

ФИНАЛЬНЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ В КОНТЕКСТЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ АЗИИ*

С. В. Рассказов^{1, 2}, Юссеф Аило², Йи-минь Сунь³, Чжэньхуа Сие³,
Чэнь Янг³, И. С. Чувашова^{1, 2}

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Институт вулканов и минеральных источников Хэйлуцзянской
Академии наук, Удаляньчи, Китай

Аннотация. Геологические наблюдения и результаты радиоизотопного датирования четвертичных вулканических пород свидетельствуют о завершении извержений в центральной части Байкальской рифтовой системы в связи с ее структурной перестройкой около 0,6 млн. л. н. Эта среднеплейстоценовая перестройка отразилась в эволюции вулканизма других полей Азии, но не влияла на вулканизм поля Удаляньчи. Прекращение вулканизма рифтовой системы объясняется включением механизма относительного горизонтального смещения слоев в литосфере и на границе литосфера–астеносфера в Байкало-Монгольском расплавленном регионе осевой части Японско-Байкальского геодинамического коридора, а нарастание частоты извержений поля Удаляньчи – контролем извержений зоной трансенсии литосферы, образовавшейся между Ханнуоба-Хэйлуцзянским и Танлу-Приморским расплавленными регионами.

Ключевые слова: Азия, четвертичный период, Байкальская рифтовая система, вулканизм, возраст.

ВВЕДЕНИЕ

Четвертичный вулканизм Тункинской долины уже более 40 лет привлекает внимание как объект геологических экскурсий [Geological excursions ..., 1975, с. 123–149; Кайнозойский континентальный рифтогенез ..., 2010.]. В базовых работах [Флоренсов, 1960; Логачев, 1974, с. 16–162] отмечалось переслаивание лавовых потоков Тункинской впадины с плейстоценовыми песками и предполагался наиболее молодой предголоценовый возраст вулканических извержений. Систематические работы по K–Ar и ⁴⁰Ar/³⁹Ar датированию вулканических пород с привлечением ¹⁴C и U–Th датировок для позднеплейстоценовых и голоценовых вулканов привели, однако, к заключению о возрасте вулканизма Тункинской впадины древнее 0,6 млн. л. н. Продолжавшиеся извержения до голоцена включительно были датированы только на северо-восточном и западном окончаниях Байкальской рифтовой системы [Эпизоды извержений ..., 1996, с. 3–15].

Позднеплейстоценовое время вулканизма в Тункинской долине неожиданно было обозначено вновь при обсуждении новых данных по разрезам Белый Яр I и II, охарактеризованным прежде Э. И. Равским [1972] и другими геологами. В этом местонахождении, а также в разрезе

* Работа подготовлена в Китайско-Российском исследовательском центре Удаляньчи-Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде, грант № P162011012 и грант научно-исследовательского фонда Академии наук провинции Хэйлуцзян КНР (2016 г.)

Тухрен Нур (Восточный Саян) были идентифицированы мельчайшие частички магнетита с монокристаллической структурой в слое возрастом около 12 тыс. л. и других слоях древнее 46 тыс. л. [Диагностика вулканических ... , 2016, с. 103–105]. Результаты анализа магнитной фракции свидетельствовали об эпизодическом поступлении закаленных магнетитовых частичек и их захоронении в осадочных толщах. Авторы предположили, что эти частички маркировали пепловый материал близких вулканических извержений в Тункинской долине и в долине р. Жом-Болок. Какие-либо пепловые частицы авторами непосредственно не идентифицировались.

Чтобы подчеркнуть смысл завершения вулканических извержений в Тункинской долине около 0,6 млн. л. н., мы приводим общий обзор характера проявления среднечетвертичного вулканизма в Байкальской рифтовой системе как новейшей структуре, получившей развитие в Японско-Байкальском геодинамическом коридоре Азии.

ВУЛКАНИЗМ ВО ВРЕМЯ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ АЗИИ ОКОЛО 0,6 МЛН. Л. Н.

