

III. ФАЦИАЛЬНО-ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

**НЕОБЫЧНЫЕ ИГНИМБРИТЫ
ВЕРХНЕАВАЧИНСКОЙ КАЛЬДЕРЫ (КАМЧАТКА):
СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

© 2011 г. А. Н. Рогозин, В. Л. Леонов, О. В. Кувикас

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, rogozin@kscnet.ru

Существует два основных понятия термина “игнимбриит”: 1) петрографическое – это горная порода, обладающая эвтакситовой, псевдофлюидалной текстурой, иногда туфовидной, в плотной основной массе выделяются обломки кристаллов, иногда горных пород и линзовидные включения вулканического стекла, названные “фьямме”, вытянутые параллельно подошве и кровле пластов; 2) геологическое – развитые на обширных площадях (до нескольких десятков тысяч км²) сложные геологические тела, состоящие внизу из рыхлого пемзового материала, над ним – плотного лавоподобного спекшегося туфа, выше – частично спекшегося туфа и наверху – рыхлого вулканического материала или несваренного туфа. Эти образования обладают столбчатой отдельностью, часто значительной мощности (до 600 м), имеют горизонтальную верхнюю поверхность. Игнимбрииты часто формируются вследствие извержений, близких к катмайскому типу, порождающих раскаленные пирокластические потоки кислого и среднего состава [Геол. словарь, 1978].

В верховьях рек Авача и Кавыча (Камчатка) расположена обширная область распространения игнимбриитов [Государственная геол. карта..., 2006; Шанцер, Краевая, 1980; Егоров, 2009]. Они приурочены к центру структуры, которую предшествующие исследователи рассматривали как купол, выделяя здесь: Верхнеавачинскую купольно-кольцевую структуру [Шанцер, Краевая, 1980], Авачинско-Кетхойскую зону поднятий [Алискеров, 1980], Авачинско-Ганальский центр эндогенной активности [Егоров, 2009]. По данным [Шанцер, Краевая, 1980, стр. 72] на данной территории “...имело место извержение типа сильного однократного игнимбриитообразующего взрыва с последующей и частично синхронной ему просадкой кровли магматической камеры”. Никто из предшествующих исследователей кальдеру в данном районе не выделял.

В результате работ, проведенных нами в данном районе в 2009–2010 гг, была выделена крупная кальдера – Верхнеавачинская [Леонов и др., 2011].

