

УДК 551.21

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВОЙ ГИГАНТСКОЙ КАЛЬДЕРЫ-
СУПЕРВУЛКАНА НА КАМЧАТКЕ

В.Л. Леонов, А.Н. Рогозин

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

Когда мы в 2004 г. начинали работы по уточнению геолого-структурных позиций Больше-Баннских термальных источников, то никак не думали, что эти работы через три года приведут к открытию нового геологического объекта – кальдеры. И не просто кальдеры, а гигантской, такой, какие в последние годы в мировой вулканологической литературе стали называть «супервулканами» [5, 21, 26, 28, 29]. В качестве примеров «супервулканов» обычно называются кальдерные комплексы Тоба на о. Суматра в Индонезии и Йеллоустон в США. Первый имеет размеры 100×30 км, объем кислой пироклаستيку, выброшенной только в последний этап его формирования 74 тыс. лет назад, составил 2800 км^3 [22]. Размеры второго – 85×45 км, объем выброшенного при последнем извержении материала – более 1000 км^3 , возраст 640 тыс. лет [23].

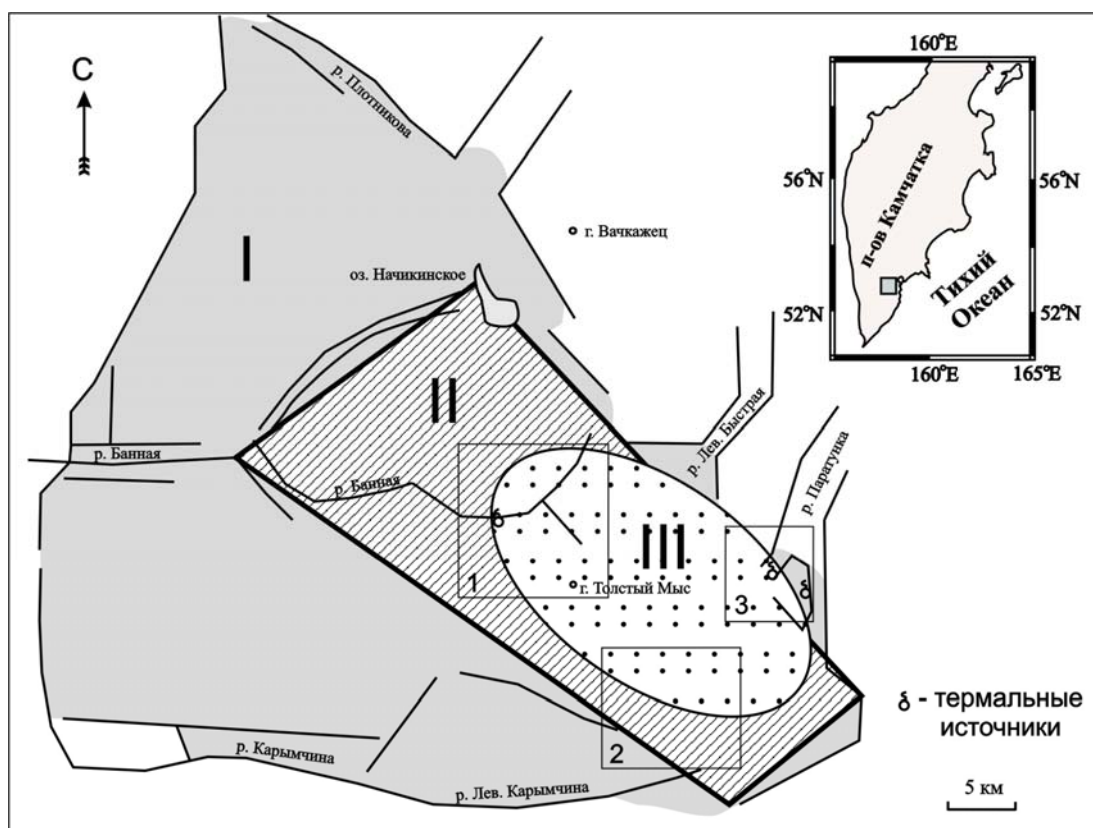


Рис. 1. Местоположение новой кальдеры и ее сопоставление с вулканотектоническими депрессиями, выделенными в данном районе ранее. I – Карымшинская вулканотектоническая депрессия [10], II – Банно-Карымшинская вулканотектоническая депрессия [20], III – кальдера, выделенная впервые в данной работе. На врезке в верхнем правом углу показано местоположение рассматриваемого района на Камчатке. Четырехугольниками показаны районы, изучавшиеся детально: 1 – верховья р. Банная, 2 – перевал Карымчина-Карымшина, 3 – Бабий Камень.

Размеры кальдеры, открытой нами – 15 x 25 км (рис. 1). Район, где она расположена, знают и посещали многие жители Камчатки. Он протягивается от реки Паратунка на юго-востоке до реки Банная на северо-западе. На Камчатке до сих пор наиболее крупные извержения связывались с четвертичными кальдерами, при формировании которых выбрасывалось до 100-150 км³ кислой пироклаستيку [9]. Более крупных извержений, которые можно было бы приравнять к извержениям известных «супервулканов», имеющих объем изверженного материала до 1000 км³ и более, на Камчатке не было известно. В то же время предполагалось, что такие извержения могли быть в более ранний период, делались [11]. Они основывались на том, что в скважинах, пробуренных у берегов Камчатки, были встречены многочисленные прослой пепла, и наиболее мощные слои имели возраст 1.1-1.6 млн. лет. Один из районов, где можно было предполагать существование «супервулкана» – Южная Камчатка. На стыке ее с поперечной Начикинской складчато-глыбовой зоной еще в 70-е годы XX века при геолого-съёмочных работах был выявлен обширный район, в котором преобладают породы кислого состава. Эти породы были выделены в особую дацит-риолитовую формацию, а район, где вскрывались эти породы, рассматривался как крупная вулканотектоническая депрессия [10]. В дальнейшем существенно менялись представления о возрасте и об объеме дацит-риолитовой формации, а также размерах вулканотектонической депрессии, что было связано со слабой изученностью района. В последних работах [17, 18, 20] были приведены новые датировки пород формации, свидетельствующие о ее эоплейстоценовом возрасте, были значительно сокращены размеры депрессии, которая все же до сих пор имела очень условные границы (см. рис. 1).

