



УДК 551.21

М. М. Певзнер¹, М. Л. Толстых², А. Д. Бабанский³, П. Леер⁴,
А. О. Волынец⁵

¹ Геологический институт РАН,
Москва, 119 017, e-mail; m_pevzner@mail.ru

² Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,
Москва

³ Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, Москва

⁴ Геофизический институт Аляскинского университета, США, Фэрбенкс

⁵ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

Первые данные об изотопном возрасте и составе исходных расплавов пород начальной фазы деятельности вулканического массива Шивелуч, Камчатка

Впервые проведено изотопное (^{40}Ar - ^{39}Ar) датирование лав плейстоценовой части вулканического массива Шивелуч. Приводятся первые данные о составе исходных магматических расплавов для лав и пирокластике начальной фазы деятельности массива. Появление эффузивов связывается с изменением питания магматической системы около 80 тыс. л. н.

Вулканический массив Шивелуч (главная вершина 3283 м) расположен в северной части Центральной Камчатской депрессии вблизи северной границы Тихоокеанской плиты. Считается, что Шивелуч (Старый Шивелуч) начал формироваться около 60 – 70 тыс. л. н. как огромный андезитовый пирокластический, позже как андезибазальтовый существенно лавовый вулкан [2]. Наиболее подробно изучена голоценовая активность вулкана Молодой Шивелуч (последние 11 тыс. лет), которая представлена экструзивно-эксплозивными извержениями преимущественно андезитового состава [4]. В последние годы удалось продлить детальную летопись вулканической активности как минимум до 16 тыс. лет. Было установлено, что в интервале времени 16 – 12 тыс. л. н. в юго-западном секторе массива активно работал Байдарный центр; его отложения представлены преимущественно лавами андезибазальтового состава [1, 2], а также многочисленными горизонтами тефр и единично крупным пирокластическим потоком [3].

Схематично весь вулканический массив можно разделить на четыре главных структурно-возрастных комплекса: начальный существенно пирокластический и более поздний существенно лавовый комплексы Старого Шивелуча; Байдарный центр и Молодой Шивелуч (рис. 1).

НФД — начальная фаза деятельности по [1] — представлена мощными толщами грубообломочных пирокластических отложений, отвечающими по составу андезитам. Подошва не вскрывается. Эти отложения прослеживаются во всех секторах вул-

кана. Предположительно, активность этого этапа сопровождалась формированием экструзивных куполов, ныне погребённых под более поздними отложениями. В разных секторах верхняя граница отложений НФД находится на высотных отметках от 1000 до 2000 м (в среднем 1800 м). В восточном секторе массива вблизи кровли отложений НФД наблюдается пачка лав, имеющих состав ОI андезибазальтов. Мощности единичных лавовых потоков составляют от 3 до 7 м, максимальная протяжённость единичного лавового потока 5 км.

ЛК — лавовый комплекс перекрывает отложения НФД и представлен толщей лавовых потоков андезитового и андезибазальтового состава, связанных с работой Главной вершины и центра Западного [1]. Мощности единичных лавовых потоков могут достигать 40 – 50 м, суммарная мощность ЛК от 1000 до 1500 м.

БД — Байдарный центр расположен обособленно в юго-западном секторе массива и представлен напластованием лав андезибазальтового состава, изливавшихся из эруптивных центров Байдарный и Южный [1]. С деятельностью БД центра связаны множественные горизонты тефр, отлагавшиеся в почвенно-пирокластических чехлах склонов и подножия вулканического массива [3].

МШ — современный действующий вулкан Молодой Шивелуч расположен в крупном обвальном цирке, разрушившим южный сектор вулканического массива. Активность МШ связана с ростом экструзивных куполов и мощными эксплозиями андезитов. Активность МШ началась около 11,7 – 11,8 тыс. л. н.