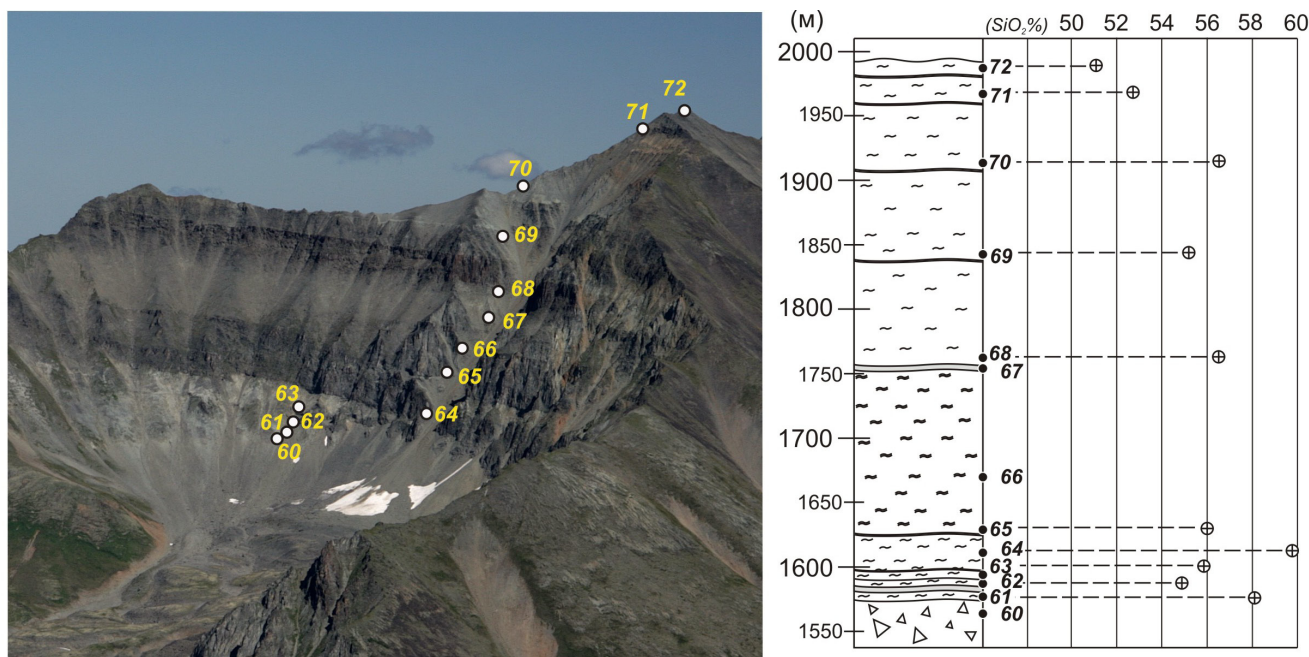


Рис. 1. Слева – фотография толщи игнимбриитов в верховьях реки Средняя Авача (район оз. Авачинское). Фото Рогозина А.Н. Точками показаны места отбора образцов. В правой части рисунка приведен схематический разрез толщи игнимбриитов и показано содержания SiO₂ в породах.

Детально изучены разрезы игнимбригов [Кувиас и др., 2009; Рогозин, Кляпицкий, 2010]. Уточнена карта распространения их на территории рассматриваемого района. Объем магмы выброшенной при образовании кальдеры был оценен примерно в 400 км^3 . Разрез толщи игнимбригов в верховьях реки Средняя Авача (район оз. Авачинское) был изучен нами детально (рис. 1). Общая мощность его – более 500 м. В разрезе выделены 11 слоев, представляющих собой отложения серии пирокластических потоков. Мощность отдельных слоев игнимбригов составляет 40–60 м, максимальная – около 125 м, минимальная – около 10 м. Изучение данного разреза показало, что процесс формирования толщи игнимбригов в этом районе был длительным и сложным, что это не был “однократный игнимбригообразующий взрыв” как это было отмечено ранее в монографии [Шанцер, Краева, 1980]. Также было выявлено, что снизу вверх по разрезу (рис. 1) наблюдается постепенное уменьшение содержания SiO_2 в породах от среднего (59.1%) до основного (51.2%) состава.

В 2010 г. в результате совместных работ по гранту NSF № EAR-0537872 (руководитель И.Н. Биндеман) Ar-Ar методом по двум образцам из описанного выше разреза (рис. 1) был определен возраст игнимбригов рассматриваемого района – возраст игнимбрига из нижней части разреза определен в 5.78 млн. лет, возраст игнимбрига из верхней части разреза – в 5.58 млн. лет. Длительность формирования 500-метровой толщи игнимбригов была определена, таким образом, примерно в 200 тыс. лет. Проведенные работы позволили сделать вывод, что игнимбриги верховьев р. Авача является одними из самых древних из известных в настоящее время на Камчатке. [Леонов и др., 2011]

Изучение петрохимии игнимбригов Верхнеавачинской кальдеры (30 валовых химических анализов) показало, что их состав изменяется от базальтов до андезитов (SiO_2 51.2–59.9%). Для Камчатки игнимбриги такого состава не характерны и встречаются в таком большом объеме впервые. На полуострове известны крупные поля игнимбригов четвертичного возраста, занимающие большие площади [Леонов, Гриб, 2004]. Достаточно хорошо изучены игнимбриги Узон-Гейзерной депрессии [Гриб, Леонов, 1993], кальдер Стены-Соболиной (Карымский вулканический центр) [Леонов и др., 2000], Большого Семячика [Гриб, Леонов, 1992], вулкана Горелого [Шеймович, Патока, 2000]; менее изучены игнимбриги кальдеры Карымшина [Леонов, Рогозин, 2007]. Все эти игнимбриги имеют преимущественно кислый состав (дацитовый, риодацитовый, риолитовый). Чтобы показать необычность игнимбригов выделенной структуры для Камчатки нами для сравнения были использованы химические анализы игнимбригов из вышеупомянутых районов полуострова.

