



УДК 551.21

В. Л. Леонов<sup>1</sup>, А. Н. Рогозин<sup>1</sup>, И. Н. Биндеман<sup>2</sup>, О. В. Кувикас<sup>1</sup>,  
Е. С. Кляпицкий<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683 006;  
e-mail: lvl@kscnet.ru

<sup>2</sup> Университет штата Орегон, США; e-mail: Bindeman@uoregon.edu

## Выделение новой кальдеры на Камчатке: границы, возраст, комплекс внутрикальдерных отложений, нерешённые вопросы

В верховьях рек Средняя и Левая Авача на Камчатке выделена новая кальдера, которой дано название — Верхнеавачинская. Определён её возраст. Изучена область распространения и особенности залегания мощной толщи игнимбритов, заполняющих кальдеру.

### Введение

Район исследований расположен в верховьях рек Средняя и Левая Авача на Камчатке и представляет собой высокогорный хребет, протягивающийся в меридиональном направлении на 20–25 км. При геологосъёмочных работах в 1962 году хребет был назван Авачинским [3]. В структурном отношении район представляет собой горст, который получил одноимённое название. К западу от горста расположен меридиональный грабен реки Средняя Авача, в котором расположен вулкан Бакенинг и многочисленные другие центры извержений четвертичного возраста, изучавшиеся многими исследователями [5, 6, 10, 11 и др.]. В более широком плане район рассматривается как купол, которому разные авторы давали названия: Верхнеавачинская купольно-кольцевая структура [9], Авачинско-Кетхойская зона поднятий [2], Авачинско-Ганальский центр эндогенной активности [6]. В центре рассматриваемого района расположена обширная область распространения игнимбритов [4, 6, 12], которые до сих пор детально никто не изучал, даже представления об их составе были противоречивы — одни исследователи отмечали, что они имеют дацитовый состав [12], другие — андезитовый [6]. В работе А. Е. Шанцера и Т. С. Краевой [12] в центре района была выделена кольцевая депрессия, но другие исследователи существование этой депрессии не подтверждали [2, 4, 6].