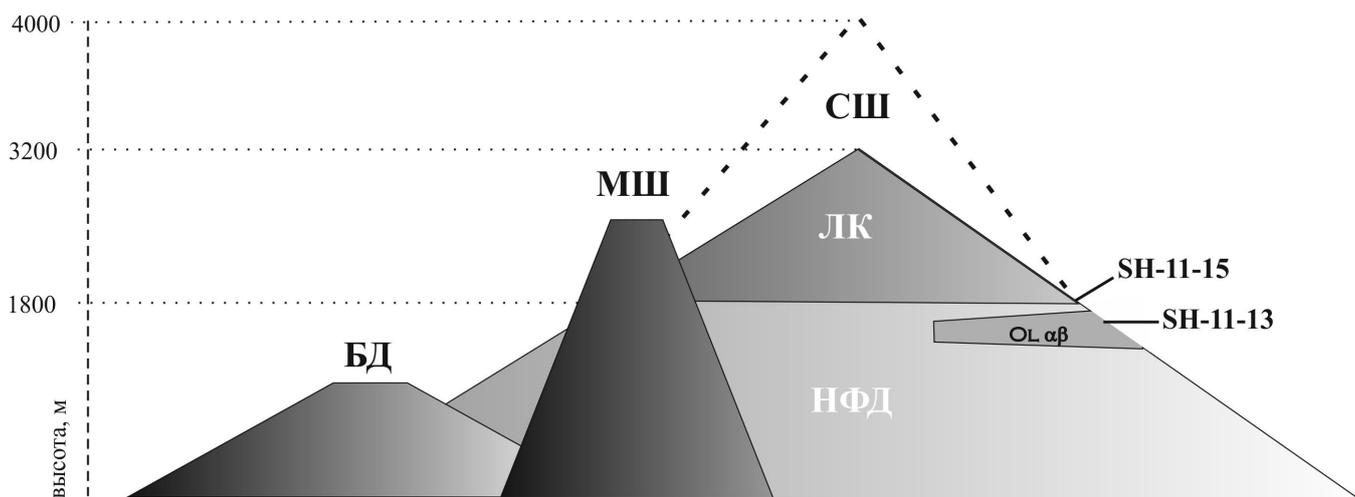


Рис. 1. Принципиальная схема структурно-возрастных комплексов вулканического массива Шивелуч: СШ — Старый Шивелуч, в т.ч.: МФД — начальная фаза деятельности, ЛК — лавовый комплекс; БД — Байдарный центр; МШ — Молодой Шивелуч. Жирным пунктиром показана возможная максимальная высота СШ по [2]. Справа указаны места отбора и номера образцов. Прочие обозначения см. в тексте.

как существенно эффузивная; около 11,3 тыс. л. н. МШ превратился в высокоэксплозивный вулкан [3].

Для интервала последних 12 тыс. лет имеется более сотни радиоуглеродных датировок, на основании которых мы имеем возможность судить о динамике вулканической активности во времени. Для более ранних этапов жизни массива изотопных дат до настоящего времени не было.

Корректное изотопное датирование может проводиться по лавам, залегающим *in situ*. В постройке Старого Шивелуча наиболее древние лавовые потоки расположены на границе МФД и ЛК (рис. 1). Образец SH-11-13 взят на высоте 1640 м из пачки ОI андезибазальтов, излившихся на завершающей стадии МФД. Образец SH-11-15 — андезит из нижнего горизонта ЛК, 1675 м. Оба образца отобраны в одном разрезе восточного сектора массива в верховьях руч. Топографического.

Образцы облучались на ядерном реакторе Мак-Мастер в г. Хамильтон (Онтарио, Канада) и затем анализировались при ступенчатом нагреве в геохронологической лаборатории Геофизического института Аляскинского университета, США, Фэрбенкс.

На рис. 2 видно, что образец SH-11-15 (подошва ЛК), оказался древнее образца SH-11-13 (кровля МФД). Однако, имеющиеся статистические ошибки измерений не позволяют говорить о выявленной инверсии, но свидетельствуют о близком стратиграфическом возрасте двух образцов. При анализе графиков плато очень хорошо видно, что обр. SH-11-13 демонстрирует весьма устойчивые характеристики. А для обр. SH-11-15 напротив, наблюдается разброс данных. На основании этого можно заключить, что возраст, полученный по обр. SH-11-13 (82 ± 12 тыс. лет), является более достоверным.

