

## Magmatic evolution of Avachinsky volcano (Kamchatka) during the Holocene revealed from composition of tephra, their matrix glasses and melt inclusions in minerals

Krasheninnikov S.P.<sup>1</sup>, Portnyagin M.V.<sup>1,2</sup>, Bazanova L.I.<sup>3</sup>, Ponomareva V.V.<sup>3</sup>

1 - Vernadsky Institute of Geochemistry RAS, Russia, Moscow;

2 - Leibnitz Institute of Marine Research, Germany, Kiel;

3 - Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky.

E-mail: [spkrasheninnikov@mail.ru](mailto:spkrasheninnikov@mail.ru)

Avachinsky volcano is one of the most active volcanoes in the frontal volcanic zone of Kamchatka. Previous studies have recognized two distinct phases in the Holocene eruptive history of Avachinsky: 1) early phase of rare and voluminous andesitic eruptions (7.3-3.5 <sup>14</sup>C ka BP) and 2) later phase of frequent eruptions of basaltic andesites associated with the construction of the Young Cone (3.5 <sup>14</sup>C ka BP to the present) [1]. The change in the eruptive style was marked by the initial eruption of the Young Cone ~3.5 <sup>14</sup>C ka BP, which produced  $\geq 3.6$  km<sup>3</sup> of basaltic andesite tephra [2, 3]. In order to assess the chemical changes of Avachinsky magma, we have studied a representative collection of 61 samples representing 40 main Holocene eruptions from the <sup>14</sup>C-dated composite section covering the entire history of the volcano. Here we report the results of this study, obtained by chemical analysis of bulk tephra samples, microprobe investigation of matrix glasses (~600 an.) and more than 500 melt inclusions in minerals.

Both matrix glasses and melt inclusions in minerals have systematically more evolved compositions compared to their host rocks and span a large range of compositions within the fields of the low- and middle-K island-arc series. Low- and marginally middle-K rhyolitic compositions of glasses and inclusions predominate during the early Holocene. Relatively high-K melt inclusions were found in minerals from six tephra samples. The compositions of matrix glasses and inclusions change to predominantly middle-K dacitic and andesitic in the late Holocene (fig. 1). Primitive basaltic melt inclusions occur in olivine in the 600 <sup>14</sup>C yrs old tephra. Chemically contrasting glass shards and melt inclusions were found in the samples of different ages and often found in the same tephra sample. The data on matrix glasses and melt inclusions thus testify an important role of magma mixing in the origin of Avachinsky rocks that occurred along with fractional crystallization. Compositions of bulk tephra span a much narrower range of compositions compared to matrix glasses and melt inclusions and represent magmas formed by effective mixing of compositionally contrasting melts, crystallization and accumulation of phenocrysts.

The most pronounced chemical changes in the composition of bulk rocks from andesites to basaltic andesites correlate with the beginning of the later phase of activity at 3.5 <sup>14</sup>C ka BP. The data on melt inclusions and matrix glasses indicate, however, arrival of relatively K-rich mafic melts in the magma feeding system starting already at ca. 4.1 <sup>14</sup>C ka BP (fig. 1). The catastrophic eruption AV 3500 and the volcano changes at 3.5 <sup>14</sup>C ka BP were thus preceded by frequent injections of mafic K-rich magmas in the magma chamber beneath Avachinsky volcano during the previous 500-600 <sup>14</sup>C years.

On the basis of our new data, we propose that the Holocene evolution of Avachinsky volcano was driven by fractional crystallization associated with periodic injections of mafic middle-K magmas into initially low-K silicic magma reservoir, perhaps, left over after deceasing of Kozelsky volcano, whose early Holocene products are compositionally quite similar with Avacha's early phase. The injections of mafic magmas and subsequent volcanic eruptions led to exhausting of the low-K rhyolite magmas and resulted in the systematic change of magma compositions to more

mafic and K-rich over time. The most pronounced changes in the magma composition had occurred during period from 4.1 to 3.5  $^{14}\text{C}$  ka BP.