Четвертичные извержения завершались на вулканических полях Азии в разное время (рис. 1). Вулканизм проявлялся во времени в зависимости от развития вулканоконтролирующей структуры. Общая перестройка Азии около 0,6 млн. л. н. сопровождалась угасанием вулканизма на одних полях и активизацией – на других. Так, в Олекмо-Становой орогенной системе, на Токинском Становике, извержения следовали за перестройкой и были ограничены временным интервалом 0,59–0,28 млн. л. н. На западном окончании Байкальской рифтовой системы, на Тарят-Чулутынском поле, за эпизодом перестройки следовали наиболее объемные вулканические извержения 0,6–0,4 млн. л. н., а на Восточно-Тувинском поле вулканизм этого временного интервала, наоборот, отсутствовал и проявился до него (0,8–0,6 млн. л. н.) и после (в последние 0,35 млн. лет). На северо-восточном окончании рифтовой системы, на Удоканском поле, вулканизм получил развитие, подобное развитию вулканизма Восточно-Тувинского поля. На последних трех полях (Тарят-Чулутынском, Восточно-Тувинском и Удоканском) извержения продолжались до голоцена включительно (рис. 2).

Вулканические поля Байкальской и Олекмо-Становой подвижных систем характеризуют развитие процессов в дальнем (Байкало-Монгольском) расплавленном регионе новейшего Японско-Байкальского геодинамического коридора Азии. В связи с этим представляет интерес характер эволюции вулканизма на поле Удаляньчи. В последние 2,5 млн. л. частота извержений этого поля последовательно возрастала с уменьшением интервалов между событиями от ~ 500 тыс. л. до ~ 20 тыс. л. В интервале 2,5–2,0 млн. л. н. на нем произошло 2 извержения, в интервале 1,3–0,8 млн. л. н. – 6 извержений, в последние 0,6 млн. лет – 17 извержений. Среднеплейстоценовая перестройка, отразившаяся в эволюции вулканизма полей Байкальской рифтовой системы, не влияла на вулканизм поля Удаляньчи.

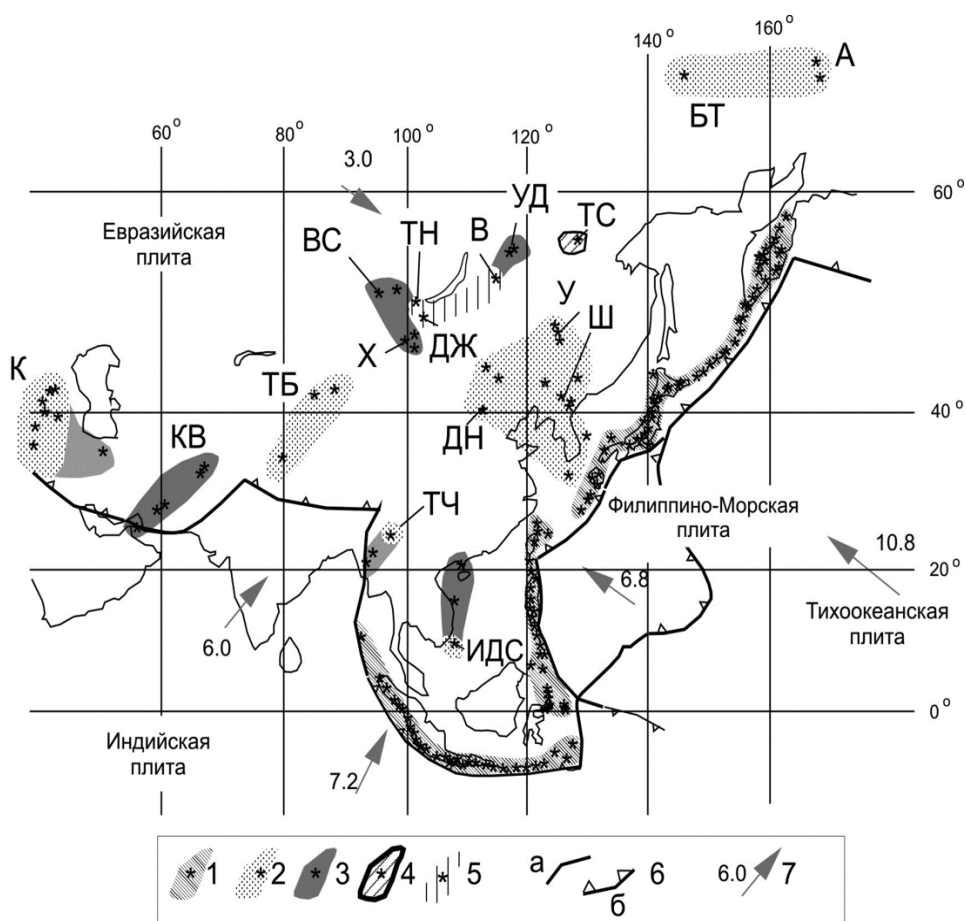


Рис. 1. Различное время завершения четвертичного вулканизма в Азии и сопредельной Европе:

