгеолсъемка» – В.Н. Арбузкин, Е.А. Трофименко, М.А. Компаниец, Ю.Н. Мишин). Интерпретация данных по профилю длиной 11,5 км с девятью пунктами МТЗ позволила с высокой степенью вероятности выделить в его южной части (язык ледника Майли), соответствующей северным отрогам вулкана Казбек, северные структурные элементы близповерхностной магматической камеры (кровля на глубине 4 км ниже уровня моря; подошва – 8 км) и глубинного магматического очага (кровля на глубине ~20 км).

Следовательно, двумя независимыми геофизическими методами выявлены приповерхностная магматическая камера и глубинный магматический очаг, что дает нам веское основание считать вулкан Казбек потенциально активным, но «спящим» в настоящее время, и нет никаких оснований исключать возможность возобновления его активности в будущем.

V. Выявление признаков размещения близповерхностных магматических камер в пределах Казбекского вулканического центра по данным тепловой космической съемки, как одной из эндогенных причин возникновения катастрофической каменно-ледовой лавины в Геналдонском ущелье (РОО «ГЕО-ИНВЭКС» – О.В. Ляшенко, С.Г. Корниенко; ИГЕМ РАН – А.Г. Гурбанов). Было проанализировано 83 ночных (за май, июль, август, сентябрь) тепловых космических

снимков выполненных радиометром AVHRR со спутниковой системы NOAA за 1990, 1998, 2000, 2002 и 2003 гг. и 2 снимка, полученных с помощью радиометра ASTER со спутника TERRA (03.10.2001 г. и 06.10.2002 г., т. е. до и после катастрофы в Геналдонском ущелье) для выявления современных активных разломов. Получена принципиально новая информация о наличии в районах ледника Колка, вулкана Казбек и связанных с ним мелких паразитических вулканов. Особенно важным является то, что в районе г. Кора и ледника Кабиши, где вообще не было известно проявлений вулканизма, были обнаружены интенсивные тепловые аномалии. С 01.08.2002 г. и по 25.08.2003 г. температура этих аномалий повысилась на 2–2,9°C. Было высказано мнение о том, что в пределах вулканического центра г. Кора интенсивные тепловые аномалии скорее всего обусловлены близповерхностными магматическими камерами, а на топоснове масштаба 1:200 000 были выделены контуры этих тепловых аномалий (см. соответствующий рисунок в статье О.В. Ляшенко и др. в настоящем номере Вестника ВНИЦ). **Важно подчеркнуть, что наличие выявленной в истоках р. Геналдон двумя независимыми геофизическими методами близповерхностной магматической камеры было подтверждено и с помощью дистанционных методов зондирования (тепловая космическая съемка с системы американских спутников NOAA).**

В результате дешифрирования двух снимков, выполненных радиометром ASTER спутника TERRA выявлены (См. рис. в статье О.В. Ляшенко и др. в настоящем номере) современные субширотные разломы возникшие после схода лавины, по которым была смещена ее каменно-ледовая масса. Один из них напротив селения Кора, другой – разлом СВ простирается в районе массива г. Джимара. Последний возник незадолго до или во время катастрофического каменно-ледового обвала на ледник Колка и мог явиться его причиной. Следовательно, сделанные нами на основе полевых геологических наблюдений, выводы (в разделе I пункт 3) о современной тектонической активизации, были подтверждены этим независимым методом.

VI. Результаты гидрохимического опробования углекислых минеральных вод в пределах Казбекского, Кельского вулканических центров и на прилегающих территориях (ГИН РАН). В процессе полевых работ на территории РСО-А было опробовано 14 минеральных источников, в

Южной Осетии – 17. К сожалению, из-за отсутствия финансирования пока не удалось проанализировать все пробы воды и газа. Однако полученные данные совместно с результатами опробования ряда минеральных источников в 1999 и 2000 гг., однозначно свидетельствуют о том, что величины гелиевых отношений ($^3\text{He}/^4\text{He}$) в спонтанных газах источников, расположенных в пределах Казбекского и Кельского вулканических центров, достигают мантийных значений $\sim 1000\text{--}600 (\times 10^{-8})$, а по мере удаления от центров на 20–50 км приобретают коровые значения $\sim 1\text{--}20 (\times 10^{-8})$.