Работы, проведенные нами в рассматриваемом районе в 2004-2006 годах, позволили не только во многих местах установить фактические границы депрессии, определить ее истинные очертания, но и выявить особенности вулканизма более позднего этапа, реконструировать связанное с ним резургентное поднятие. В итоге мы пришли к выводу, что в этом районе необходимо выделять крупную кальдеру, испытавшую этап резургенции. В настоящее время еще не все границы этой структуры выявлены достоверно, что связано, с одной стороны, с ее большими размерами, а, с другой стороны, с древностью, с тем, что границы ее, в основном, не проявлены в морфологии района, частично перекрыты более поздними лавами. Тем не менее, уже сейчас можно говорить о том, что эта кальдера является наиболее крупной из известных кальдер Камчатки.

Общие данные о районе и породах, слагающих его.

Рассматриваемый район расположен в южной части полуострова Камчатка, примерно в 50 км на юго-запад от г. Петропавловск-Камчатский. Он представляет собой горный массив с отдельными вершинами высотой до 1200-1300 м. Наиболее высокой является гора Толстый Мыс (1343 м). Со склонов этой горы и ближайших вершин берут начало многие реки района,

текущие как на восток, в сторону Тихого океана (реки Паратунка, Лев. Быстрая), так и на запад – к Охотскому морю (реки Банная, Карымчина). Севернее расположена депрессия Начикинского озера (см. рис. 1).

В структурном отношении район приурочен к стыку Начикинской складчатоглыбовой зоны северо-западного простираения, расположенной северо-восточнее, и Камбально-Гореловского грабена, расположенного южнее. Границей между этими структурами является так называемый «Вилючинский линеамент» – крупная зона дислокаций северо-западного простираения, пересекающая всю южную часть полуострова [2]. И.Д. Петренко [12] выделяет в рассматриваемом районе два параллельных сброса, которые он рассматривает как часть протяженной Южно-Камчатской системы рудоконтролирующих сбросов, отделяющих поднятые участки, расположенные на северо-востоке и востоке, от опущенных участков, расположенных южнее.

На схеме рельефа кровли мелового фундамента для Южной Камчатки, составленной М.И. Зубиным [7], видно, что с рассматриваемым районом связан локальный прогиб фундамента до глубин более 3.5 км. Локальная депрессионная структура выделяется в данном районе также по гравиметрическим данным [3].

Область распространения толщи кислых туфов и игнимбритов, которые занимают значительную часть рассматриваемого района, имеет ограниченное распространение, а зона ее развития четко вытянута в северо-западном направлении. Размеры ее составляют примерно 50 x 20 км. В.С. Шеймович [16], основываясь на проведенных в этом районе в 1958-1962 гг. геологическом картировании и тематических работах группы М.А. Фаворской [15], относил кислые породы района к среднемиоценовой «березовской свите». Площадь, на которой вскрываются эти породы, оценивалась в 1000 км², мощность пород «березовской свиты» – около 1000 м. Доля игнимбритов оценивалась в 25%, а объем кислых пород - в 300 км³.

Позднее к изучению вулканических поясов Камчатки был применен формационный анализ [19]. На Южной Камчатке было выделено три дочетвертичные вулканоматматические формации: 1) миоценовая андезитовая; 2) миоцен-плиоценовая липарито-дацитовая и 3) плиоценовая андезито-базальтовая. Кислые туфы и игнимбриты рассматриваемого района были отнесены к миоцен-плиоценовой липарито-дацитовой формации. Отмечалось, что в отличие от других формаций она имеет ограниченное распространение, а зона ее развития четко вытянута в северо-западном направлении. Было установлено, что размеры зоны развития пород этой формации составляют примерно 50 x 20 км; сама зона была названа Банно-Карымшинской [19].

Необходимо отметить, что в ранних работах крупные вулканические аппараты, расположенные по краям поля развития кислых пород (вулканы гор Шемедоган, Шапочка, Горячая и другие), и многочисленные крупные экструзии и потоки липаритов, встречающиеся в

поле развития туфов и игнимбригов, относились к алнейской серии верхнемиоцен-плиоценового возраста [4, 14, 16].

В начале 90^х годов XX в. В.С.Шеймовичем с соавторами были получены новые данные о К-Аг возрасте пород рассматриваемого района [12, 13, 18]. На основе этих определений возраст кислых туфов и игнимбригов Банно-Карымшинской зоны был пересмотрен – его омолодили до эоплейстоцена [18]. Возраст риолитовых экструзий был определен, как четвертичный – 0.5-0.8 млн. лет [17, 18]. Новые датировки и резкое омоложение пород дацит-риолитовой формации рассматриваемого района привели к выделению особого Карымшинского вулканического комплекса [20]. В этот комплекс были объединены как мощная, выделявшаяся ранее в рассматриваемом районе толща кислых туфов и игнимбригов, так и многочисленные субвулканические тела, вскрывающиеся в поле кислых пород района. Породы Карымшинского вулканического комплекса, по мнению выделивших его авторов [20], тяготеют к крупной вулкано-тектонической депрессии – Банно-Карымшинской. Границы депрессии были выделены очень условно (см. рис. 1). Депрессия не рассматривалась авторами, как кальдера; туфы и игнимбриги они связывали с экструзиями, считая, что породы Карымшинского комплекса образовались в результате проявления ареального экструзивного вулканизма [20]. В то же время, как отмечали сами авторы, Карымшинский комплекс до сих пор изучен слабо – не установлена его структура, полный петрогеохимический состав, нет ясных представлений о границах Банно-Карымшинской депрессии.

Выделение границ депрессии по участкам.

Далее мы рассмотрим кратко геологическое строение трех участков, которые изучались нами детально. Породы Карымшинского комплекса на всех участках однотипны – это в основном игнимбриги или кристалло-кластические туфы, которые насыщены обломками вкрапленников плагиоклаза, кварца, биотита, составляющими 45-50 % объема породы. Плагиоклаз преобладает, наиболее крупные его обломки достигают 1.5-2 мм, обычные – до 0.5 мм. Встречаются как отдельные зерна, так и фрагменты мономинеральных сростков. Вкрапленники оплавлены, резорбированы, содержат включения расплава. Состояние кварца такое же. Биотит (0.3-0.5 мм) образует чешуйчатые зерна и тонкие лейсты, иногда изогнутые и расщепленные. Основная масса представлена бурым девитрифицированным стеклом, с сохранившимися очертаниями пепловых частиц. По составу породы отвечают риолиту и имеют 70-72% SiO₂.