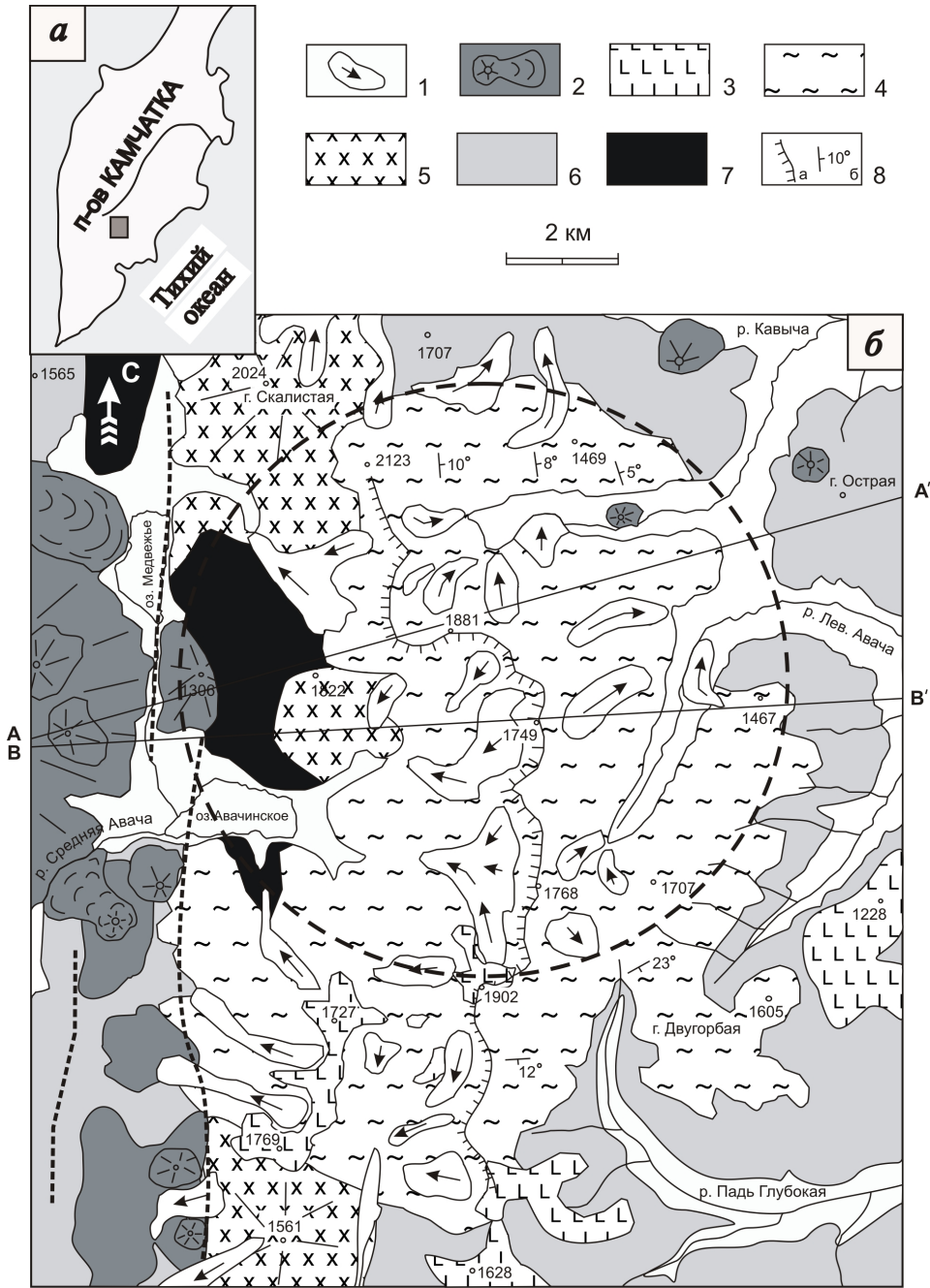
### Результаты работ

Основное внимание в нашей работе мы уделяли игнимбрикам, изучая их разрезы, условия залегания, возраст, структурную приуроченность. В результате этих работ была существенно уточнена стратиграфия отложений, слагающих район, подтверждено существование кольцевой депрессии, выделенной ранее А. Е. Шанцером и Т. С. Краевой [12]. Показано, что депрессия, имея тектонические границы и округлые очертания, представляет собой

кальдеру, которой мы дали название — Верхнеавачинская.

На рис. 1, 2 приведены составленные нами схема геологического строения и геологические разрезы района. Вся вершинную часть Авачинского хребта, протягивающегося в меридиональном направлении, слагают игнимбриты — пирокластические породы, образующиеся при мощных кальдерообразующих извержениях. Разрезы игнимбритов, имеющие мощность более 500 м, вскрыты в крутостенных обрывах на западных склонах хребта. Нами было изучено несколько разрезов, выделено не менее 11 слоев, представляющих собой отложения серии пирокластических потоков [7, 9]. Мощность отдельных слоев игнимбритов колеблется от 10 до 60 м. Результаты картирования позволили сделать вывод, что игнимбриты распространены локально и приурочены к крупной округлой в плане впадине, диаметром около 10 км. Границы этой впадины тектонические — они были прослежены во многих местах, где игнимбриты прилегают к более древним породам — лавам и агломератовым туфам андезитового и базальтового состава. Слои игнимбритов и туфов внутри депрессии залегают большей частью горизонтально. На севере района наблюдалось падение толщи игнимбритов в восточном направлении, при этом в привершинной части горста углы падения составляют 10–12°, а к востоку они постепенно уменьшаются до 5° (рис. 1). В южной части района наблюдалось падение толщи игнимбритов на юг. Изучение петрохимии игнимбритов (30 валовых химических анализов) показало, что состав их изменяется от базальтов до андезитов ( $\text{SiO}_2$  51,2–59,9%) [7, 9]. Для Камчатки игнимбриты такого состава не характерны.