На диаграмме “сумма щелочей – кремнезем” (TAS) (рис. 2а.) видно, что игнимбриги Верхнеавачинской кальдеры попадают в область нормальнощелочных пород основного и среднего состава. Игнимбриги кальдеры вулкана Горелый лежат на границе между умереннощелочными и нормальнощелочными породами трахиандезитового и трахидацитового состава (рис. 2а. 3, 4). Игнимбриги кальдеры Карымшина занимают обширное поле от низкощелочных и нормальнощелочных дацитов, риодацитов, риолитов до умереннощелочных трахидацитов (рис. 2а. 2). Игнимбриги Большого Семячика, Узон-Гейзерной депрессии и кальдеры Стена-Соболиная, в основном, занимают поле нормальнощелочных пород кислого состава (рис. 2а. 5, 6, 7). По содержанию K_2O игнимбриги Верхнеавачинской кальдеры (рис. 2б, 1) попадают большей частью в поле умереннокалиевых пород, хотя есть три образца, которые находятся в области высококалиевых пород. Игнимбриги других районов Камчатки занимают поле умереннокалиевых пород, и только некоторые из игнимбригов кальдер вулкана Горелого (рис. 2б, 3, 4) и кальдеры Карымшина (рис. 2б, 2) попадают в область высококалиевых пород. По критерию Миаширо (FeO^*/MgO) видно, что игнимбриги Верхнеавачинской кальдеры располагаются вблизи границ серий, хотя большая часть попадает в область известковощелочных пород (рис. 2в, 1). Игнимбриги кальдеры вулкана Горелого (рис. 2в. 3, 4) располагаются, в основном, вблизи границы серий, попадая как в толеитовую, так и в известковощелочную серии. Остальные игнимбриги сравниваемых районов в большей части лежат в поле известковощелочных пород. С увеличением содержания SiO_2 в игнимбригах Верхнеавачинской кальдеры резко уменьшается содержание MgO (6.7–2.5%). Менее резко уменьшается содержание CaO , FeO^* , Al_2O_3 при увеличении содержания SiO_2 от базальтов до андезитов. Содержание Na_2O и K_2O при возрастании содержания SiO_2 в игнимбригах рассматриваемого района, наоборот, постепенно увеличивается. Концентрации TiO_2 и P_2O_5 не зависят от содержания SiO_2 и находится в пределах 0.7–1.3% и 0.17–0.31% соответственно [Рогозин, Кляпицкий, 2010].

Приведенные выше данные показывают, что изученные игнимбриги Верхнеавачинской кальдеры занимают особое место среди игнимбригов Камчатки. Основное отличие этих пород в том, что их состав изменяется от базальтов до андезитов (SiO_2 51.2–59.9%), что не характерно для игнимбригов, образующихся при крупно объемных катастрофических кальдерообразующих извержениях. Игнимбриги, состав которых изменяется от базальтов до андезитов, занимающие при этом большую площадь встречены на Камчатке впервые, в дальнейшем планируется их более детальное изучение. В мире достоверно известно всего лишь четыре места, где бы-