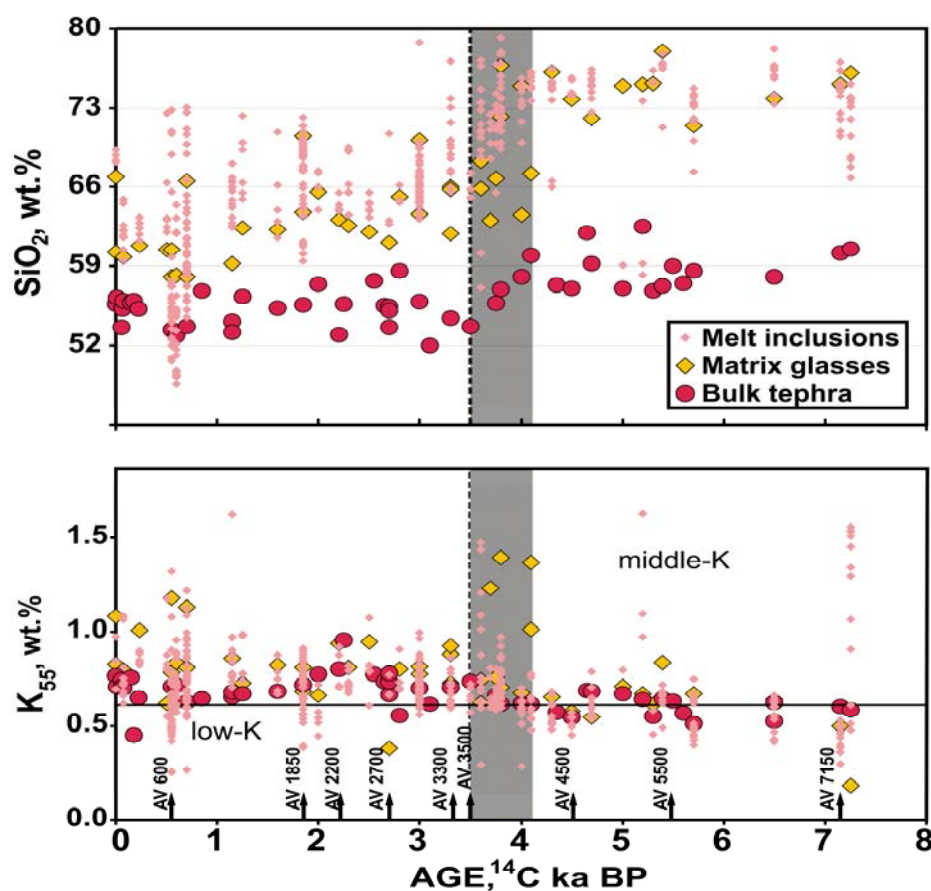


Figure 1. Variations of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{K}_{55}$  contents in matrix glasses, melt inclusions and bulk tephras of Avachinsky volcano during the last 8  $^{14}\text{C}$  ka.  $\text{K}_{55}$  is  $\text{K}_2\text{O}$  content normalized to 55 wt. % of  $\text{SiO}_2$ . Dashed line - the border dividing andesitic and basaltic andesites phases of volcanic activity; grey field – time period of frequent injections of mafic K-rich magmas in the magma chamber; black arrows – the largest Holocene eruptions of Avachinsky volcano.

#### References:

1. Braitseva OA, Bazanova LI, Melekestsev IV, Sulerzhitskiy LD 1998 // *Volcanol Seismol* 20 (1): 1-27.
2. Bazanova LI, Braitseva OA, Puzankov MYu, Sulerzhitskiy LD 2003 // *Volcanol Seismol* (5): 20-40.
3. Bazanova LI, Braitseva OA, Melekestsev IV, Sulerzhitskiy LD. 2004 // *Volcanol Seismol* (6): 3-8 [in Russian].