Это позволило сделать важный вывод о том, что мантийное вещество залегающее под вулканическими центрами, находится сейчас в активном состоянии и может вызывать плавление пород нижней континентальной коры. Это должно приводить к образованию глубинного магматического очага, из которого расплав может подниматься к земной поверхности и в итоге сформировать близповерхностные магматические камеры. От характера эволюции этих камер будет зависеть возможное возобновление вулканической активности в районе.

В заключение отметим, что полученные принципиально новые данные, которые с одной стороны имеют несомненный научный интерес и однозначно свидетельствуют об активизации сейсмических и вулканических процессов в этой части юга России, с другой – вызывает определенную тревогу и необходимость организации постоянно-го целенаправленного слежения за развитием сейсмических и вулканических эндогенных процессов.

Необходимость проведения таких исследований в региональном масштабе обуславлена и тем, что до недавнего прошлого Большой Кавказ считался областью с умеренной сейсмичностью и слабой вероятностью возобновления вулканической активности. Здесь практически не были известны хорошо датированные и доказанные сейсмические события с высокой магнитудой ($M=7$). Такие представления об уровне сейсмической опасности региона и легли в основу карты сейсмического районирования СССР (СР-78). Природа продемонстрировала, что сейсмологами здесь допущена грубая ошибка.

Спитакское (1988 г.) и Рачинское (1991 г.) катастрофические землетрясения, потрясшие Кавказ в конце прошлого столетия, позволяют предположить начало современного периода сейсмической активизации этого региона. Сейсмические ката-

трофы с магнитудой $M=7$, следовавшие одна за другой с небольшим разрывом во времени, стали сильнейшими в прошедшем столетии после Шемахинской катастрофы 1902 г. Оценивая эти события, сейсмологу важно было понять, имеется ли какое-либо сходство в тектонической позиции очагов этих землетрясений и попытаться выявить породившие их структуры и процессы. Это позволит прогнозировать дальнейшее развитие сейсмической активности, в целом на северном склоне Большого Кавказа, в Кавказской складчатой области на территориях Ставропольского и Краснодарского краев, Карачаево-Черкесской, Кабардино-Балкарской Республик и Республики Северная Осетия-Алания. При этом необходимо учитывать, что катастрофические сейсмические процессы могут инициировать и вулканическую активность при наличии в регионе потенциально активных, но в настоящее время «спящих» вулканов.

Действительно, проведенные нами исследования в течение последних 7 лет свидетельствуют о высокой вулканической опасности Кавказского региона. Доказано, что такие крупнейшие вулканы Европы как Эльбрус и Казбек просто «отдыхают», а не затихли навсегда. О том, что может случиться в густонаселенном регионе при возобновлении активности этих вулканов, свидетельствуют итоги уже известных вулканических извержений в других регионах нашей планеты. Это типичные крупномасштабные природные катастрофы. При их анализе вулканологи обратили внимание на одну характерную особенность, связанную с периодичностью извержений и масштабами сопутствующих катастроф. Наблюдения последствий извержений вулканов в историческое время показывают, что чем более длительным является период покоя вулкана, тем мощнее бывает следующее за ним извержение.

Происшедшие на Кавказе Спитакское (1988 г., $M_S = 6,9$) и Рачинское (1991 г., $M_S = 7,1$) землетрясения, как отмечалось выше, в корне изменили наши представления об умеренном уровне сейсмической опасности этого региона. К особенностям очагов этих сейсмических катастроф относятся их неглубокое, приповерхностное залегание, большие размеры (длина и ширина измеряются десятками километров) и значительные нарушения поверхности. Очаг Спитакского землетрясения как бы «вспорол» земную поверхность в виде протяженной системы сейсморазрывов. Удалось доказать, что и ранее (25 000, 17 000 и 5 000–3 000 лет назад) в этом очаге уже возникали подобные

или даже более сильные сейсмические события. При сейсмической катастрофе в Армении, а еще в большей степени при Рачинском землетрясении возникли разнообразные мощные сейсмогравитационные явления: обвалы, оползни, оплывины, каменные и грязекаменные лавины.