Участок «Верховья р. Банная». Можно отметить несколько особенностей залегания пород Карымшинского комплекса в рассматриваемом районе. Во-первых, во многих местах установлено их прислонение к лавам, слагающим вулканы гор Горячая и Ягодная и выклинивание на их склонах (рис. 2). Западнее – в долине р. Банная ниже Больше-Банных источников породы комплекса отсутствуют. Во-вторых, установлено резкое нарастание мощности

отложений Карымшинского комплекса к востоку от гор Горячая и Ягодная, где общая видимая мощность этих отложений превышает 1000 м (рис. 3). В-третьих, в верховьях р. Пр. Карымчина среди толщи туфов выявлен протяженный пласт вулканических стекол мощностью 20-25 м, который может рассматриваться как маркирующий горизонт. Пласт стекол был прослежен вдоль северных склонов долины р. Пр. Карымчина на протяжении 7-8 км, при этом было установлено, что залегание его горизонтальное.

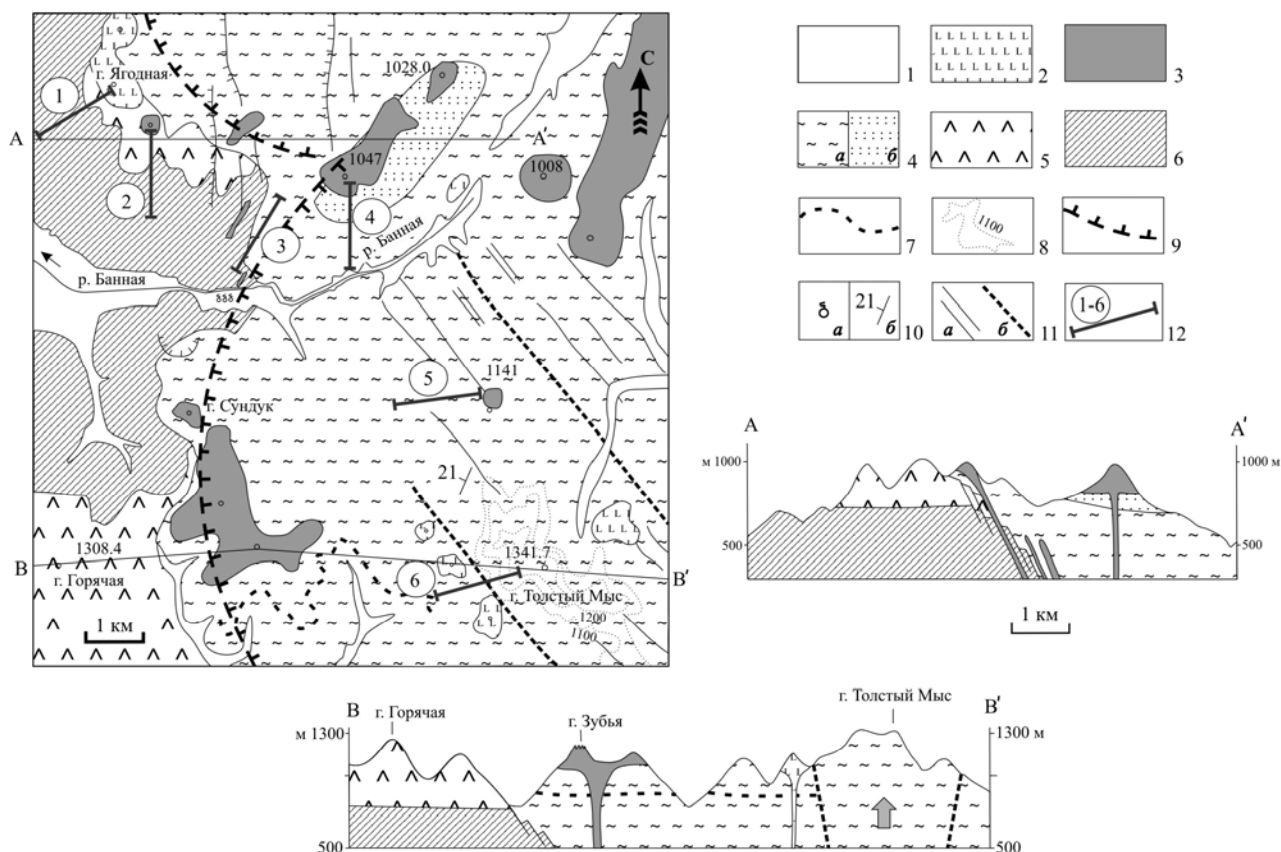


Рис. 2. Схема геологического строения и геологические разрезы участка «верховья р. Банная». 1 – отложения долин рек (верхний плейстоцен - голоцен); 2 – небольшие вулканические постройки, сложенные базальтовыми лавами (средний плейстоцен); 3 – экструзии, дайки и потоки, сложенные риолитами и риодацитами (средний плейстоцен); 4 – туфы и игнимбрита Карымшинского комплекса (а) (эоплейстоцен), туфопесчаники, туфоалевролиты - озерные отложения (б) (нижний плейстоцен); 5 – лавы дацитового состава, слагающие массивы гор Горячая и Ягодная (верхний плейстоцен); 6 – нерасчлененные отложения олигоцен-плиоценового возраста; 7 – маркирующий горизонт дацитовых лав в толще пород Карымшинского комплекса; 8 – изолинии рельефа в районе горы Толстый Мыс (в метрах); 9 – реконструированные границы крупных депрессий, заполненных породами Карымшинского комплекса; 10 – термальные источники (а), элементы залегания (б); 11 – разрывные нарушения: (а) – трещины и сбросы, (б) – взбросы, ограничивающие по краям поднятие горы Толстый Мыс; 12 – места расположения разрезов (1-6), показанных на рис. 3. А-А', В-В' – линии разрезов. Стрелкой, направленной вверх, показан поднятый блок горы Толстый Мыс.

Особо следует сказать о массиве горы Толстый Мыс. Ранее эта возвышенность рассматривалась как вулкан, причем возраст его считался миоценовым, он относился к наиболее древним вулканам района [14]. Наши работы показали, что гора Толстый Мыс – наиболее высокая в районе, сложена теми же туфами и игнимбритами Карымшинского комплекса, что и окружающие районы (см. рис. 2). Особенность в том, что на горе Толстый Мыс породы комплекса значительно подняты, а залегание их изменено. Мы рассматриваем гору Толстый

Мыс, как блоковое поднятие. Ограничивают поднятие отчетливо выраженные в рельефе разломы северо-западного направления. Кроме того, вдоль границ поднятия, как с юго-запада, так и с северо-востока сформировались многочисленные мелкие вулканы и экструзии базальтового и андезибазальтового состава, свидетельствующие о наличии глубоких длительно существующих проницаемых зон, расположенных вдоль границ поднятого блока. По отстроенным нами профилям можно оценить амплитуду поднятия блока горы Толстый Мыс – она составляет не менее 200 м (см. рис. 2).

