

**Массив Хангар (Срединный хребет, Камчатка): хронология эруптивной активности в позднемиоцен-четвертичное время**

*Певзнер М.М.<sup>1</sup>, Толстых М.Л.<sup>2</sup>, Лебедев В.А.<sup>3</sup>, Костицын Ю.А.<sup>2</sup>, Бабанский А.Д.<sup>3</sup>, Овсянников Г.Н.<sup>4</sup>*

**Khangar massif (Sredinny Range, Kamchatka): chronology of Late Miocene-Quaternary eruptive activity**

*Pevzner M.M., Tolstykh M.L., Lebedev V.A., Kostitsyn Yu.A., Babansky A.D., Ovsiannikov G.N.*

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, г. Москва;

e-mail: [m\\_pevzner@mail.ru](mailto:m_pevzner@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва

<sup>3</sup> Институт геологии, геохимии и минералогии рудных месторождений РАН, г. Москва

<sup>4</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Впервые приводятся данные об изотопном К-Аг возрасте и механизме заложения кальдеры Хангар, а также шести этапов активизации посткальдерного вулканизма.

Хангар – уникальный для Камчатки вулканический центр; он расположен в пределах Срединно-метаморфического массива, составляющего южную часть Срединного хребта Камчатки (рис. 1, врезка). Массив Хангар представляет собой сложнопостроенную кальдеру (рис. 1б, 2а), внутри которой расположен одноименный стратовулкан (54°45' с.ш., 157°24' в.д., 2000 м), проявляющий активность в голоцене.

**Степень изученности, постановка задачи**

Возраст заложения кальдеры оценивается разными авторами от конца миоцена и постмиоценового времени [1, 5, 6] до среднего [7] или даже позднего неоплейстоцена [2]. Нет единства и в оценке причин ее образования. Так, например, согласно [5], кальдера имеет тектоническое происхождение и сформирована без участия вулканизма. А в работе [7], напротив, предполагается эксплозивная модель кальдерообразования с выбросом значительных объемов кислой пироклаستيку. Таким образом, на сегодняшний день вопрос о возрасте и характере происхождения кальдеры Хангар остается дискуссионным.

К моменту написания данной работы для доголоценовых вулканитов массива было опубликовано лишь несколько изотопных дат. По стекловатому дациту, опробованному в ЮВ части кальдеры, Аг-Аг методом были получены две даты около 0.4 млн лет [7]. Нами впервые были обнаружены и датированы К-Аг методом лавы начальной стадии вулканической активности (~7 млн лет), установлен возраст одной из подстилающих интрузий (~11 млн лет) внутри кальдеры [6].

Главная цель наших исследований – установить изотопный возраст заложения кальдеры Хангар и этапов активизации посткальдерного вулканизма.

**Заложение кальдеры, излияние ранних эффузивов массива Хангар**

Наиболее ранним проявлениям вулканической активности (I этап) в пределах кальдеры Хангар отвечают сильно разрушенные лавы, перекрывающие гипабиссальные гранитные интрузии, которые выходят на поверхность в южной части кальдеры (рис. 1). Нами обнаружены всего четыре выхода этих лав, три из них датированы в интервале 7.2-7.0 млн л.н. Абсолютная высота залегания этих лав (700-1100 м) существенно меньше, чем высота бровки кальдеры (1300-1800 м). Следовательно, лавы изливались уже внутри кальдеры, а сама кальдера не может быть моложе 7 млн лет. С другой стороны, кальдера не может быть древнее 11 млн лет – в это время происходило внедрение интрузии, т.е. породы фундамента еще не были разрушены.

В миоцене внедрение интрузий было характерно, в основном, для северной части Срединно-метаморфического массива [6]. На рис. 1а видно, что в интервале 19-8 млн л.н.

интрузивный процесс шел периодически. Этот тектоно-магматический цикл активизации с режимом растяжения неизбежно приводил к воздыманию гранитно-метаморфического свода и, как следствие, к его активному разрушению (эродированные интрузии). По-видимому, на завершающей стадии цикла магма заполнила близповерхностный резервуар. Это привело к локальному подъему вмещающих пород с образованием купольной структуры, а также к заложению кольцевых разломов и глубоких трещин. С трещинами могла быть связана умеренная газо-пирокластическая активность. Заложение кальдерной депрессии было обусловлено опусканием пород купола, вследствие чего по трещинам, ограничивающим опущенный блок, происходило излияние лав I этапа. Одна из таких даек, прорывающая гранитную интрузию, была датирована нами на ЮЗ борту кальдеры (рис. 1б). Лавы I этапа представлены высоко-Mg основными андезитами; для извержения подобных пород высокая эксплозивность не характерна. Ни внутри, ни за пределами кальдерного уступа пирокластические отложения этого возраста не установлены. Вряд ли в это время возник крупный щитовой вулкан, более вероятным представляется образование некоторого количества мелких лавовых тел по периферии кальдеры. При этом объем образованной депрессии мог в разы превышать объем излившихся лав. Значительная разница в объемах излившихся лав и сформированной депрессии зарегистрирована, например, при заложении кальдеры на вулкане Фернандина в 1968 г. [9, 10]. Таким образом, кальдера Хангар заложилась около 7 (7.2-7.0) млн л.н. как вулканотектоническая кальдера обрушения.