Таким образом, как Малый, так и Большой Кавказ оказались зонами высокой сейсмической и инженерно-геологической опасности. Несмотря на то, что очаги сильных землетрясений недавнего прошлого связаны с продольными структурами кавказской ориентировки (Спитакский очаг – с Памбак-Севанской шовной синклиной зоной Малого Кавказа, а Рачинский – с Рача-Лечхумской шовной синклиной зоной Большого Кавказа), в целом они приурочены к давно известной и хорошо изученной структуре – Транскавказскому поперечному поднятию (коллизионной структуре типа континент–континент [Philip et al., 1989]). Важно подчеркнуть, что в сводовой (центральной) части Транскавказского поперечного поднятия наблюдается как бы «раздвиг», обусловленный, скорее всего, «вдавливанием» при продвижении в северном направлении структуры Аравийского «носа» в Закавказскую, затем в Малокавказскую и, наконец, в Большекавказскую микроплиты. Явление раздвига фиксируется серией зон кулисообразно расположенных субмеридиональных межзональных разломов (рис. 1), к которым приурочены очаговые зоны сильных землетрясений, а также Эльбрусский, Казбекский, Кельский и другие вулканические центры.

Не исключено, что образование системы зон этих субмеридиональных разломов можно рассматривать как начало зарождения рифтогенной структуры, под которой располагается мантийный плюм. Эта структура пересекает вкрест простирания, весь Кавказский регион и по всей протяженности четко выражена в рельефе, в геофизических полях, в рисунке тектонических разломов, кроме того, начиная с позднего миоцена и до голоцена включительно, магматическая активность (с явно мантийными изотопными метками) проявлялась только в ее пределах (рис. 1, 2).

Границы этой структуры как бы подчеркиваются цепочками молодых вулканов и лавовых плато. Транскавказское поднятие является крупнейшей поперечной зоной и для Большого Кавказа. Здесь наиболее широко развиты породы кристаллического фундамента древнего кавказского ядра, фиксируются наибольшие высоты рельефа. Транс-

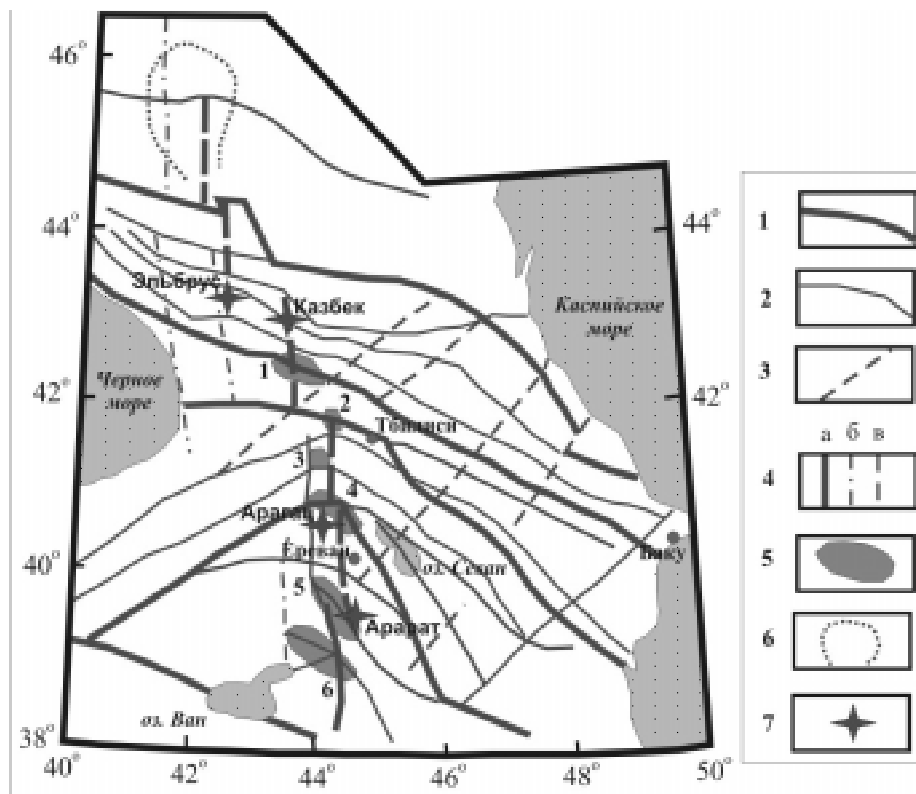


Рис. 1. Схематическая карта крупнейших разломов Кавказа.

1 – межзональные разломы; 2 – региональные разломы; 3 – то же «антикавказского» простираения; 4 – разломы Транскавказского простираения (а – подчеркивающие цепочки вулканов, б, в – выделенные по структурно-геологическим данным: б – крупные, в – мелкие); 5 – очаговые зоны сильных землетрясений в пределах Транскавказского поперечного поднятия (1 – Рачинского, 1991 г., 2 – Горийского, 1920 г., 3 – Параванского, 1986 г., 4 – Спитакского, 1988 г., 5 – Араратского, 1840 г., 6 – Чалдыранского, 1976 г.); 6 – контуры Ставропольского сводового поднятия.