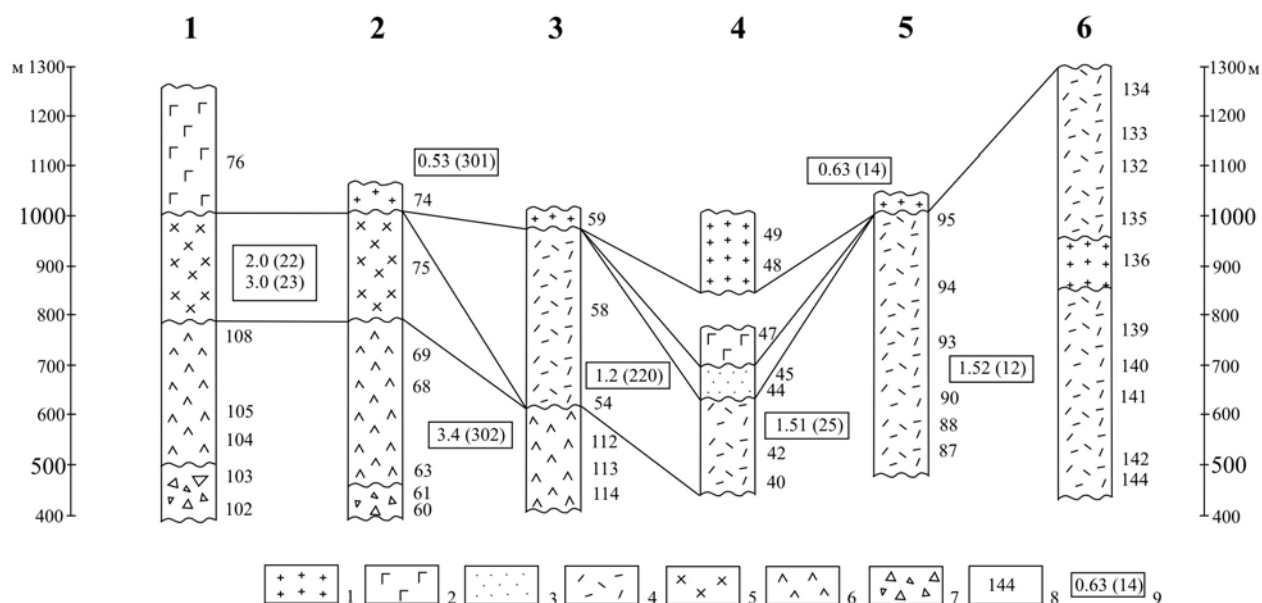


Рис. 3. Сопоставление разрезов отложений, вскрытых в бортах р. Банная и на склонах горы Толстый Мыс. Местоположение разрезов (1-6) показано на рис. 2. 1 – риолиты; 2 – базальты; 3 – туфопесчаники, туфогравелиты; 4 – игнимбриты, кристаллокластические туфы; 5 – дациты; 6 – андезиты (субвулканические тела); 7 – туфы, туфобрекчии; 8 – номера образцов; 9 – K-Ar возраст, млн. лет, в скобках – номер образца, по [17].

Исходя из выявленных условий залегания отложений Карымшинского комплекса, мы считаем, что граница кальдеры в рассматриваемом районе имеет субмеридиональное направление. Она проходит от верховий р. Пр. Карымчина вдоль подножия горы Горячая к Больше-Банным источникам и далее на северо-восток вдоль долины ручья к перевалу, расположенному рядом с экструзией 1047.0 м. Эта часть границ кальдеры образует дугу с радиусом около 7 км и центром вблизи северного подножия горы Толстый Мыс. В северной части рассматриваемого района граница отклоняется на запад – там расположен, по-видимому, край другой депрессии, центр которой находится севернее рассматриваемого участка.

Участок «Перевал» расположен вблизи водораздела рек Карымшина и Карымчина. На данном участке отложения Карымшинского вулканогенного комплекса занимают всю северную часть, приуроченную к верховьям рек Карымшина, Овражья, Поперечная (рис. 4). Южнее, в верховьях рек Средняя и Левая Карымчина породы комплекса не обнаружены.