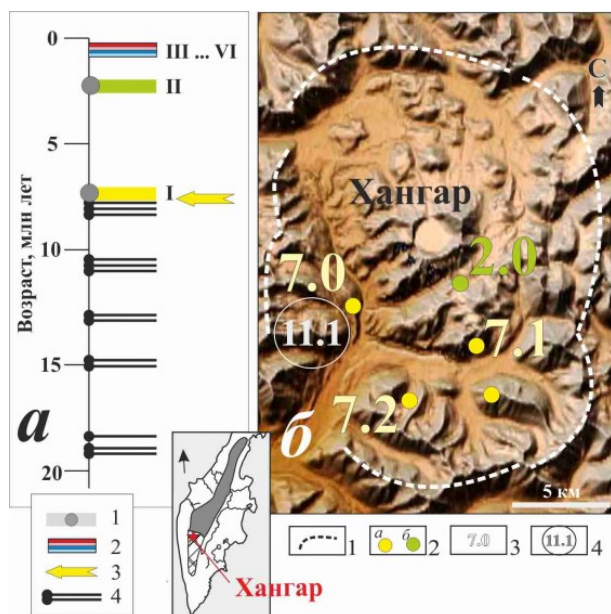


Рис. 1. Тектоно-магматическая и вулканическая активность в районе массива Хангар. На врезке положение массива на карте Камчатки. *a* – хронология тектоно-магматической и вулканической активности района в миоцен-раннечетвертичное время: 1-2 – этапы вулканической активности, черная точка – К-Аг возраст, 3 – эпизод заложения кальдеры, 4 – возраст интрузий южной части Срединного хребта по [2-4, 6]; *б* – ранние эффузивы Хангара: 1 – уступ кальдеры, 2 – выходы лав: *a* – I этапа (~7 млн лет), *б* – II этапа (~2 млн лет), 3-4 – округленный К-Аг возраст, млн лет: 3 – для лав, 4 – для интрузии. Прочие пояснения см. в тексте и на рис. 2.

### Посткальдерный вулканизм четвертичного времени

II этап активизации вулканизма зафиксирован ~2 млн л.н. по лавам в верхнем течении руч. Водопадный (рис. 1). Либо этому этапу предшествовал длительный (около 5 млн лет) период покоя, либо породы с возрастом 7-2 млн лет не обнаружены.

III этап маркируется десятком крупных дацитовых экстрезивных куполов, приуроченных к кольцевым или полукольцевым структурам (рис. 2а). С куполами связаны потоки стекловатых дацитов преимущественно черного цвета, реже туфы. Возраст пород около 0.4 млн лет (рис. 2б). По морфологии и текстурам лав эти купола занимают промежуточное положение между экстрезиями и очень вязкими лавами; такой тип вулканизма обычно приурочен к трещинам, в том числе кольцевым, и не подразумевает значительной эксплозивной активности [8]. Не исключено, что на этом этапе могла произойти просадка северной части кальдеры.