кавказский «поперечник» характеризуется и своей повышенной сейсмической активностью, и проявлением неотектоники.

Именно в его пределах, начиная с 1976 г. (с Чалдыранского землетрясения в северо-восточной Турции), концентрируются главные эпицентры сильных землетрясений Закавказья: Параванского, Спитакского, Рачинского, Джавского. Причем, если три первых события возникли в Закавказской области на Малом Кавказе, то два последних, Джавское и Рачинское, захватили уже южный склон Большого Кавказа, т. е. сейсмическая активность в последние десятилетия постепенно распространилась к северу.

Северным окончанием Транскавказского поперечного поднятия являются Минераловодский выступ на северном склоне Большого Кавказа с позднемiocеновыми (8,2 млн лет) субщелочными гранитными интрузивными массивами (лакколитами) Кавказских Минеральных Вод и Ставро-

польское поднятие Предкавказья. В этих воздымающихся в новейшее время и на современном этапе зонах имеются общие тектонические черты с теми районами Закавказья, где возникли описанные выше сильнейшие землетрясения. К таким чертам относятся проявление плиоценового магматизма, наличие мощных меридиональных зон активных разломов, а также узлов их пересечения с крупными разломами кавказской (субширотной) и диагональных ориентировок.

Если подмеченная тенденция постепенного, за последние 28 лет, смещения процесса сейсмической активизации к северу верна, то ничто не мешает в недалеком будущем возникновению сильного землетрясения на северном склоне Большого Кавказа и в Предкавказье, т. е. на северном окончании Транскавказского поднятия.

Следовательно, выявленные нами локальные данные об активизации тектонических, сейсмических и, возможно, вулканических процессов в сочетании с вышеприведенными региональными данными еще раз убедительно свидетельствуют о необходимости организации изучения и постоянного наблюдения хода развития эндогенных процессов не только в пределах Казбекского, но и Кельского, Эльбрусского вулканических центров и на прилегающих к ним территориях. Полученные в 2003 г. результаты однозначно показали, что для успешного выполнения намеченных комплексных исследований необходимы:

- 1) их всесторонняя поддержка правительствами республик Северного Кавказа (РСО-А, КБР, КЧР);
- 2) их целенаправленное финансирование:
 - а) из бюджета Республики Северная Осетия-Алания комплексных работ в районе Казбекского