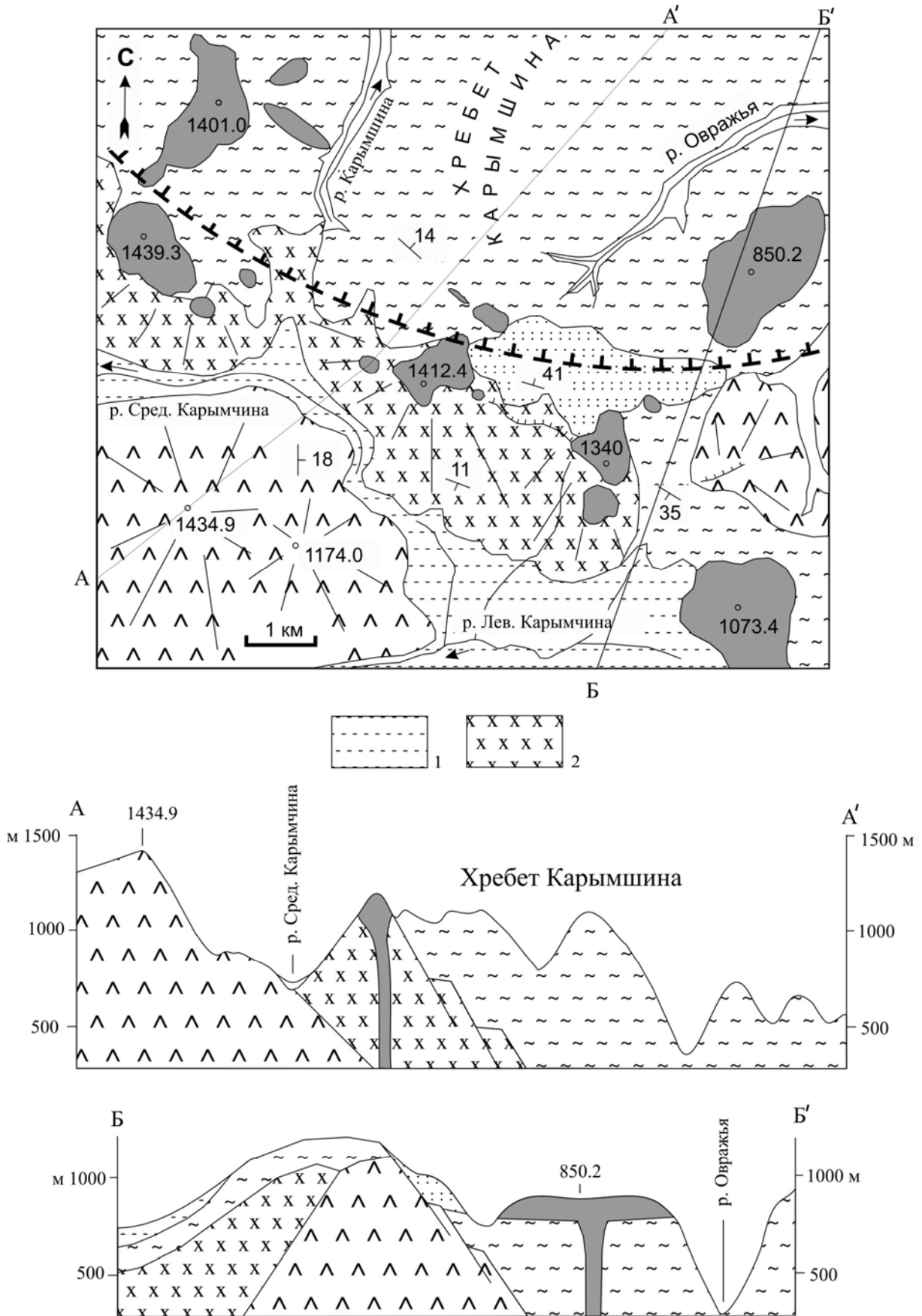


Рис. 4. Схема геологического строения и геологические разрезы участка «Перевал». 1 – игнимбриты вулкана Горелый (верхний плейстоцен); 2 – риолитовые и риодацитовые лавы, слагающие ряд небольших построек, расположенных вдоль южной границы кальдеры (верхний плиоцен). Остальные условные обозначения см. рис. 2.

Соответственно граница кальдеры здесь проходит по водораздельным гребням грубо в субширотном направлении. Породы комплекса прослежены в приводораздельной части до абсолютных отметок 1000-1100 м, при этом во многих местах в верхней части разрезов комплекса установлены тонкослоистые отложения озерного генезиса – туфоалевролиты, туфопесчаники. Повсеместно установлено прилегание пород комплекса к лавам, представляющим останцы вулканов, формировавших борта кальдеры. Как и на предыдущем участке, вблизи ее границ здесь широко развиты экструзивные купола, дайки, останцы коротких лавовых потоков, сложенные риолитами и риодацитами. Во многих случаях они слагают водораздельные гребни.

В южной части участка установлено залегание игнимбритов Карымшинского комплекса на внешнем склоне кальдеры – пласт игнимбритов круто падает на юго-запад, облекая рельеф (см. рис. 4). Это один из немногих участков, где сохранились игнимбриты в понижении борта кальдеры – ситуация, обычная для многих кальдер Камчатки и мира [9, 25].

Борт кальдеры на рассматриваемом участке слагают останцы нескольких вулканов, постройки которых в значительной степени разрушены, но могут быть реконструированы по элементам залегания слагающих их лав. Две постройки выделяются на левом борту р. Средняя Карымчина. Одна – крупный вулкан, выделенный ранее В.С. Шеймовичем [16] и названный им вулканом Лев. Карымчина (отметка 1434.9 м). Другой вулкан расположен восточнее, его наивысшая отметка – 1174.0 м. Эти вулканы имеют состав лав, меняющийся от базальтов до андезитов. К северо-востоку от них полосой северо-западного простирания расположены три небольших вулкана (диаметром 3-4 км), сложенных лавами, имеющими состав от дацитов до риолитов. Именно эти постройки составляют борт кальдеры на рассматриваемом участке.

Участок «Бабий Камень». Геологическое строение данного участка изучено достаточно хорошо [6, 14, 15]. Породы Карымшинского риодацитового комплекса представлены здесь мощной толщей плотно спекшихся игнимбритов (рис. 5). Самую верхнюю часть разреза здесь, как и на предыдущем участке, занимают тонкослоистые отложения озерного генезиса – туфоалевролиты, туфопесчаники. В целом, породы Карымшинского комплекса слагают весь разрез (около 1000 м мощностью) в западной части участка и выклиниваются постепенно к восточной его части (см. рис. 5). Граница кальдеры проходит, таким образом, здесь примерно по центру участка, вблизи экструзий сопки Горячая и Бабий Камень. Сами эти экструзивные купола, как и наиболее крупные купола на других описанных выше участках, сложены теми же кварц-биотитовыми риолитами. И так же, как на других рассмотренных участках, они приурочены, по-видимому, к разломам, ограничивающим кальдеру, в данном случае к разломам, ограничивающим ее с востока.