1 – вулканы активных дуг восточной и юго-восточной границ Евразии; 2–5 – вулканы, расположенные в Евразии вблизи ее конвергентных границ, соответственно, последних 2 календарных тыс. л., 14,4–2 календарных. тыс. л., 0,6–0,3 млн. л. и >0,6 млн; 6 – межплитная граница (а) и такая же граница, подверженная сильному сжатию (б), 7 – направление и скорость современного движения плиты, см×год⁻¹. Вулканические территории: ТЧ, ТБ – Тенченг и Северный Тибет в Индо-Азиатской зоне конвергенции, ДН – Датун в рифтовой зоне Шанси; Ш, У – Чангбай, Удаляньчи в Восточно-Китайской рифтовой системе; Х, ВС – Центральная Монголия (Хангай), Восточный Саян в западной части Байкальской рифтовой системы, перекрывающейся с Центрально-Азиатской орогенной системой; ТН, ДЖ, В – Тункинская впадина, Джиджа, Витим в центральной части Байкальской рифтовой системы; УД – Удокан в ее северо-восточной части, перекрывающейся с Олекма-Становой орогенной системой; ТС – Токинский Становик в Олекма-Становой орогенной системе, КВ, К – Линия Кветта и Кавказ к западу от Индо-Азиатской зоны конвергенции; ИДС – Ил-де-Седрас в Юго-Восточной Азии; БТ, А – Баллаган-Тас и Анжуй в Северо-Восточной Азии. Из работы [Rasskazov, Taniguchi, 2006, 156 p.] с изменениями

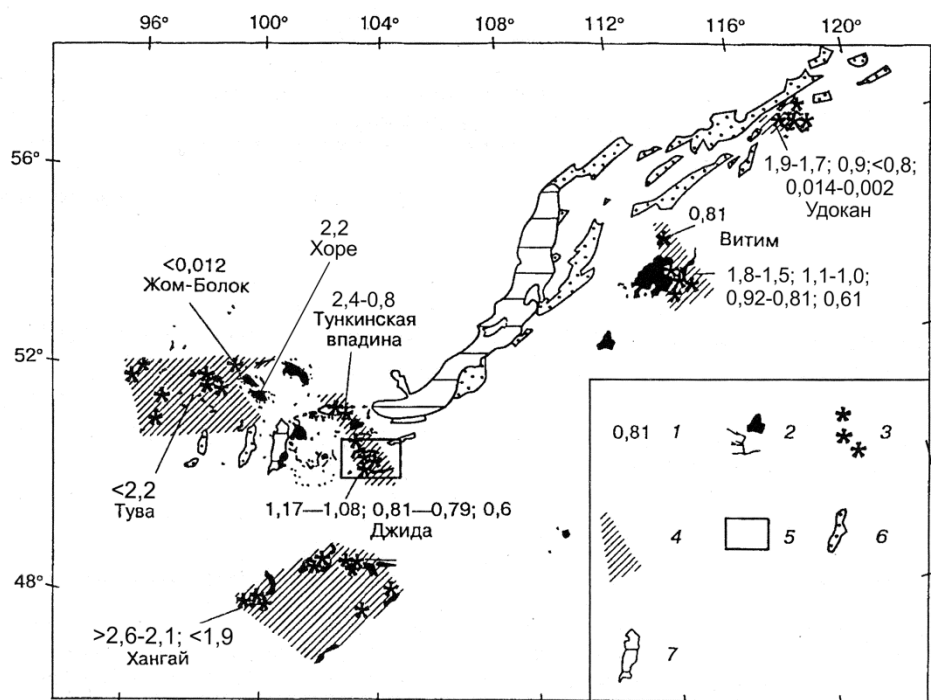


Рис. 2. Пространственное распределение четвертичного вулканизма в Байкальской рифтовой системе:

- 1 – радиоизотопная датировка или возрастной интервал четвертичного вулканизма;
 2 – вулканическое поле предшествующего позднекайнозойского вулканизма;
 3 – четвертичный вулкан; 4 – линейная зона или изометричный ареал четвертичного вулканизма; 5 – район четвертичного вулканизма бассейна р. Джиды, объединяющегося с вулканизмом Тункинской впадины в рамках зоны, активной в позднем кайнозое; 6 – суходольная впадина; 7 – озерная впадина.
 Из работы [Эпизоды извержений ..., 1996, с. 3–15] с уточнениями