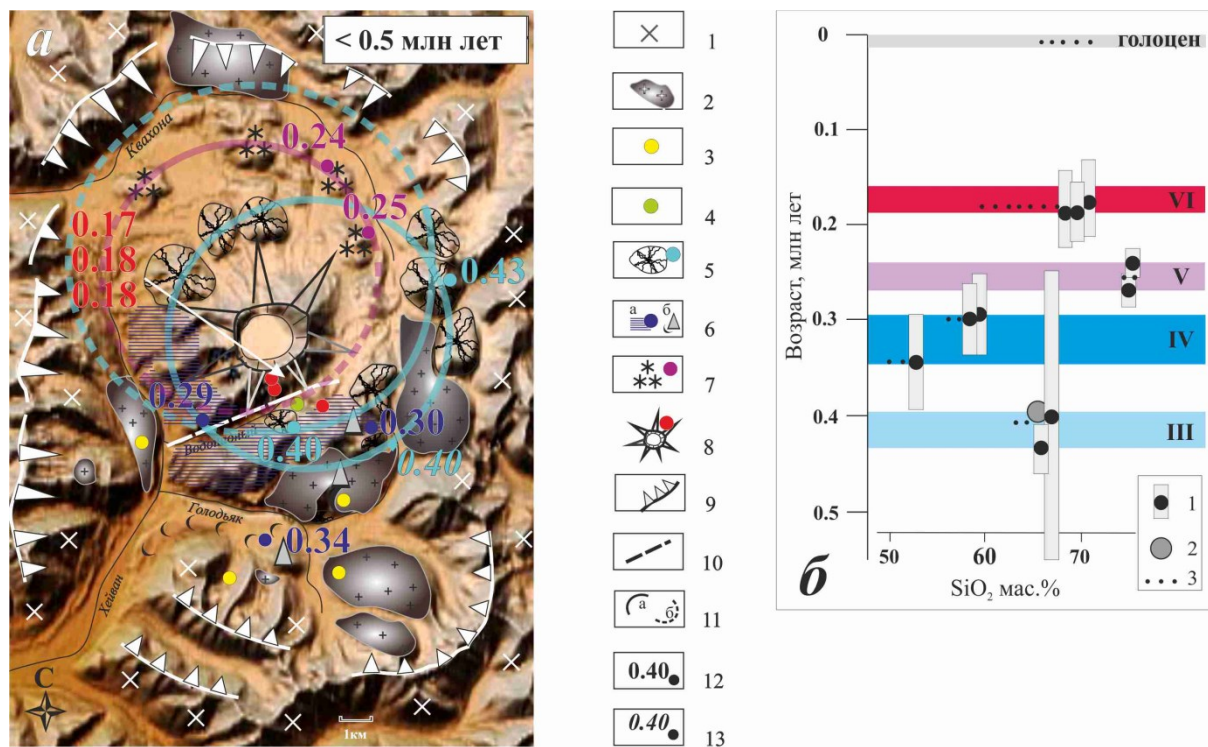


Рис. 2. Возраст пород массива Хангар (а): 1-2 – породы основания массива: 1 – мел-палеогенового возраста нерасчлененные, 2 – интрузии миоценового возраста; 3-4 – выходы лав: 3 – ~7 млн лет (этап I), 4 – ~2 млн лет (этап II); 5 – дацитовые купола, туфы и потоки обсидианов (этап III, ~0.4 млн лет); 6 – щитовой вулкан (а), шлаковые конусы и лавовые потоки (б) (этап IV, ~0.3 млн лет); 7 – риолитовые купола, туфы и потоки обсидианов (этап V, ~0.25 млн лет); 8 – постройка стратовулкана (этап VI, <0.18 млн лет); 9 – современный кальдерный уступ; 10 – разлом ручья Водопадного по [5]; 11 – кольцевые разломы (цвет линий соответствует символам пород 5-8): а – достоверные, б – предполагаемые; 12-13 – округленные изотопные даты в млн лет: 12 – К-Аг авторские, 13 – Аг-Аг по [7]. (б) – хронология эруптивной активности массива за последние 0.5 млн лет: 1 – значение К-Аг возраста (черная точка) с доверительным интервалом (серый фон), авторские данные; 2 – Аг-Аг дата из [7]; 3 – показатели кремнекислотности для пород выделенных этапов. Этапы: I – ранние эффузивы, II – лавы ~2 млн лет, III – дацитовые купола, обсидианы и туфы, IV – андезитовый щитовой вулкан центрального типа и наложенная цепочка базальтовых шлаковых конусов, V – риолитовые купола, обсидианы и туфы, VI – начало формирования андезидацитового стратовулкана. Голоценовые дациты (в работе не обсуждаются).

**IV этап.** Около 0.3 млн л.н. образуется андезитовый вулкан центрального типа (рис. 2а). Крупные фрагменты его постройки слагают ЮЗ сектор основания стратовулкана Хангар, аналогичные по типу породы установлены и на водоразделе ручьев Водопадный и Голодьяк. На этом этапе сформировались шлаковые конусы, образующие цепочку ССЗ простирания: наиболее крупные лавовые излияния приурочены к конусу Голодьяк, который расположен в южной части кальдеры в долине одноименного ручья. На рис. 2б видно, что доверительные интервалы дат по вулкану и конусу перекрываются. Морфологически конус Голодьяк появился позже, чем сформировался вулкан.