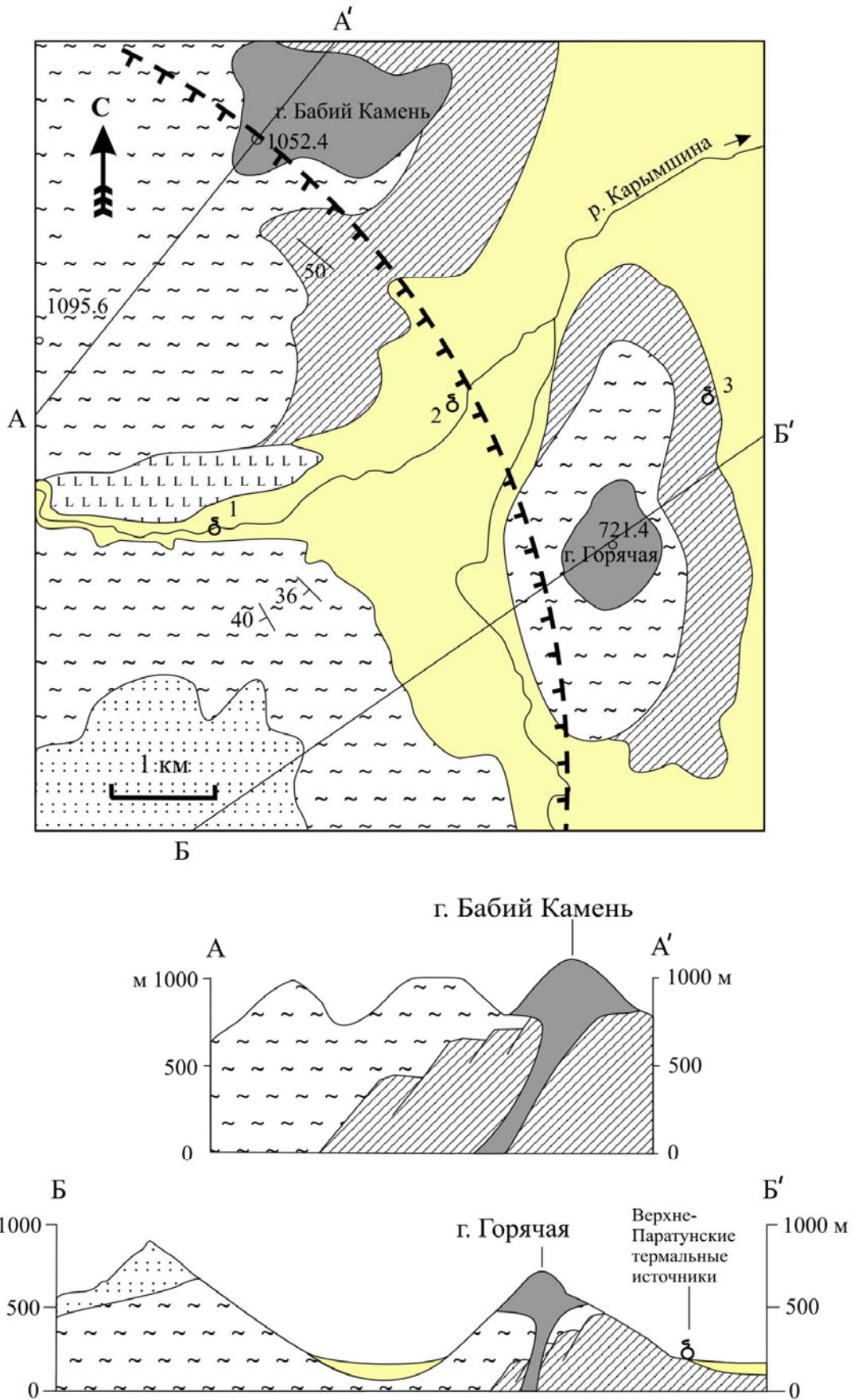


Рис. 5. Схема геологического строения и геологические разрезы участка «Бабий Камень». Усл. обозначения см. рис. 2. Термальные источники: 1 – Верхне-Карымшинские, 2 – Карымшинские, 3 – Верхне-Паратунские.

Обсуждение полученных данных.

Приведенные новые данные о геологическом строении трех участков, расположенных в верховьях рек Банная и Карымчина и на реке Карымшина, позволяют сделать вывод, что в данном районе расположена крупная резургентная кальдера. Она вытянута в северо-западном направлении, имеет размеры: по короткой оси – 15 км, по длинной – 25 км (рис. 6), и, таким образом, является крупнейшей из известных в настоящее время кальдер Камчатки. Особенностью данной структуры и ее отличием от других кальдер, известных на Камчатке, является то, что внутри нее в северо-западной ее части восстанавливается крупное блоковое поднятие – резургентный купол. В настоящее время установлено, что поднятый блок вытянут в северо-западном направлении и имеет размеры примерно 4 x 12 км. Амплитуда поднятия оценивается в 200 м. Блок имеет четкие тектонические границы, он ограничен по краям разломами северо-западного и северо-восточного простирания.

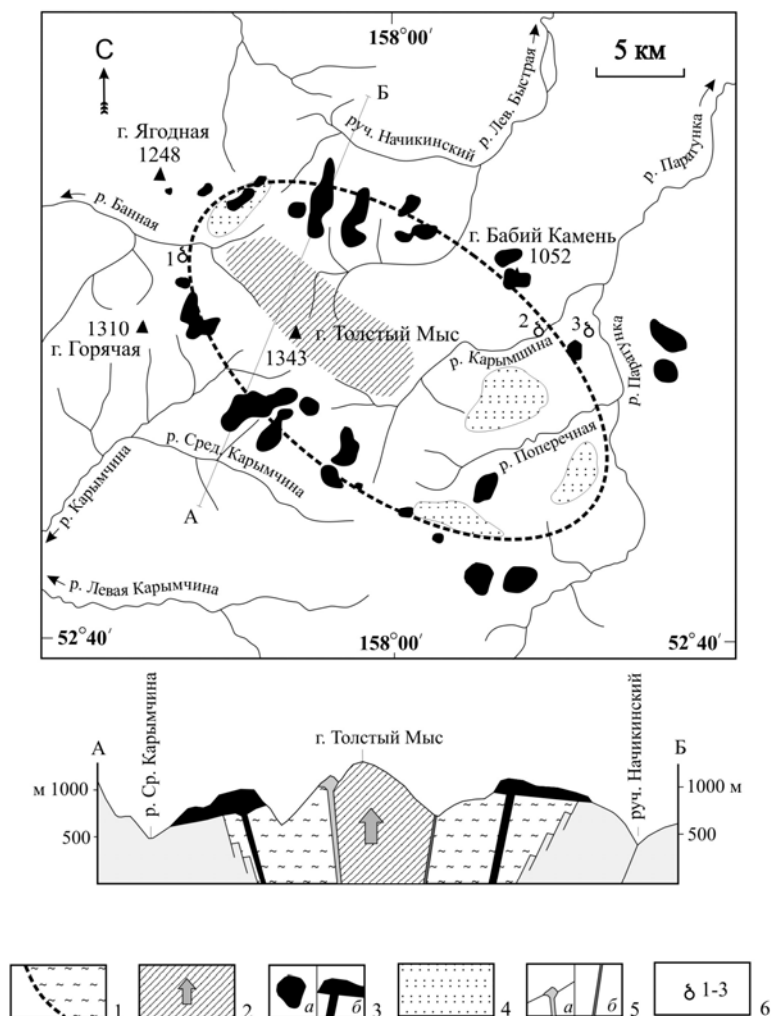


Рис. 6. Обобщенная схема, показывающая границы новой кальдеры и ее внутреннее строение. 1 - границы кальдеры и заполняющие ее отложения (показаны только на разрезе); 2 - резургентное поднятие; 3 - риолитовые экструзии и связанные с ними лавовые потоки: (а) – на схеме, (б) – на разрезе; 4 - районы, где были обнаружены озерные отложения – туфопесчаники, туфоалевролиты; 5 - небольшие вулканические постройки, сложенные базальтовыми лавами (а), рудоносные жилы (б), расположенные по краям резургентного поднятия; 6 – термальные источники (1 – Большие-Банные, 2 – Карымшинские, 3 – Верхне-Паратунские).