ФИНАЛЬНЫЙ ВУЛКАНИЗМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ

Четвертичные извержения центральной части Байкальской рифтовой системы были сосредоточены в субмеридиональных вулканических зонах: Ингур-Малоамалатской и Транс-Хамардабанской. Первая протягивалась на 90 км в восточной части Витимского плоскогорья, вторая – на 165 км от Тункинского вулканического поля до Джидинского. Для пород Витимского поля получен интервал К–Аг и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировок 1,8–0,61 млн. л., для пород Джидинского поля – интервал 1,2–0,6 млн лет, для пород Тункинского поля – интервал 2,4–0,8 млн. л. Хорошо раскристаллизованная порода лавового покрова в центральной, наиболее погруженной части Тункинской впадины (но претерпевшей инверсионные восходящие движения), показала К–Аг возраст $1,57 \pm 0,03$ млн. л. Наряду с К–Аг датированием вулканических пород, была предпринята попытка датирования песков термолюминисцентным методом в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Пески, вскрытые в карьере левого берега р. Иркут ниже моста, были обожжены лавовым потоком с К–Аг датировкой $1,18 \pm 0,05$ млн. л.

Измерения показали запредельный возраст для использованной методики (более 0,9 млн. лет). Порода субмеридиональной дайки, прорывающей шлаки вулкана Хурай-Хобок, показала обратную намагниченность эпохи Матуяма (измерение В. А. Кравчинского).

ОБСУЖДЕНИЕ

На полях центральной части Байкальской рифтовой системы вулканизм прекратился около 0,6 млн. л. н. Приблизительно в это же время произошла инверсия тектонических движений, выраженная в поднятии Еловского отрога в Тункинской долине и Приморского хребта на западном побережье Южного Байкала.

В Байкальской рифтовой системе вулканизм маркировал эволюцию верхнемантийных расплавных аномалий, инициировавших проникновение магматических расплавов сквозь литосферу в интервале 16–14 млн. л. н. В течение последующего временного интервала литосфера смещалась относительно подлитосферных расплавных аномалий к востоку-юго-востоку со средней скоростью около $2 \text{ см} \times \text{год}^{-1}$. Амплитуда движения литосферы составила не менее 300 км. Прекращение вулканизма 0,6 млн. л. н. в центральной части рифтовой системы обозначило закупорку магмовыводящих каналов под ней, произошедшую вследствие резких относительных горизонтальных смещений слоев в литосфере и области перехода литосфера–астеносфера в слабых расплавных аномалиях осевой части дальнего (Байкало-Монгольского) региона Японско-Байкальского геодинамического коридора.

Исследование U-Th-изотопной системы вулканических пород Центральной Монголии и Восточного Саяна показало минимальную скорость плавления и апвеллинга мантийного материала расплавных аномалий этих территорий около 0,4–0,3 млн. л. н. и ее последующее возрастание [Оценка современной активности ... , 2014]. Иными словами, на западном фланге геодинамического коридора плавление и восходящее движение мантийного материала усиливалось, способствуя распространению более поздних извержений до голоцена включительно.

Действие механизма прекращения извержений в центральной части дальнего расплавного региона Японско-Байкальского геодинамического коридора подчеркивается отсутствием заметного влияния среднеплейстоценовой структурной перестройки на эволюцию вулканизма поля Удаляньчи, расположенного между его ближним (Танлу-Приморским) и средним (Ханнуоба-Хэйлуцзянским) расплавными регионами. Последовательное нарастание частоты извержений было обусловлено их контролем трансензионным сегментом, в центральной части которого извержения последовательно мигрировали с юго-запада на северо-восток со средней скоростью $0,8 \text{ см} \times \text{год}^{-1}$ от лавового потока Лаошантоу (извержение 2,5 млн. л. н.) через вулканы Уохушан (извержения в интервале 1,33–0,42 млн. л. н.), Бидзиашан (извержения в интервале 0,45–0,28 млн. л. н.), Лаохейшан (извержения 1720–1721 гг., возможно, более ранние) к вулкану Хуошаошан (извержение 1721 г.) [Sources of Quaternary ... , 2016].