## Магматическая эволюция Авачинского вулкана (Камчатка) в голоцене, выявленная по валовым составам тефр, составам их матричных стекол и расплавных включений в минералах

Крашенинников С.П.<sup>1</sup>, Портнягин М.В.<sup>1,2</sup>, Базанова Л.И.<sup>3</sup>, Пономарева В.В.<sup>3</sup>

1 – Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Россия, Москва;

2 – Лейбниц Институт морских исследований, Германия, Киль;

3 – Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия, Петропавловск-Камчатский.

E-mail: [spkrashennnikov@mail.ru](mailto:spkrashennnikov@mail.ru)

Авачинский вулкан является одним из наиболее активных вулканов вулканической фронтальной зоны Камчатки. Предыдущие исследования показали, что в голоценовой истории Авачинского вулкана можно выделить две главные фазы активности: 1) ранняя фаза редких, но сильных извержений андезитов (7.3-3.5 тыс. <sup>14</sup>С л.н.) и 2) поздняя фаза частых извержений андезибазальтов, связанная с образованием Молодого конуса (3.5 тыс. <sup>14</sup>С л.н. и по настоящее время) [1]. Смена характера эруптивной активности была отмечена инициальным извержением Молодого конуса ~3.5 тыс. <sup>14</sup>С л.н., которое вынесло на поверхность более 3.6 км<sup>3</sup> андезибазальтовой пирокластики [2, 3]. С целью изучения вариаций химического состава авачинских магм, нами была изучена представительная коллекция 61 образца тефр, представляющих 40 главных голоценовых извержений. Образцы были отобраны из датированного сводного разреза, отражающего всю историю активности вулкана. Представленные в этой работе результаты получены на основе валовых химических анализов образцов тефр, микронзондовых исследований матричных стекол (~600 ан.) и более, чем 500 расплавных включений в минералах.

Матричные стекла и расплавные включения в минералах имеют систематически более дифференцированные составы по сравнению с валовыми составами пород. Составы стекол широко варьируют и относятся к низко- и умеренно-К островодужным сериям. На протяжении раннеголоценового времени преобладали низко- и пограничные с ними умеренно-К риолитовые составы матричных стекол и расплавных включений. Расплавные включения с относительно повышенными содержаниями калия были обнаружены в минералах шести образцов пирокластики. В позднеголоценовое время составы матричных стекол и расплавных включений сменяются преимущественно умеренно-К дацитовыми и андезитовыми (Рис. 1). В оливинах из образца тефры с возрастом 600 <sup>14</sup>С л. были найдены примитивные базальтовые расплавные включения. Химически контрастные фрагменты стекол и расплавные включения были обнаружены в образцах разных возрастов, нередко в одном образце тефры. Таким образом, данные по матричным стеклам и расплавным включениям указывают на важность процессов смешения магм в формировании пород Авачинского вулкана, которое происходило совместно с фракционной кристаллизацией. Валовые составы тефр имеют более узкий спектр составов, по сравнению с матричными стеклами и расплавными включениями. Эти составы представляют магмы, образованные в результате эффективного смешения разных по составам расплавов, кристаллизации и кумуляции вкрапленников.

Наиболее ярко выраженные изменения валовых составов тефр, от андезитов к андезибазальтам, соотносятся с началом поздней фазы активности вулкана (3.5 тыс. <sup>14</sup>С л.н.). Однако, данные по расплавным включениям и матричным стеклам указывают на поступление относительно обогащенных калием основных расплавов в магмоподводящую систему уже на рубеже 4.1 тыс. <sup>14</sup>С л.н. (Рис. 1). Катастрофическое извержение АВ 3500 и резкие изменения в характере активности и составах вулканитов 3.5 тыс. <sup>14</sup>С л.н. были вызваны частыми инъекциями основных, богатых К магм в магматический очаг под Авачинским вулканом в течение предшествующих 500-600 <sup>14</sup>С лет.