Реконструкция озер, заполнявших кальдеру. Хотя большая часть кальдеры заполнена игнимбритами и туфами кислого состава, мощность которых превышает 1000 м, но в юго-восточной части ее выявлено обширное поле развития осадочных пород – песчаников, алевролитов, залегающих выше туфов и игнимбритов. Верхняя граница этих отложений везде имеет абсолютные отметки около 1000-1100 м, и, исходя из этого, можно предполагать, что на этом уровне была поверхность озера, заполнявшего кальдеру (см. рис. 2, 4, 5). Наличие осадочных фаций свидетельствует, что после формирования кальдеры в юго-восточной ее части существовало обширное озеро. Возможно, что озера существовали и в других частях кальдеры – небольшой мощности озерные отложения были встречены также, в частности, в крайней северной части кальдеры (см. рис. 2).

Посткальдерный вулканизм. Особенностью выделенной кальдеры является также то, что по ее краям на посткальдерном этапе произошло внедрение многочисленных риолитовых куполов (см. рис. 6). С некоторыми куполами связаны мощные лавовые потоки, которые залегают с пологим наклоном от центра кальдеры к ее краям. Широкое распространение риолитовых куполов в данном районе известно давно, некоторые купола достаточно хорошо изучены [4], в то же время структурная позиция куполов была не ясна, обычно они рассматривались, как результат ареального риолитового вулканизма [20]. В настоящее время можно утверждать, что большая часть куполов приурочена к выделенной кальдере и тяготеет, в основном, к ее границам. Наиболее крупные купола расположены по краям резургентного блока. В южной части кальдеры купол с плоской вершиной (высота 850 м) расположен на сильно размытой поверхности заполняющих кальдеру туфов и игнимбритов (см. рис. 4, разрез Б-Б'). Этот факт свидетельствует, что внедрение риолитов происходило и значительно позже формирования депрессии, когда заполняющие ее отложения были уже сильно эродированы.

Возраст кальдеры. Имеющиеся в настоящее время данные о возрасте туфов и игнимбритов Карымшинского вулканического комплекса [17, 18] позволяют считать, что время образования описанной в этой статье кальдеры – 1.2-1.5 млн. лет. Возраст риолитов, слагающих многочисленные купола, расположенные внутри и по краям кальдеры, по имеющимся данным [17, 18] – 0.5-0.8 млн. лет. Можно предполагать, что именно в это время сформировалось резургентное поднятие в кальдере.

Объем пород, изверженных при образовании кальдеры. Объем пироклаستيки, выброшенной при образовании описанной кальдеры, оценить сложно, так как, в основном, она уничтожена эрозией. Можно примерно оценить ее объем, основываясь на размерах кальдеры и расчетах, приведенных в [26].

Известно, что изверженный материал, формирующийся при образовании крупных кальдер, отлагается, во-первых, внутри кальдер, во-вторых – в виде игнимбритовых покровов вокруг кальдер, в-третьих, в виде пепла, который может разноситься на большие рас-

стояния. Полный объем изверженного материала является суммой этих трех составляющих. Почти все известные крупнообъемные игнимбритообразующие извержения происходили на Земле достаточно давно, миллионы лет назад. В частности, в [26] выделяется два периода, когда такие извержения происходили особенно часто – от 1 до 13 млн. лет и от 25 до 37 млн. лет назад. Большая часть материала, выброшенного при этих извержениях, к настоящему времени уже уничтожена эрозией или скрыта под более молодыми отложениями. Из-за этого посчитать истинные объемы изверженного материала чаще всего нельзя, но можно сделать косвенные оценки этих объемов.

Основываясь на расчетах, приведенных в [24, 26, 30], можно приблизительно принять, что в пересчете на плотную породу, три составляющие полного объема изверженных продуктов, связанных с крупными кальдерами – внутрикальдерного заполнения, покровов игнимбритов вокруг кальдер и пеплов, унесенных на далекие расстояния – примерно равны. Исходя из этого и зная объем внутрикальдерных отложений для выделенной нами кальдеры (около 300 км^3), мы можем оценить общий объем пород, связанных с ней. В пересчете на плотную породу объем внутрикальдерного заполнения составит (принимая плотность магмы 2.4 г/см^3 , а плотность игнимбритов – 2.2 г/см^3) – 275 км^3 . Общий объем материала, извергнутого при образовании кальдеры, составит, соответственно, около 825 км^3 .

Б. Мэйсон с соавторами [26] предложили относить к крупнейшим эксплозивным извержениям на Земле те извержения, у которых масса выброшенного материала превышает 10^{15} кг. В последние годы именно такие извержения стали называть «суперизвержениями», а места, откуда они происходят – «супервулканами» [5]. В обзоре, представленном в [26] приведены данные о 47 таких извержениях, которые произошли в разных местах Земли в период от ордовика до плейстоцена. Формирование кальдеры, описанной в данной статье, также можно с полным правом относить к «суперизвержениям», так как исходя из общего объема выброшенных при образовании этой кальдеры пород (825 км^3) их масса составит 2×10^{15} кг. Если оценивать масштабы извержений исходя из их магнитуды [27], то к крупнейшим, согласно [26], следует относить извержения с магнитудой 8 и более. Магнитуду извержений, которые происходили при образовании кальдеры в рассматриваемом районе, можно оценить в 8.1-8.3 [26].

Выводы

1. В области развития пород Карымшинского вулканического комплекса, выделенного ранее на Южной Камчатке [20], выявлена новая крупная кальдера, определены ее размеры (15×25 км). Кальдера не совпадает с выделявшимися ранее в данном районе вулкано-тектоническими депрессиями - Карымшинской [10] и Банно-Карымшинской [20].

2. В северо-западной части выделенной кальдеры реконструировано структурное поднятие, которое рассматривается, как резургентный купол. Определено, что поднятие име-

ет размеры – 4 x 12 км и вытянуто в северо-западном направлении. Амплитуда поднятия оценена в 200 м. Поднятый участок ограничен прямолинейными разломами северо-восточного и северо-западного простираний. Реконструированы также границы озера, существовавшего в кальдере южнее резургентного поднятия.

3. Выявлено, что породы Карымшинского комплекса (преимущественно кислые туфы и игнимбриты), заполняющие кальдере, повсеместно прилегают к лавам, слагающим вулканы гор Горячая, Ягодная, Лев. Карымчина и др., которые вытянуты полосой северо-западного простирания вдоль западных границ выделенной кальдеры. Таким образом, однозначно установлено, что перечисленные вулканы – более древние и должны рассматриваться как свидетельства мощного этапа вулканизма, предшествовавшего кальдерообразованию.