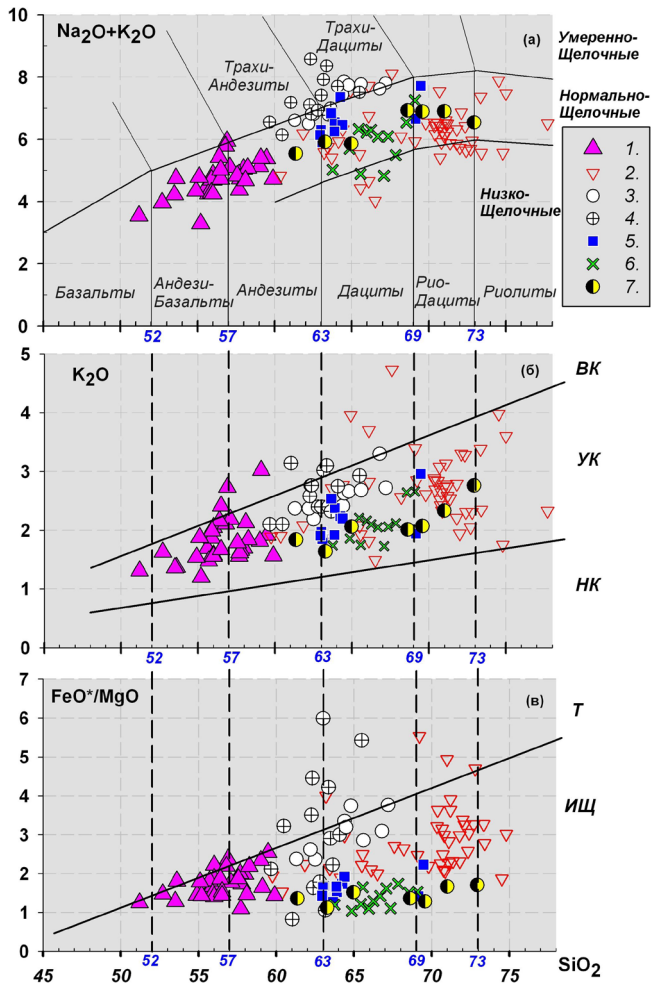


Рис. 2. Сравнение игнимбритов Верхнеавачинской кальдеры с другими игнимбритами Камчатки на вариационных диаграммах.

(а) сумма щелочей – кремнезем (TAS). Границы раздела пород низкой, нормальной и умеренной щелочности приведены по [Петрографический кодекс России, 2009]. (б) SiO_2 – K_2O . Поля составов различных по калиевости пород приведены по [Петрографический кодекс России, 2009]. Поля высоко, умеренно и низкокальевых пород отмечены, соответственно, буквами ВК, УК и НК. (в) критерий Мияширо (FeO^*/MgO). Дискриминационная линия разделяющая толеитовую и известково-щелочную серии проведена по [Miyashiro, 1974]. Буквами на диаграмме обозначены: Т – толеитовая серия, ИЩ – известково-щелочная серия. $\text{FeO}^* = 0.9 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$.

1–7 – игнимбриты сравнимых районов: 1 – Верхнеавачинской кальдеры; 2 – кальдеры Карымшина; 3 – кальдеры вулкана Горелого (данные полевого сезона 2010 года); 4 – кальдеры вулкана Горелого по [Шеймович, Патока, 2000]; 5 – кальдеры Стена-Соболиная; 6 – Узон-Гейзерной депрессии; 7 – кальдеры Большого Семьячика. Петрогенные окислы на диаграммах приведены в массовых %. Валовые силикатные химические анализы вулканитов выполнялись в Аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на приборе S4 PIONEER по методике GEO-Quant (фирма Bruker AXS), аналитики – Е.В. Карташева, М.А. Назарова, Н.А. Соловьева, В.М. Рагулина.

ли подробно изучены и описаны игнимбриты базальтового и андезитового состава – кальдеры Масая (Masaya) в Никарагуа и Тамбора (Tambora) в Индонезии, игнимбриты островов Амбрим (Ambrym) и Танна (Tanna) в архипелаге Новые Гебриды в Тихом океане [Robin, Eissen, Monzier, 1994].

Основные выводы:

1) В результате полевых работ, проведенных в 2009–2010 гг. в верховьях рек Авача и Кавыча на Камчатке была открыта новая кальдера – Верхнеавачинская. Изучены обширная область распространения и особенности залегания мощной толщи игнимбритов, заполняющих кальдеру. Подсчитан объем магмы выброшенной при образовании кальдеры – примерно 400 км^3 .

2) Детально изучен 500-метровый разрез игнимбритов. Выделено 11 слоев, представляющих собой отложения серии пирокластических потоков и свидетельствующих, что процесс формирования игнимбритов в этом районе был длительным и сложным.

3) Определен возраст игнимбритов рассматриваемого района (5.78–5.58 млн. лет). Проведенные работы позволили сделать вывод, что игнимбриты верховьев р. Авача является одними из самых древних из известных в настоящее время на Камчатке.

4) Показано, что игнимбриты Верхнеавачинской кальдеры имеют андезитовый и андезибазальтовый состав, а не дацитовый, как отмечали предыдущие исследователи. Игнимбриты по диаграмме TAS относятся к нормальнощелочным, по содержанию K_2O занимают поле умереннокальевых пород, по критерию Мияширо попадают в поле известково-щелочных пород.