Объём пирокластики, выброшенной при образовании описанной кальдеры, оценить сложно, так как, в основном, она уничтожена эрозией. Можно примерно оценить её объём, основываясь на разме-

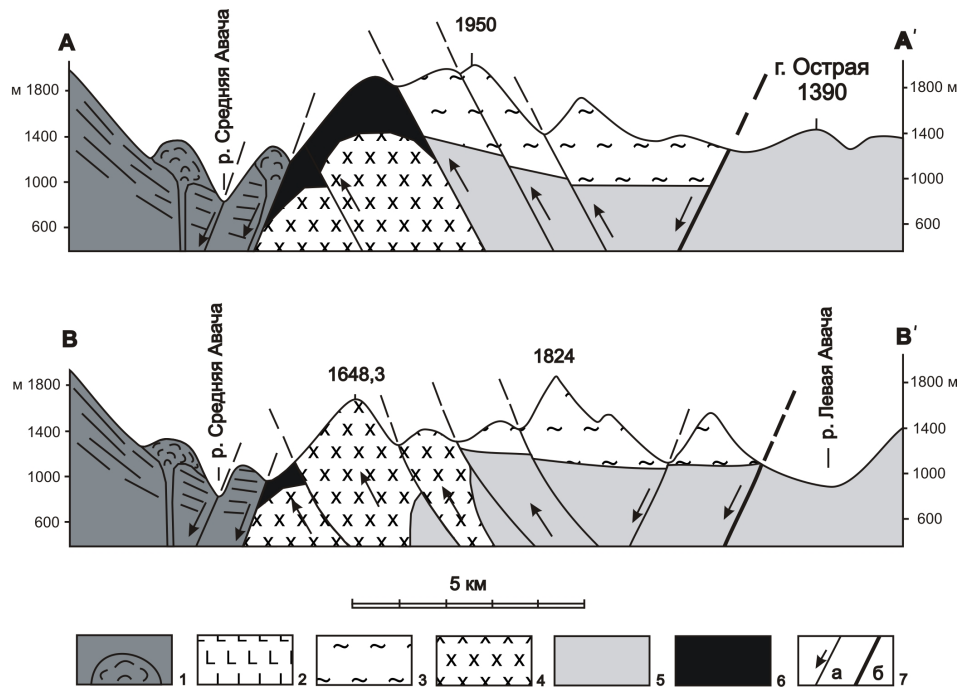


**Рис. 1.** Схема геологического строения верхьев рек Левая Авача и Кавыча. 1 – нерасчленённые аллювиальные, ледниковые и обвально-оползневые отложения, стрелкой показаны направления движения оползней (поздний плейстоцен – голоцен); 2 – вулканические постройки и связанные с ними лавовые потоки (плейстоцен); 3 – лавы андезитового состава (плиоцен – ранний плейстоцен); 4 – игнимбриты (верхний миоцен); 5 – интрузии диоритов (верхний миоцен); 6 – лавы андезитового, базальтового состава, агломератовые туфы (миоцен); 7 – алевролиты, аргиллиты, песчаники (верхний мел); 8, а – обрывы Авачинского хребта, б – элементы залегания пород. На врезке вверху слева (а) показано место расположения района исследования. А-А', В-В' – линии разрезов, показанных на рис. 2. Пунктирный круг в центре – границы выделенной кальдеры.

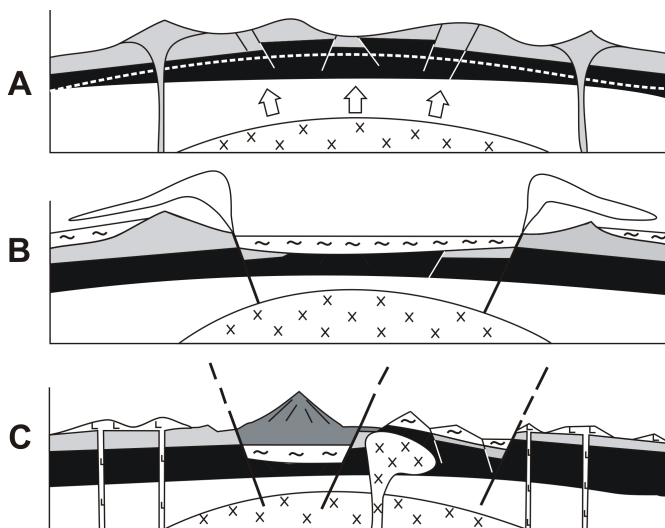
рах кальдеры и расчётах, приведённых в [14]. Такие расчёты показывают, что объём магмы, выброшенной при образовании кальдеры, составлял примерно 220–230 км<sup>3</sup>.