4. Получены новые данные о позиции риолитовых куполов, широко развитых в районе. Показано, что они приурочены, в основном, к границам выделенной кальдеры и к границам расположенного в ней резургентного купола. Большая часть куполов внедрялась значительно позже формирования кальдеры, они имеют возраст по [17, 18] 0.5-0.8 млн. лет и их необходимо рассматривать как следствие посткальдерного вулканизма. Выделен также этап посткальдерного базальтового вулканизма, проявления которого приурочены строго к границам резургентного купола.

5. Рассчитан примерный объем изверженных продуктов, выброшенных при формировании выделенной кальдеры, он составил около 825 км^3 или по массе – 2×10^{15} кг. Это извержение, таким образом, необходимо рассматривать как крупнейшее из известных до сих пор на Камчатке и как одно из крупнейших извержений в мире [26].

Авторы благодарны директору базы «Лесная» Ю.А.Куракину за любезное разрешение пользоваться их базой при работе на Больше-Баннх источниках и за помощь с транспортом при проведении полевых работ. Большую помощь оказали также Р.Л.Дунин-Барковский, который помог определить плотность игнимбритов, Е.Н. Гриб, помогавшая в изучении шлифов, и Л.В.Ким, которая помогла подготовить рукопись к печати. Всем им авторы глубоко благодарны.

Работа выполнена в рамках проектов ДВО РАН №№ 04-III-A-08-036, 05-III-A-08-068 и 06-III-A-08-329, и по проекту РФФИ № 05-05-64730.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьев В.В. Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью // Современный вулканизм: Тр. II Всесоюз. вулканол. совещ., 3-17 сент. 1964 г. М.: Наука, 1966. Т. I. С. 118-126.

2. Априлков С.Е. Тектоника и история вулканизма Южной Камчатки // Геотектоника. 1971. № 2. С.105-111.
3. Априлков С.Е., Иванов Б.В., Попруженко С.В. Тектоника и геодинамическая эволюция юго-восточной Камчатки (Петропавловский геодинамический полигон) // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 4. С. 16-28.
4. Априлков С.Е., Шеймович В.С. Плиоценовые экструзии Юго-Восточной Камчатки // Вулканизм Камчатки и некоторых других районов СССР. М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1963. С. 132-141.
5. Биндеман И. Тайная жизнь супервулканов // В мире науки. 2006. № 10. С. 70-75.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXI (Северные Коряки), N-57-XXVII (Петропавловск-Камчатский), N-57-XXXIII (сopка Мутновская). Объяснительная записка. М.: ВСЕГЕИ, 2000. 302 с.
7. Зубин М.И. Геофизические поля и глубинное строение по геофизическим данным // Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. С.10-19.
8. Краткая объяснительная записка // Карта полезных ископаемых Камчатской области, масштаба 1:500000. Петропавловск-Камчатский, 1999. 563 с.
9. Леонов В.Л. Четвертичные кальдеры Камчатки: обзор, классификация, структурная позиция // Вулканология и сейсмология. 2003. № 2. С. 13-26.
10. Лоншаков Е.А. Ряды вулcano-тектонических структур и структурно-вещественные парагенезисы Южно-Камчатского района // Бюл. вулканол. станций. 1979. № 57. С. 79-91.
11. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с.
12. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
13. Петренко И.Д., Большаков Н.М. Структурная позиция и возраст золотосеребряного оруденения Южной Камчатки на примере Мутновского месторождения // Тихоокеанская геология. 1991. № 5. С. 100-111.
14. Сержников А.И., Зимин В.М. Геологическое строение Паратунского геотермального района, влияние отдельных геологических факторов на современную гидротермальную деятельность // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 115-142.
15. Фаворская М.А., Волчанская И.К., Фрих-Хар Д.И. и др. Магматизм Юго-Восточной Камчатки и его связь с процессами тектонической активизации. М.: Наука, 1965. 148 с.
16. Шеймович В.С. Игнимбриты Камчатки. М.: Недра, 1979. 179 с.
17. Шеймович В.С., Головин Д.И. Возраст кислых вулканитов района Больше-Банных источников // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 21-25.

18. Шеймович В.С., Карпенко М.И. К-Аг – возраст вулканизма на Южной Камчатке // Вулканонология и сейсмология. 1996. № 2. С. 86-90.
19. Шеймович В.С., Патока М.Г. Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Недра, 1989. 208 с.
20. Шеймович В.С., Хацкин С.В. Риодацитовая магматическая формация Юго-Восточной Камчатки // Вулканонология и сейсмология. 1996. № 5. С. 99-105.
21. Bindeman I.N. The Secrets of Supervolcanoes // Scientific American. 2006. № 6. P. 70-75.
22. Chesner C.A., Rose W.I. Stratigraphy of the Toba Tuffs and the evolution of the Toba Caldera Complex, Sumatra, Indonesia // Bul. of Volcanology. 1991. V. 53. № 5. P. 343-356.
23. Christiansen R.L. The Quaternary and Pliocene Yellowstone Plateau Volcanic Field of Wyoming, Idaho, and Montana // U. S. Geological Survey Prof. Paper 729-G. 2001. 146 p.
24. Lipman P.W. The roots of ash flow calderas in western North America: windows into the tops of granitic batholiths // J. Geophys. Res. 1984. V.89. P.8801-8841.
25. Lipman P.W. Calderas // Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. 2000. P. 643-662.
26. Mason B.G., Pyle D.M., Oppenheimer C. The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth // Bul. of Volcanology. 2004. V. 66. P. 735-748.
27. Pyle D.R. Sizes of volcanic eruptions // Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. 2000. P. 263-269.
28. Rampino M.R. Supereruptions as a threat to civilizations on Earth-like planets // Icarus. 2002. V. 156. P. 562-569.
29. Sparks S., Self S., Grattan J. et al. Super-eruptions: global effects and future threats. Report of a Geological Society of London Working Group. 2005. 25 pp.
30. Sparks R.S.J., Walker G.P.L. The significance of vitric-enriched air-fall ashes associated with crystal-enriched ignimbrites // J. Volcanol. Geotherm. Res. 1977. V.2. P. 329-341.

УДК 551.21.03

ПОВТОРЯЕМОСТЬ ИЗВЕРЖЕНИЙ КАРЫМСКОГО ВУЛКАНА И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ПАРОКСИЗМАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ 1-2 ЯНВАРЯ 1996 г. В КАРЫМСКОМ РАЙОНЕ

В.В. Иванов

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

ВВЕДЕНИЕ

Карымский — один из самых активных вулканов мира. Химический состав его продуктов извержений отвечает адезито-дацитам ($\text{SiO}_2 = 60-62\%$), степень кристалличности от 2-