На основе новых данных, мы предполагаем, что голоценовая эволюция Авачинского вулкана была вызвана процессами фракционной кристаллизации, сопровождавшимися периодическими инъекциями основных умеренно-К магм в изначально низко-К кремнекислый магматический очаг. Возможно, этот очаг был унаследован Авачинским вулканом после затухания своего предшественника - Козельского вулкана, раннеголоценовые вулканиды которого близки по составу самым первым голоценовым тефрам Авачинского вулкана. Инъекции основных магм и последующие вулканические извержения привели к истощению очага риолитовыми низко-К расплавами и, в результате, к систематическим изменениям состава магм во времени на все более основной и обогащенный калием. Наиболее ярко выраженные изменения состава магм произошли в период от 4.1 до 3.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н.

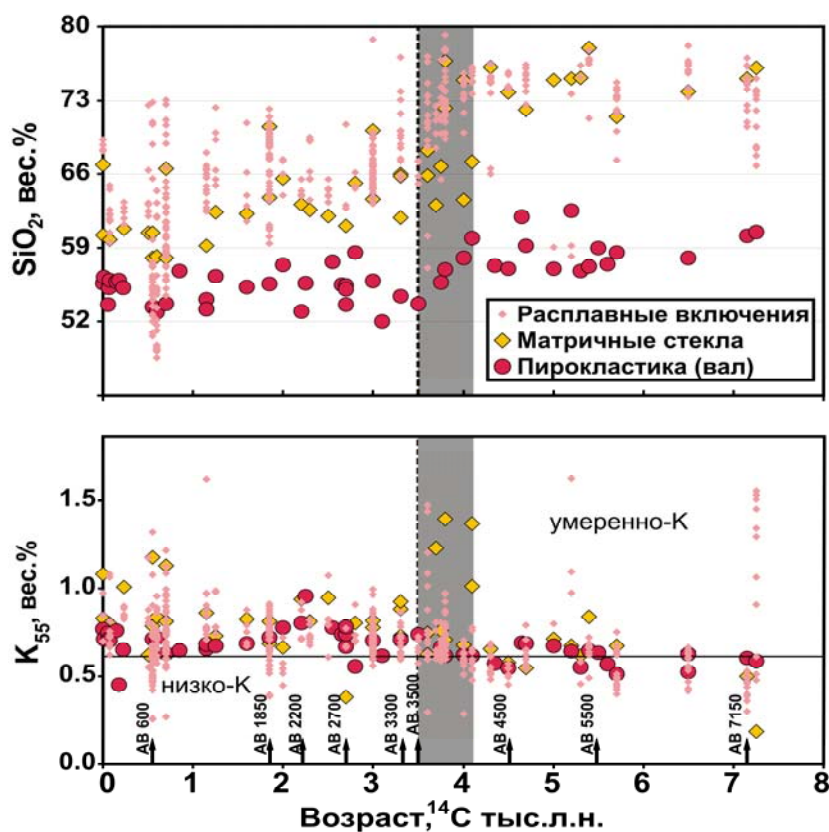


Рисунок 1. Вариации содержаний  $\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_{55}$  в матричных стеклах, расплавных включениях и валовых составах тефр Авачинского вулкана в последние 8  $^{14}\text{C}$  тыс.л.  $\text{K}_{55}$  – содержания  $\text{K}_2\text{O}$  нормализованные к 55 вес.%  $\text{Si}_2\text{O}$ . Пунктирная линия – граница, разделяющая раннюю и позднюю фазы активности; серое поле – период частых инъекций основных, богатых К магм в магматический очаг; черные стрелки – крупнейшие голоценовые извержения Авачинского вулкана.

#### Список литературы:

1. Брайцева О.А., Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. // Вулк. и сейсм. 1998 №1. с.3-24.
2. Базанова Л.И., Брайцева О.А., Пузанков М.Ю., Сулержицкий Л.Д. // Вулк. и сейсм. 2003 №5. с.20-40.
3. Базанова Л.И., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. // Вулк. и сейсм. 2004 № 6. с.15-20.