По двум образцам был определён возраст игнимбритов, заполняющих новую кальдеру (определение возраста сделано Ag-Ag методом в рамках

работ, проведённых по гранту NSF №EAR-0537872 [13]). Возраст игнимбрита из нижней части разреза определён в 5,78 млн. лет, возраст игнимбрита из верхней части разреза – в 5,58 млн. лет. Длительность формирования 500-метровой толщи игнимбритов, заполняющих новую кальдеру, определена, таким образом, примерно в 200 тыс. лет. Ранее воз-



**Рис. 2.** Геологические разрезы (расположение их см. на рис. 1). Условные обозначения: 1–6 — см. 2–7 на рис. 1; 7 — а) линии разломов и направления подвижек по ним, б) границы кальдеры.



**Рис. 3.** Этапы формирования структуры. А — начало формирования купольно-кольцевой структуры и магматического очага в её недрах, глыбовые поднятия в центре района (верхний миоцен). В — формирование кальдеры и толщи игнимбритов, заполнивших её (верхний миоцен, около 5,5 млн. лет назад). С — плиоцен-плейстоценовый вулканизм, формирование грабена реки Средняя Авача и новых поднятий, связанных с формированием Авачинского горста, в центре района.

раст игнимбритов данного района на основе палеомагнитных данных определялся как плиоценовый (2–3,6 млн. лет) [4].

Взаимоотношения пород, слагающих район, показаны на разрезах (рис. 2). Нами было установлено

существование крупных меридиональных взбросов, протягивающихся вдоль Авачинского хребта. Подвижки по ним привели к тому, что в осевой части хребта породы как бы задраны — их залегание оказалось гораздо более крутым, чем на периферии хребта. Наиболее древние породы — алевролиты, аргиллиты и песчаники верхнемелового возраста, а также интрузии диоритов, относящиеся к до-кальдерному комплексу, выходят вдоль западного подножия хребта. Эти данные подтверждают вывод, сделанный в [3], что Авачинский горст имеет асимметричное строение.

К посткальдерному комплексу относятся многочисленные постройки крупных вулканов, сложенных преимущественно лавами и пирокластикой андезитового состава — их подробное описание сделано в [6], где обоснован и их возраст — плиоцен-раннеплейстоценовый. Значительное поднятие территории, тектонические, вулканические и эрозионные процессы в плиоцен-плейстоценовое время привели к тому, что от кальдеры остались лишь фрагменты. Все отложения, связанные с образованием кальдеры и расположенные за её пределами, уничтожены эрозией. Часть дна кальдеры погружена при образовании грабена реки Средняя Авача. Сохранилась лишь часть заполнения кальдеры — игнимбриты, поднятые в осевой зоне Авачинского горста. Основные этапы развития структуры района, которые можно восстановить исходя из имеющихся данных, показаны на рис. 3.

#### Нерешённые вопросы

Выделение описанной выше кальдеры и определение её возраста ставят много новых вопросов.

Что это был за этап эксплозивного вулканизма — верхнемиоценовый? Связан ли этот этап вулканизма с особыми геодинамическими условиями, когда на Камчатке произошёл «перескок» вулканической дуги [1]? Почему игнимбриды данного района имеют столь необычный состав — андезитовый и андезибазальтовый? Как они образовались? За счёт каких процессов андезибазальтовая магма была насыщена летучими? Могут ли быть многочисленные интрузии данного района, которые хорошо изучены, вскрыты эрозией апофизами крупного магматического очага, из которого произошло извержение игнимбридов? Какие вулканы существовали в этом районе на докальдерном этапе? Ответов на эти и множество других вопросов пока нет. Необходимы дальнейшие работы по изучению этой новой необычной структуры.