5) Проведено сопоставление петрохимии игнимбритов Верхнеавачинской кальдеры с игнимбритами кальдер Карымшина, Стены-Соболиного (Карымский вулканический центр), Большого Семьячика, вулкана Горелого и Узон-Гейзерной депрессии. Показано, что игнимбриты Верхнеавачинской кальдеры, имея андезитовый и андезибазальтовый состав, значительно отличаются от других игнимбритов Камчатки.

Авторы выражают благодарность Е.Н. Гриб за консультации и помощь в написании работы. Отдельная благодарность Д.А. Вакуленко, С.А. Морозову, Е.С. Кляпицкому и М.Ю. Мартыновой за помощь в проведении полевых работ.

Работа выполнена в рамках проектов ДВО РАН 09-III-A-08-424 (рук. В.Л. Леонов), 10-III-B-08-211 (рук. О.В. Кувикас), 10-III-B-08-215 (рук. А.Н. Рогозин).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алискеров А.А. Оруденение малоглубинного магматизма (Авачинско-Кетхойская зона поднятий). М.:

- Наука, 1980. 94 с.
2. Геологический словарь: в 2-х томах. – М.: Недра. Под редакцией К.Н. Паффенгольца и др. 1973.
 3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М 1:200 000. Лист N-57-ХII, XVIII, N-58-VII. Санкт-Петербург. 2006.
 4. **Гриб Е.Н., Леонов В.Л.** Игнимбриты кальдеры Большой Семьячик (Камчатка): состав, строение; условия образования // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5–6. С. 34–50.
 5. **Гриб Е.Н., Леонов В.Л.** Игнимбриты Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии, Камчатка: сопоставление разрезов, состав, условия образования // Вулканология и сейсмология. 1993. № 5. С. 15–33.
 6. **Егоров О.Н.** Структурообразование и магмогенез над верхнемантийными плюмами в вулканическом поясе зоны перехода океан-континент /центры эндогенной активности / [электронный ресурс]: научное издание / Отв. ред. Ю.П. Масуренков – М.: ИФЗ РАН, 2009. – 1 электрон. опт. диск.
 7. **Кувикас О.В., Рогозин А.Н.** Первые результаты изучения 500-метрового разреза игнимбритов (река Кавыча, Восточная Камчатка) // Мат-лы VII регион. молодежной науч. конф. “Исследования в области наук о Земле”. Петропавловск-Камчатский. 2009. С. 39–48.
 8. **Леонов В.Л., Гриб Е.Н.** Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2004. 170 с.
 9. **Леонов В.Л., Гриб Е.Н., Карташева Л.А.** Расчленение игнимбритов и оценка объемов магмы, выброшенной при игнимбритообразующих извержениях на восточной Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2000. № 5. С. 3–18.
 10. **Леонов В.Л., Рогозин А.Н.** Карымшина – гигантская кальдера – супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 14–28.
 11. **Леонов В.Л., Рогозин А.Н., Биндеман И.Н., Кувикас О.В., Кляпицкий Е.С.** Выделение новой кальдеры на Камчатке: границы, возраст, комплекс внутрикальдерных отложений, нерешенные вопросы // Мат-лы ежегод. конф., посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011 (в печати).
 12. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
 13. **Рогозин А.Н., Кляпицкий Е.С.** Петрохимическая характеристика игнимбритов Верхне-Авачинской структуры (по результатам полевых работ 2009–2010 гг.) // Мат-лы VIII регион. молодежной науч. конф. “Исследования в области наук о Земле”. Петропавловск-Камчатский. 2010. С. 29–38.
 14. **Шанцер А.Е., Красвая Т.С.** Формационные ряды наземного вулканического пояса (на примере позднего кайнозоя Камчатки). М.: Наука, 1980. 164 с.
 15. **Шеймович В.С., Патока М.Г.** Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Геос, 2000. 208 с.
 16. **Miyashiro A.** Volcanic rock series in island arcs and active continental margins // American Journal of Science. 1974. V. 274, P. 321–355.
 17. **Robin C, Eissen J-P, Monzier M** Ignimbrites of basaltic andesite and andesite composition from Tanna, New Hebrides Arc // Bull Volc, 1994. № 56. P. 10–22.