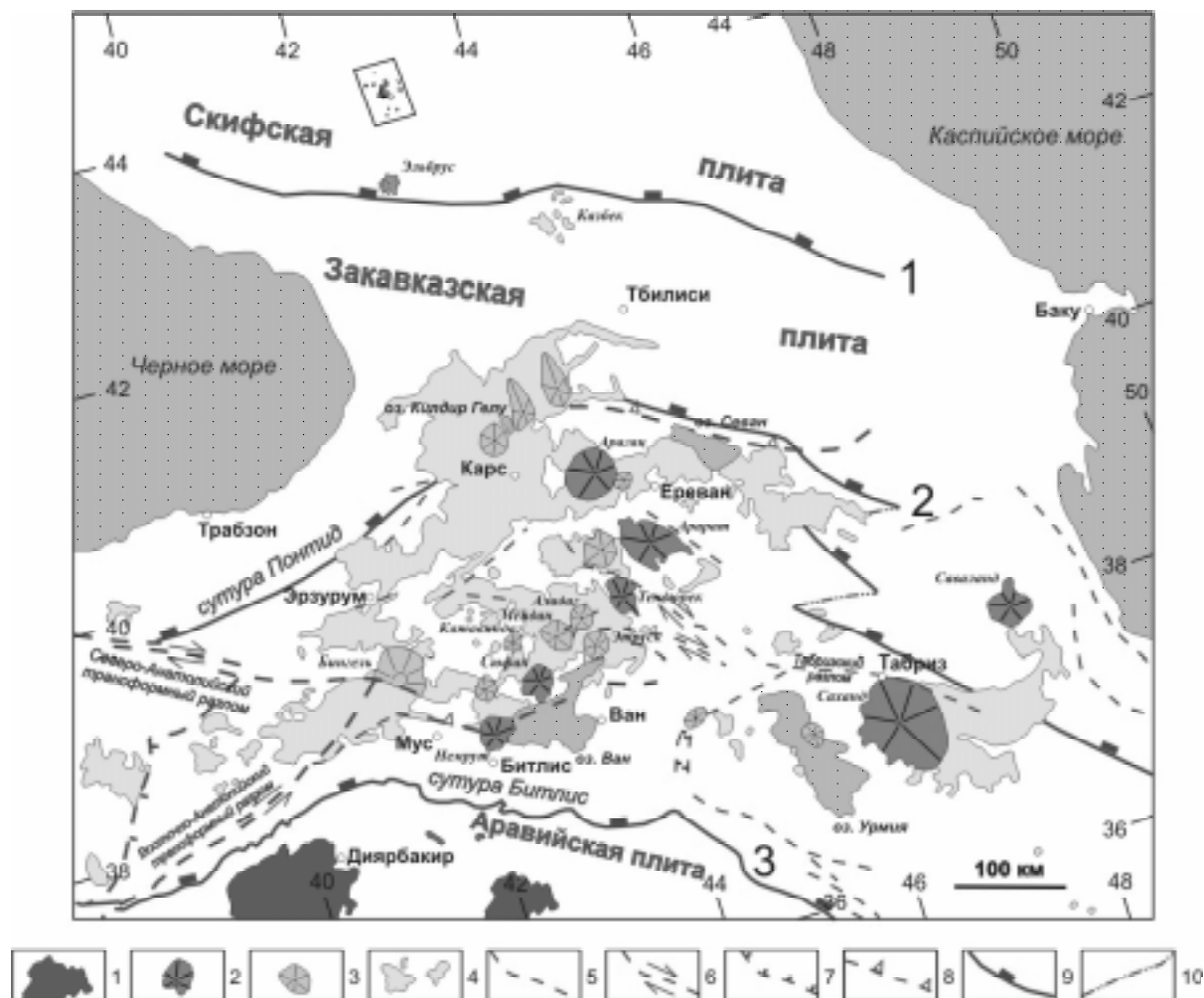


Рис. 2. Схема неогенового и четвертичного магматизма Анатолийско-Кавказского региона (по Pearce et al., 1990, с дополнениями).

1 – толеитовые базальты Аравийской плиты; 2 – стратовулканы Армянского плато; 3–4 – вулканы и вулканические постройки Карского плато; 3 – стратовулканы, кальдеры, 4 – вулканические отложения (лавовые купола и потоки, туфовые горизонты); 5 – активные разломы; 6 – сдвиги; 7 – сбросы; 8 – надвиги; 9 – сутурные зоны (1 – аннемеловая, 2 – поздний мел-палеогеновая, 3 – неогеновая); 10 – предполагаемые разломы. Прямоугольником выделена область лакколитов Кавказских Минеральных Вод (КМВ).

и Кельского вулканических центров и из бюджетов Кабардино-Балкарской и Карачаево-Черкесской Республик – исследований в пределах Эльбрусского вулканического центра;

б) из средств Министерства образования и науки РФ (по региональным проектам);

в) за счет средств Российской академии наук (целевые программы, гранты РФФИ).

Литература

1. Бурчуладзе А.А., Джанелидзе Ч.Г., Тогопидзе Г.И. Применение радиоуглеродного метода для решения некоторых вопросов палеогеографии плейстоцена и голоцена Грузии // Актуальные вопросы современной геохронологии. – М.: Наука, 1976. С. 238-243.

2. Чернышев И.В., Аракелянц М.М., Лебедев В.А., Бубнов С.Н. К-Аг-изотопная систематика и возраст новейшего вулканизма Казбекской вулканической области, Большой Кавказ // Докл. РАН, 1999. Т.367. № 6. С. 810-814.

3. Чернышев И.В., Лебедев В.А., Бубнов С.Н. и др. Изотопная геохронология извержений четвертичных вулканов Большого Кавказа // Геохимия, 2002. № 11. С. 1-16.

4. Pearce J.A., Bender J.F., De Long S.E. et al. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia (Turkey): preliminary paleomagnetic and geochronological results // Tectonophysics, 1998. V. 299. P. 175-189.

5. Philip H., Cisternas A., Gvishiani A., Gorshkov A. The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision // Tectonophysics, 1989. V. 161. P. 1-21.