### Выводы

Подтверждено существование в изученном районе выделенной ранее [12] субкольцевой депрессии. Уточнены её границы. Показано, что она заполнена мощной толщей (более 1000 м) игнимбридов, то есть, представляет собой кальдеру, которой дано название — Верхнеавачинская.

Определён возраст игнимбридов, связанных с этой кальдерой. Время её формирования оценивается в 5,78 млн. лет — это наиболее древняя кальдера из известных на Камчатке.

Изучен состав игнимбридов, связанных с новой кальдерой, показано, что они имеют андезитовый, андезибазальтовый и базальтовый состав и этим существенно отличаются от игнимбридов четвертичного возраста, известных на Камчатке.

Работа выполнена при частичном финансировании по проектам ДВО РАН № 09-1-П16-05, № 09-III-A-08-424 и № 11-III-B-08-203.

### Список литературы

1. Авдейко Г. П., Палуева А. А., Хлебородова О. А. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы // Петрология, 2006. Том. 14. № 3. С. 248–265.
2. Алискеров А. А. Оруденение малоглубинного магматизма (Авачинско-Кетхойская зона поднятий). М.: Наука, 1980. 94 с.
3. Апрельков С. Е. Неотектоника бассейнов рек Авачи, Гаванки и Налачевой // Вопросы географии Камчатки, 1965. Вып. 3. С. 75–81.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:200 000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXVII, N-57-XXXIII (Объяснительная записка. Составитель Шеймович В. С.). М., 2000. 302 с.
5. Дирксен О. В., Мелекесцев И. В. Хронология, динамика формирования и морфология эруптивных центров голоценового этапа ареального вулканизма бассейна р. Авача (Камчатка, Россия) // Вулканология и сейсмология, 1999. № 1. С. 3–19.
6. Егоров О. Н. Структурообразование и магмогенез над верхнемантийными плюмами в вулканическом поясе зоны перехода океан — континент (центры эндогенной активности) /электронный ресурс/ М.: ИФЗ, 2009.
7. Кувикас О. В., Rogozin A. N. Первые результаты изучения 500-метрового разреза игнимбридов (река Кавыча, Восточная Камчатка) // Исследования в области наук о Земле / Мат-лы VII Региональной молодёжной научной конференции, 25 ноября 2009 г. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. В. Беринга. 2009. С. 39–48.
8. Леонов В. Л., Rogozin A. N. Карымшина — гигантская кальдера-супервулкан на Камчатке: границы, строение, объём пирокластики // Вулканология и сейсмология, 2007, № 5. С. 14–28.
9. Rogozin A. N., Кляпицкий Е. С. Петрохимическая характеристика игнимбридов Верхне-Авачинской структуры (по результатам полевых работ 2009–2010 гг.) // Исследования в области наук о Земле / Материалы VIII региональной молодёжной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 7 декабря 2010 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН 2010. С. 29–38.
10. Святловский А. Е. История новейшего вулканизма и образования рельефа в районе вулкана Бакенинг // Тр. Лаб. вулканол. АН СССР. 1956. Вып. 12. С. 53–109.
11. Цюрупа А. И. Хронология и особенности новейшего вулканизма бассейна р. Авачи и смежных территорий // Бюлл. вулканол. станций, 1978. № 55. С. 54–63.
12. Шанцер А. Е., Краевая Т. С. Формационные ряды наземного вулканического пояса. М.: Наука, 1980. 163 с.
13. Bindeman I. N., Leonov V. L., Izbekov P. E. et al. Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar-Ar, U-Pb ages, isotopic, and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2010. Vol. 189. № 1–2. P. 57–80.
14. Mason B. G., Pyle D. M., Oppenheimer C. The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth // Bul. of Volcanology. 2004. Vol. 66. P. 735–748.