Обращаясь к магнетитовым маркерам в позднеплейстоценовых песках Тункинской долины [Диагностика вулканических ... , 2016, с. 103–105], отметим, что они явно не имели отношения к каким-либо ближним вулканическим извержениям. Любые утверждения, основанные на косвенных

данных о возможности проявления вулканических событий в Тункинской долине моложе 0,6 млн. л. без идентификации реально существующих продуктов вулканических извержений, лишены смысла.

Магнетитовые маркеры могут объясняться различными гипотезами их земного и внеземного происхождения. По гипотезе земного происхождения, они могут интерпретироваться как производные дальнего неизвестного вулканического извержения или как результат деятельности ветра, по аналогии с интерпретацией находок мельчайших шариков в слоях стоянок древнего человека Байкальского региона. Предполагалось, что такие шарики приносились атмосферными потоками, периодически возникавшими на территории Азии (устное сообщение Г. И. Медведева в 2013 г.). По гипотезе внеземного происхождения, мельчайшие магнетитовые частички могли быть следствием случайного попадания в осадочные отложения плейстоцен–голоценового рубежа тектитов разного состава одной из полос Австралийско-Азиатского ареала [Изох, 1997, с. 628–660]. Наконец, в атмосфере мог разрушиться железный метеорит, подобный метеориту Мораско, упавшему в районе г. Познань, Польша

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологические наблюдения и результаты радиоизотопного датирования вулканических пород свидетельствуют о завершении вулканизма на Тункинском, Джидинском и Витимском полях центральной части Байкальской рифтовой системы около 0,6 млн. л. н. в связи с ее среднеплейстоценовой структурной перестройкой. В качестве причины прекращения вулканизма предполагается включение механизма относительного горизонтального смещения слоев внутри литосферы и на границе литосфера–астеносфера, проявившегося в слабых расплавных аномалиях дальнего (Байкало-Монгольского) региона осевой части Японско-Байкальского геодинамического коридора. Более молодые извержения на Восточно-Тувинском и Тарят-Чулутынском полях западного окончания Байкальской рифтовой системы (возможно, на Удоканском и других полях) отражали относительное усиление эффективного плавления и апвеллинга мантийного материала на флангах этого геодинамического коридора.

На поле Удалянчи, расположенном между ближним (Танлу-Приморским) и средним (Ханнуоба-Хэйлуцзянским) расплавными регионами Японско-Байкальского геодинамического коридора, заметного влияния среднеплейстоценовой структурной перестройки на эволюцию вулканизма не выявлено. Последовательное нарастание частоты извержений этого поля в течение последних 2,5 млн. л. объясняется их контролем развитием трансенсии литосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Диагностика вулканических событий в четвертичных отложениях Байкальской рифтовой зоны по петромагнитным данным / А. Ю. Казанский, Г. Г. Матасова, А. А. Щетников, И. А. Филинов, В. В. Чегис // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). – Иркутск : Ин-т земной коры СО РАН, 2016. – Вып. 14. – С. 103–105.
- Изох Э. П. Австрало-Азиатские тектиты и глобальная катастрофа около 10 000 лет тому назад, вызванная столкновением Земли с кометой / Э. П. Изох // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38, № 3. – С. 628–660.

- Кайнозойский континентальный рифтогенез: путеводитель геологической экскурсии в Тункинскую рифтовую долину / С. В. Рассказов, В. А. Саньков, В. В. Ружич, О. П. Смекалин. – Иркутск : Ин-т земной коры СО РАН, 2010. – 40 с.
- Логачев Н. А. Саяно-Байкальское и Становое нагорья / Н. А. Логачев // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. – М. : Наука, 1974. – С. 16–162.
- Оценка современной активности мантии Центральной Азии в ретроспективе четвертичных магматических событий: контроль плавления мантии накоплением и стаиванием ледников / С. В. Рассказов, Е. П. Чебыкин, И. С. Чувашова, Е. Н. Воднева, О. Н. Степанова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 91–101.
- Равский Э. И. Осадконакопление и климаты Внутренней Азии в антропогене / Э. И. Равский. – М. : Наука, 1972. – 336 с.
- Флоренсов Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья и Забайкалья / Н. А. Флоренсов. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1960. – 258 с.
- Эпизоды извержений и вариации состава четвертичных лав Байкальской рифтовой системы (Ar–Ar и K–Ar датирование вулканизма бассейна Джиды) / С. В. Рассказов, М. Дж. Кунк, Дж. Ф. Лур, С. А. Бауринг, И. С. Брандт, С. Б. Брандт, А. В. Иванов // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 6. – С. 3–15.
- Geological excursions. Rifting problems (materials for the symposium on the rift zones of the Earth) / ed. N. A. Florensov, N. A. Logatchev. – Irkutsk : Institute of Earth Crust AS USSR, 1975. – pp. 123–149.
- Rasskazov S.. Magmatic response to the Late Phanerozoic plate subduction beneath East Asia / S. Rasskazov, H. Taniguchi // CNEAS Monograph. – Japan : Tohoku University, 2006. – Series 21. – 156 p.
- Sources of Quaternary potassic volcanic rocks from Wudalianchi, China: Control by transtension at the lithosphere–asthenosphere boundary layer / S. Rasskazov, I. Chuvashova, Yi-min Sun, Chen Yang, Zhenhua Xie, T. A. Yasnygina, E. V. Saranina, Fang Zhengxing // Geodynamics and Tectonophysics. – 2016. – Vol. 7, № 4. – P. 495–532.