К сожалению продатированная пара образцов не дала ответа на вопрос о длительности возможного перерыва между отложениями МФД и ЛК.

По результатам изотопного датирования мы можем пока говорить только о том, что существенно пирокластическая активность начальной фазы деятельности массива Шивелуч завершилась около 80 (70 – 90) тыс. л. н.

В практике геохронологических исследований для верификации данных принято анализировать массивы дат либо проверять возраст, полученный по единичным датировкам, иными методами. Поскольку дополнительными датами мы не располагаем, то вынуждены проверять полученную датировку, опираясь на продуктивность лавовых этапов активности, допуская, что интенсивность выноса вещества была неизменной.

Установлено, что Байдарный центр работал на протяжении минимум 4 тыс. лет [3]. Главный эруптивный центр уничтожен, равно как и значительная часть лавовых потоков. Сейчас максимальная мощность лавового разреза составляет около 200 м, а протяжённость лавовых потоков около 4–5 км. Объём лав БД, с учётом возможно уничтоженных фрагментов, мог составлять от 3,4 до 5,2 км³, т. е. 1 км³ лавы мог образоваться за 0,77 – 1,18 тыс. лет.

Отложения ЛК также довольно сильно разрушены. По мнению И. В. Мелекесцева, в период максимальной активности ЛК высота Старого Шивелуча могла достигать 4000 м [2]. Таким образом, при максимальной высоте лавового разреза в 2,2 км и диаметре основания около 10 км, объём лав этого комплекса мог составлять около 60 км³. т. е. объём отложений ЛК на порядок больше, чем таковой для БД.

Допуская неизменную продуктивность разных эффузивных центров массива, можно предполагать, что Лавовый Комплекс формировался на протяжении около 60 тыс. лет (50 – 70 тыс. лет). Отложения БД перекрывают лавы, входящие в состав ЛК [1]. Начало активности БД датируется возрастом около