**V этап** отмечен извержением около 0.25 млн л.н. самых кислых пород в истории массива (рис. 2б). В северной части кальдеры расположено не менее четырех крупных риолитовых куполов, приуроченных к полукольцевой структуре (рис. 2а), с ними связаны небольшие проявления туфов и обсидианов. Выжимание экструзивно-эффузивных куполов, также как и на III этапе (дацитовые купола), не сопровождалось существенной эксплозивной активностью.

**VI этап** датируется около 0.18 млн л.н. (рис. 2б) и отвечает началу формирования конуса стратовулкана (рис. 2а). В строении конуса отчетливо

прослеживается переслаивание мощных горизонтов лав и пирокластики андезидацитового состава. Именно в это время в массиве Хангар начинаются крупные эксплозивные извержения, тефра которых могла распространяться далеко за пределы кальдеры. Примечательно, что лавы стратовулкана обнаружены (и датированы) на водоразделе ручьев Водопадный и Голодьяк. Очевидно, что поперечник вулкана был существенно больше, чем в наши дни. Кроме того, лавы не могли бы дотечь сюда, если бы тогда уже существовала глубокая долина руч. Водопадный. Следовательно, заложение разлома руч. Водопадный могло произойти в более позднее время, т.е. уже после 0.18 млн л.н.

### **Выводы**

Впервые установлен К-Аг возраст (~7 млн лет) заложения кальдеры Хангар – вулcano-тектонической кальдеры обрушения. Предложен механизм ее образования. Событие сопровождалось незначительной эффузивной активностью.

Выделены и датированы шесть этапов посткальдерной вулканической активности (~2; 0.4; 0.3; 0.25 и 0.18 млн л.н.). Показано, что высокая эксплозивность характерна только для извержений наиболее молодого этапа (<0.18 млн л.н.), на этом же этапе произошло заложение разлома ручья Водопадный.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями ГИН РАН и ГЕОХИ РАН.

### **Список литературы**

1. *Балуев Э.Ю., Перепелов А.Б., Базанова Л.И., Пузанков М.Ю.* Геологическое строение и эволюция вулканизма Хангарской вулканотектонической структуры // Вулканизм, структуры и рудообразование. Тезисы VII вулканологического совещания. Иркутск, 1992. С. 42-43.
2. Государственная геологическая карта РФ. М-6 1:200 000. Издание второе. Серия Хангарская. Лист N-57-VIII. СПб: ВСЕГЕИ. 2010.
3. Государственная геологическая карта РФ. М-6 1:200 000. Издание второе. Серия Хангарская. Лист N-57-XIV. СПб: ВСЕГЕИ. 2010.
4. *Колосков А.В., Коваленко Д.В.* Новые возрастные датировки проявления кайнозойского магматизма на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 1. Вып. 13. С. 231-236.
5. *Кутыев Ф.Ш., Лебедев М.М., Максимовский В.А.* О природе вулcano-тектонической структуры Хангар // Известия высш. учеб. заведений. Геология и разведка. 1976. № 7. С. 35-46.
6. *Певзнер М.М., Вольнец А.О., Лебедев В.А. и др.* Начало вулканической деятельности в пределах Срединно-метаморфического массива (Срединный хребет, Камчатка) // Доклады Академии наук. 2017. Т. 475. № 5. С. 546-550. DOI: 10.7868/S0869565217230153
7. *Bindeman I.N., Leonov V.L., Izbekov P.E. et al.* Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar–Ar and U–Pb ages, isotopic, and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2010. V. 189. P. 57-80. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2009.10.009
8. *Calder E.S., Lavallée Y., Kendrick J.E., Bernstein M.* Lava Dome Eruptions // The encyclopedia of volcanoes. Chapter 18. 2015. P. 343-362. DOI: 10.1016/B978-0-12-385938-9.00018-3
9. *Corbi F., Rivalta E., Pinel V. et al.* How caldera collapse shapes the shallow emplacement and transfer of magma in active volcanoes // Earth and Planetary Science Letters. 2015. V. 431. P. 287-293. DOI: 10.1016/j.epsl.2015.09.028
10. *Howard K.A., Simkin T., Geist D.J. et al.* Large hydromagmatic eruption related to Fernandina Volcano's 1968 caldera collapse – Deposits, landforms, and ecosystem recovery // Field Volcanology: A Tribute to the Distinguished Career of Don Swanson / Eds: M.P. Poland, M.O. Garcia, V.E. Camp, A. Grunder. 2019. V. 538. DOI: 10.1130/2018.2538(18)