

MacLeod C.J., Searle R.C., Murton B.J., et al. Life cycle of oceanic core complexes // Earth and Planetary Science Letters. 2009. Vol. 287. P. 333–344.

Müller R.D., Sdrolias M., Gaina C., Roest W.R. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust // Geochemistry. Geophysics. Geosystems. 2008. Vol. 9. Q04006.

**О.В. Бергаль-Кувикас<sup>1</sup>, К.А. Виаличка<sup>2</sup>, И.Н. Биндеман<sup>2</sup>, А.Н. Рогозин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский, Россия  
kuvikas@mail.ru*

<sup>2</sup> – *Университет Орегон, г. Юджин, США*

## **Изотопы кислорода – ключ к палеореконструкции условий формирования Верхнеавачинской кальдеры (Восточный вулканический пояс, Камчатка)**

**O.V. Bergal-Kuvikas<sup>1</sup>, K.A. Vialichka<sup>2</sup>, I.N. Bindeman<sup>2</sup>, A.N. Rogozin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *Institute of Volcanology and Seismology,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

<sup>2</sup> – *University of Oregon, Eugene, United States of America*

## **Oxygen isotopes as a key to paleoreconstruction of the formation conditions of the Verkhnyaya Avacha caldera (Eastern volcanic belt, Kamchatka)**

**Abstract.** The use of hydrogen and triple oxygen isotopes for determining paleo-altitudes of landscapes is a newly developed field of study referred to as “paleoaltimetry”. Previous work was focused primarily on the Tibetan Plateau, Himalayan Mountains, and Andes. Here, we use these tools to investigate the paleo-altitude and the origin of large-volume mafic ignimbrites (120 km<sup>3</sup>, 10 × 12 km) of Verkhnyay Avacha caldera (VC) in Eastern Kamchatka formed 5.8 Ma. The low δ<sup>18</sup>O (as low as –5.03 ‰) and δD (–182 ‰) values are spread across 1.2 km depths in many sampled sections of the caldera. The results support the existence of a massive meteoric-hydrothermal system throughout the cooling history of thick basaltic-andesitic intracaldera ignimbrite deposit. The δ<sup>18</sup>O values of altering meteoric water vary from –19 to –23 ‰, which is much lower than modern precipitation of –14 ‰ or –11 ‰ estimated for the 2–3 °C warmer climate of the late Miocene. Thus, the 5.8-Ma meteoric-hydrothermal system must have been fed by a high-altitude precipitation and likely glaciers.

Использование изотопов кислорода для определения палеовысот ландшафтов в настоящее время является новой областью исследований. Предыдущие работы в этой области были сосредоточены, в первую очередь, в Андах [Ehlers, Poulsen, 2009]. Разница между изотопным составом метеорных осадков на уровне моря и на больших высотах позволяет выполнить количественную оценку прошлых высот [Rowley et al., 2001] и рассчитать скорости поднятия или эрозии.

Наши работы направлены на выявление условий формирования Верхнеавачинской кальдеры (ВК), расположенной в Восточном вулканическом поясе Камчатки. Верхнемиоценовые базальт-андезитовые игнимбриты исследуемой кальдеры покрывают значительные территории (10 × 12 км, 120 км<sup>3</sup>) [Bergal-Kuvikas et al., 2019]. Использование сравнительного анализа распространения кальдер с базальт-андезитовым составом пород позволило идентифицировать нам всего пять подобных кальдер известных в мире (Масая в Никарагуа, Виларрика в Чили, Колли Албани в Италии, Танна и Санта Мария на Новых Гибридах) расположенных в субдукционных обстановках, что показало уникальность ВК [Бергаль-Кувикас и др., 2019].

Новые данные по изотопам кислорода свидетельствуют о том, что внутрикальдерные игнимбриты ВК демонстрируют низкие значения  $\delta^{18}\text{O}$ , достигающие  $-5.03\text{‰}$ , и  $\delta\text{D}$   $-182\text{‰}$  в диапазоне глубин 1.2 км в нескольких отобранных разрезах [Vialichka et al., 2024]. Результаты подтверждают существование массивной метеорно-гидротермальной системы на протяжении длительной истории остывания пирокластических потоков, образующих игнимбритовые толщи ВК. По нашим оценкам, значения  $\delta^{18}\text{O}$  метеорной воды составляют всего от  $-19$  до  $-23\text{‰}$ , что намного ниже таковых современных осадков ( $-14$  или  $-16\text{‰}$ ), оцененных для климата Камчатки, потеплевшего на  $2\text{--}3\text{ °C}$  в конце миоцена. Таким образом, метеорно-гидротермальная система ВК зависела от высотных осадков и ледников.

*Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 22-77-10019, <https://rscf.ru/project/22-77-10019/>.*

## Литература

*Бергаль-Кувикас О.В., Розозин А.Н., Кляццкий Е.С.* Использование сравнительного анализа распространения и происхождения кальдер с базальт-андезитовым составом магм для изучения генезиса миоценовых игнимбритов Восточного вулканического пояса Камчатки // Геодинамика и тектонофизика. 2019. Т. 10. № 3. С. 815–828.

*Bergal-Kuvikas O., Leonov V., Rogozin A., Bindeman I., Kliapitskiy E., Churikova T.* Stratigraphy, structure and geology of Late Miocene Verkhnevachinskaya caldera with basaltic-andesitic ignimbrites at Eastern Kamchatka // Journal of Geosciences. 2019. Vol. 64. P. 229–250.

*Ehlers T.A., Poulsen C.J.* Influence of Andean uplift on climate and paleoaltimetry estimates // Earth and Planetary Science Letters. 2009. Vol. 281. P. 238–248.

*Vialichka K., Bindeman I., Bergal-Kuvikas O., Rogozin A.* Paleoaltimetry and paleotectonic reconstruction using triple oxygen and hydrogen isotopes: depleted  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  values in ignimbrites of Verkhnevachinskaya caldera in Kamchatka // Article in press. Available at SSRN. 2024. 4707329.

*Rowley D.B., Pierrehumbert R.T., Currie B.S.* A new approach to stable isotope-based paleoaltimetry: Implications for paleoaltimetry and paleohypsometry of the high Himalaya since the late Miocene // Earth and Planetary Science Letters. 2001. Vol. 188. P. 253–268.

**В.А. Симонов, А.В. Котляров**

*Институт геологии и минералогии*

*им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

*kotlyarov@igm.nsc.ru*

## **Физико-химические параметры формирования вулканогенных комплексов Камчатки (термобарогеохимические данные)**

**V.A. Simonov, A.V. Kotlyarov**

*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia*

## **Physicochemical parameters of Kamchatka volcanogenic complexes formation: fluid inclusion data**

**Abstract.** Physicochemical conditions of volcanic island-arc magmatism in Kamchatka are established as a result of mineralogical and fluid inclusion studies. The composition of melt inclusions and minerals indicated the *PT*-parameters of magmatic systems of a number of volcanoes: Tolbachik, Ichinsky, Uksichan and Gorely. The depths of crystallization of minerals for these volcanoes are determined; they are consistent with geophysical data on the levels of accumulation (reservoirs) of magma. For Gorely Volcano, the presence of primary syngenetic melt and fluid inclusions is established directly indicating the phase separation (boiling)