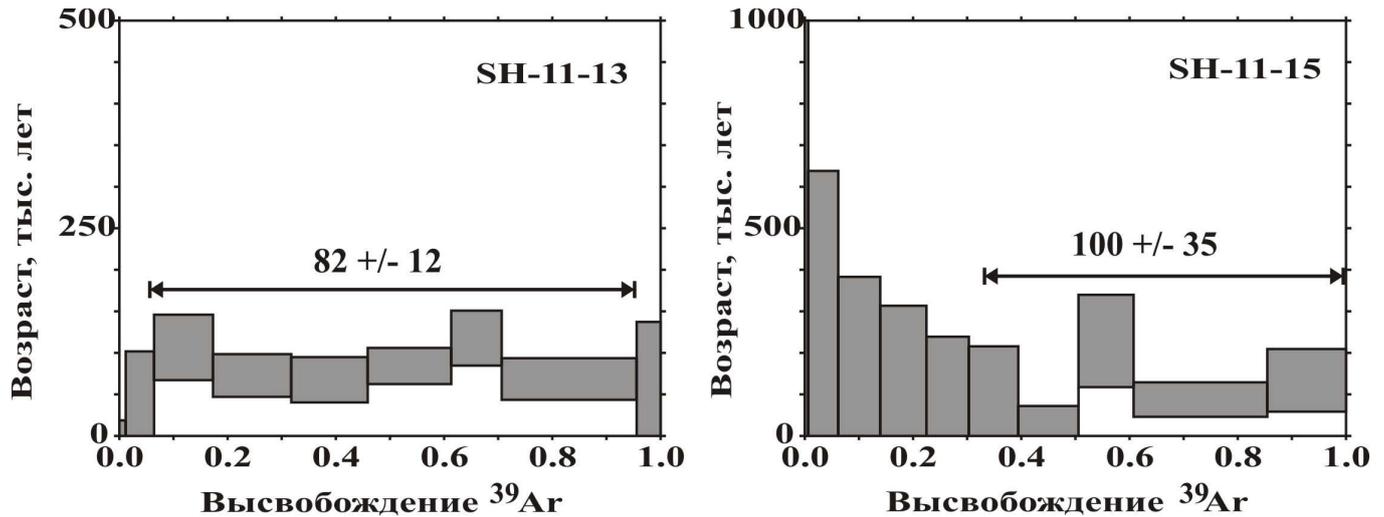


Рис. 2. Диаграммы спектров значений ^{40}Ar - ^{39}Ar возраста лавовых потоков кровли НФД (SH-11-13) и подошвы ЛК (SH-11-15) вулкана Старый Шивелуч. Линия с ограничениями показывает протяжённость плато, цифры над ней – соответствующее значение возраста. Значения возраста приводятся с ошибкой $\pm 1\sigma$.

16 тыс. лет [3]. Тогда начало активности ЛК может соответствовать возрасту $60 + 16 = 76$ тыс. лет (66 – 86 тыс. лет). Рассчитанный по продуктивности лав возраст (76 тыс. лет) начала деятельности ЛК имеет тот же порядок, что и полученная для кровли НФД изотопная дата 82 ± 12 . При всём несовершенстве использованного нами проверочного метода, полученный результат изотопного датирования представляется нам максимально отвечающим реальному возрасту образования первых эффузивов в пределах исследуемого вулканического массива, а также позволяет оценить возраст границы НФД и ЛК.

Итак, впервые получены значения изотопного возраста для плейстоценовой части массива; установлено, что смена типа активности Старого Шивелуча с существенно эксплозивной (НФД) на существенно эффузивную (ЛК) произошла около 80 тыс. л. н.

Чем же могли быть вызваны эти изменения? На наш взгляд одной из возможных причин смены типа активности СШ могло быть изменение режима магматического питания, возможно, связанное с возникновением нового магматического очага. Такая ситуация с принципиальной перестройкой магматической системы зафиксирована для вулканического массива Шивелуч на границе позднего плейстоцена-голоцена [3]. По результатам анализа расплавных включений в минералах пирокластических пород последних 16 тыс. лет было установлено, что магматические расплавы образуют две изолированные группы (аналогичные группы выделяются на других вариационных диаграммах) (рис. 3). В группу расплавов с пониженным содержанием MgO и повышенным — SiO_2 попадают все включения, содержащиеся в минералах голоценовых андезитов Молодого Шивелуча. Другая группа (с повышенным содержанием MgO, пониженным

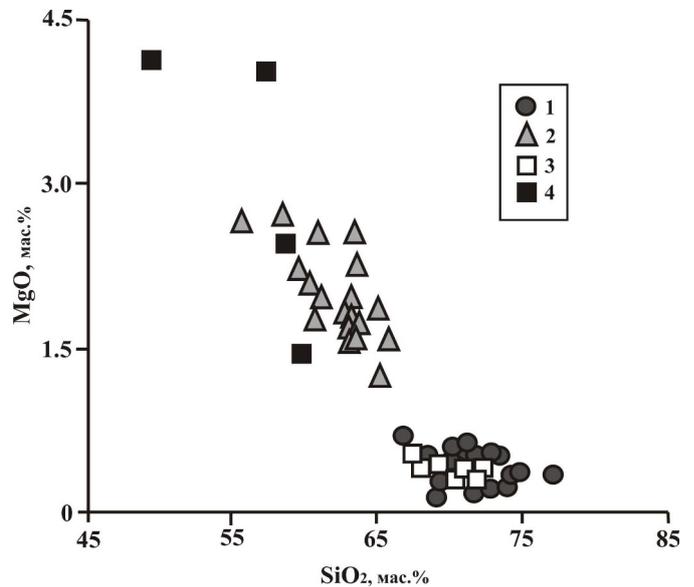


Рис. 3. Соотношение содержания SiO_2 -MgO в исходных расплавах разных структурно-возрастных комплексов вулканического массива Шивелуч: 1–3 – пирокластита: 1 – МШ; 2 – БД; 3 – НФД; 4 – лавы ОI андезибазальтов кровли НФД.