FINAL ERUPTIONS AT THE CENTRAL BAIKAL RIFT SYSTEM IN THE CONTEXT OF VOLCANIC EVENTS IN ASIA

S. V. Rasskazov^{1, 2}, Youssef Ailo², Yi-min Sun³,
Zhenhua Xie³, Chen Yang³, I. S. Chuvashova^{1, 2}

¹*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

³*Institute of Volcano and Mineral Spring, Heilongjiang Academy of Science, Wudalianchi, China*

Abstract. An area of Quaternary volcanism in the Tunka valley has been attracting attention as an object of geological excursions more than 40 years. In basic publications of N. A. Florensov and N. A. Logatchev, alternation of lava flows and Pleistocene sands in the valley was interpreted as indicator of the pre-Holocene age of volcanic eruptions. Geological observations and results of radioisotope dating of volcanic rocks indicate, however, finalizing eruptions in the Tunka, Dzhida, and Vitim volcanic fields, located in the central part of the Baikal Rift System, in connection with its structural reorganization about 0,6 Ma. On other volcanic fields of Asia, eruptions reactivated mainly after this reorganization. On the Tokko Stanovik field, volcanism was limited within the time interval of 0,59–0,28 Ma. On the Taryat-Chulutyn volcanic field, eruptions of 0,6–0,4 Ma were the most voluminous. On the East Tuva volcanic field, volcanism, on the contrary, was fading. Volcanism of this area reactivated mainly afterwards. On the Udokan volcanic field, volcanism evolved similar to the East Tuva volcanic field. On the last three fields (Taryat-Chulutyn, East Tuva, and Udokan), volcanism lasted until the Holocene. Unlike volcanoes of the Baikal Rift System, volcanoes of the Wudalianchi field were not affected by the structural reorganization. Eruptions occurred here in the last 2,5 Ma with consistently increasing frequency: 2 eruptions at 2,5–2,0 Ma, 6 eruptions between 1,3 and 0,8 Ma, and 17 eruptions in the past 0,6 Ma. Cessation of

volcanism in the central part of the Baikal Rift System is suggested to be due to switching on the mechanism of relative horizontal displacements of layers within the lithosphere and in the lithosphere–asthenosphere boundary of the Baikal-Mongolian melting region located at the axial portion of the Japan-Baikalian geodynamic corridor, whereas the increasing frequency of volcanic events in the Wudalianchi field is explained as a result of eruptions controlled by a transtension zone of the lithosphere developed between the Hannuoba-Heilongjiang and Tanlu-Primorye melting regions.

Keywords: Asia, Quaternary, Baikal Rift System, volcanism, age.