SiO_2) включает все расплавы из минералов позднеплейстоценовых андезибазальтов, которые мы связываем с активностью Байдарного центра.

В настоящей публикации мы приводим наши первые данные, полученные по результатам изучения расплавных включений в минералах пород НФД (рис. 3). Образцы пирокластита (два горизонта погребённой тefры) были отобраны в долине руч. Топографического на высотных отметках 1240–1260 м. Лавы ОI андезибазальтов отбирались в долине руч. Корыто на высоте 1650 м; стратиграфически это тот же горизонт, что образец SH-11-13.

На рис. 3 хорошо видно, что фигуративные точки для лав и пирокластики НФД образуют две различные группы. При этом исходный расплав для пирокластических пород НФД практически совпадает с таковым для МШ, а исходный расплав для ОI андезибазальтов кровли НФД имеет некоторые сходные черты с расплавом пирокластических пород БД. Полученные данные позволяют предположить, что эруптивная история НФД Старого Шивелуча могла быть связана с деятельностью как минимум двух магматических очагов.

В работе [3] было показано, что появление расплава типа «Молодой Шивелуч» фиксируется в пирокластических разрезах, начиная с 11,7 тыс. л. н., после крупномасштабного обрушения постройки вулкана (обломочная лавина II). А расплав типа «Байдарный» — начиная с 16 тыс. л. н. также после крупномасштабного обрушения (обломочная лавина I). При этом ослабление деятельности «Байдарного очага» фиксируется 11,7 тыс. л. н. (после обломочной лавины II), а полное прекращение его активности 11,3 тыс. л. н. (после обломочной лавины III). На основании этих данных мы можем предполагать, что активизация и прекращение активности магматических очагов являются следствием крупномасштабных обрушений вулканической постройки, предположительно вызванных высокомагнитудными землетрясениями.

Вышеперечисленные данные позволяют предполагать аналогичный сценарий и для возрастного рубежа 80 тыс. л. н. Может быть именно это сильнейшее землетрясение, породившее андезибазальтовый очаг, с деятельностью которого мы связываем появление первых эффузивов на Старом Шивелуче, привело к значительным разрушениям постройки, сформированной на этапе НФД. К сожалению, мы

пока не располагаем данными по составу исходного расплава пород Лавового Комплекса, но весьма вероятно, что он будет сильно отличаться от дацитового расплава, формировавшего пирокластические породы НФД. А граница НФД/ЛК может маркировать одну из крупнейших геологических катастроф Камчатки позднплейстоценового времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 4 Президиума РАН, Программы № 9 ОНЗ РАН, а также гранта РФФИ № 13-05-00760а.

Авторы благодарны В. С. Родину и И. А. Зиброву за помощь при проведении полевых работ, а также Д. О. Герцеву за плодотворное обсуждение результатов изотопного датирования.

Список литературы

1. Горбач Н. В. Вулкан Старый Шивелуч: геологическое строение, реконструкция эруптивных центров и характер деятельности в позднем плейстоцене // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. Вып. 17. С. 51–63.
2. Мелекесцев И. В., Волынец О. Н., Ермаков В. А. и др. Вулкан Шивелуч // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Том. 1. С. 84–97.
3. Певзнер М. М., Бабанский А. Д., Толстых М. Л. и др. Перестройка магматической системы вулканического массива Шивелуч как следствие крупномасштабных обрушений его постройки в позднем плейстоцене — раннем голоцене // Доклады академии наук. 2012. Том. 447. № 3. С. 318–321.
4. Ponomareva V. V., Kyle P. R., Pevzner M. M. et al. Holocene eruptive history of Shiveluch volcano, Kamchatka Peninsula // In: Eichelberger J., Gordeev E., Kasahara M., Izbekov P., Lees J. (Eds) «Volcanism and Tectonics of the Kamchatka Peninsula and Adjacent Arcs». 2007. Geophysical Monograph Series, Volume 172, P. 263–282.