REFERENCES

- Florensov N. A. *Mezozoyskiye i kainozoyskiye vpadiny Pribaykaliya i Zabaykaliya. [Mesozoic and Cenozoic basins of Cisbaikal and Transbaikal Area]*. Moscow, Leningrad, AS USSR Publ., 1960, 258 p. (In Russ.)
- Florensov N. A., Logatchev N. A. (Ed) *Geological excursions. Rifting problems (materials for the symposium on the rift zones of the Earth)*. Irkutsk, Institute of Earth Crust AS USSR, 1975, pp. 123–149.
- Izokh E. P. Avstralo-Aziatskiye tektity i globalnaya katastrofa okolo 10 000 let tomu nazad, vyzvannaya stolknoveniem Zemli s kometoy [Australasian tektites and global catastrophe about 10 000 years ago, caused by the collision of Earth with a comet]. *Geologiya i Geofizika [Geology and Geophysics]*. 1997, Vol. 38, Is. 3, pp. 628–660. (In Russ.)
- Kazansky A. Yu., Matasova G. G., Shchetnikov A. A., Filinov I. A., Chegis V. V. Diagnostika vulkanicheskikh sobyitii v chetvertichnykh otlozheniyakh Baikalskoi riftovoi zony po petromagnitnym dannym [Diagnostics of volcanic events in the Quaternary sediments of the Baikal Rift Zone from petromagnetic data]. *Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tsentralno-Aziatskogo podvizhnogo poyasa (ot kontinenta k okeanu). [Geodynamic Evolution of the Lithosphere of the Central Asian Mobile belt (from ocean to continent)]*. Irkutsk, Institute of the Earth Crust SB RAS Publ., 2016, Vol. 14, pp. 103–105. (In Russ.)
- Logatchev N. A. *Sayan-Baikalskoye i Stanovoye nagoriya. Nagoriya Pribaykaliya i Zabaikaliya [Sayan-Baikalian and Stanovoi Highlands. Highlands of Pribaikal and Transbaikal]*. Moscow, Nauka Publ., 1974, pp. 16–62. (In Russ.)
- Rasskasov S. V., Chebykin E. P., Chuvashova I. S., Stepanova O. N., Vodneva E. N. Otsenka sovremennoi aktivnosti mantii Tsentralnoi Azii v retrospective chetvertichnykh magmaticheskikh sobyitii: control plavleniya mantii nakopleniem i staivaniem lednikov [Modern mantle activity in Central Asia in retrospection of 400 Ka inferred from U–Th-isotope systematics of volcanic rocks: Control of mantle melting by growing and thawing glaciers]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universitet. Seriya Nauki o Zemle [Bulletin of Irkutsk State University. Series. Earth Sciences]*. 2014, Vol. 8, Is. 2, pp. 91–101. (In Russ.)
- Rasskazov S. V., Chuvashova I. S., Sun Yi-min, Yang Chen, Xie Zhenhua, Yasnygina T. A., Saranina E. V., Zhengxing Fang Sources of Quaternary potassic volcanic rocks from Wudalianchi, China: Control by transtension at the lithosphere–asthenosphere boundary layer. *Geodinamika i Tektonofizika [Geodynamics and Tectonophysics]*, 2016. Vol. 7, Is. 4, pp. 495–532
- Rasskazov S. V., Kunk M. J., Luhr J. F., Bowring S. A., Brandt I. S., Brandt S. B., Ivanov A. V. Epizody izverzheniy i variatsii sostava chetvertichnykh lav Baikalskoi riftovoi sistemy (Ar–Ar i K–Ar datirovaniye vulkanizma basseina Dzhidy) [Episodes of eruptions and variations in the compositions in Quaternary lavas of the Baikal Rift System (Ar–Ar and K–Ar dating of volcanism in the Dzhida basin)]. *Geologiya i Geofizika [Geology and Geophysics]*. 1996, Vol. 37, Is. 6, pp. 3–15. (In Russ.)
- Rasskazov S. V., Sankov V. A., Ruzhich V. V., Smekalin O. P. *Kaynozoyiskii kontinentalnyi riftogenez: putevoditel geologicheskoi ekskursii v Tunkinskuyu riftovuyu dolinu [Cenozoic continental rifting: Guidebook for geological excursion to the Tunka rift valley]*. Irkutsk, Institute of Earth Crust SB RAS Publ., 2010, 40 p. (In Russ.)
- Rasskazov S., Taniguchi H. *Magmatic response to the Late Phanerozoic plate subduction beneath East Asia*. CNEAS Monograph Series No. 21. Tohoku University, Japan, 2006, 156 p.
- Ravsky E. I. *Osadkonakopleniye i klimaty Vnutrenney Azii [Sedimentation and climates of Inner Asia in the Anthropogene]*. Moscow, Nauka Publ., 1972, 336 p. (In Russ.)

Рассказов Сергей Васильевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заведующий лабораторией
изотопии и геохронологии,
Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
заведующий кафедрой динамической геоло-
гии,
Иркутский государственный университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: rassk@crust.irk.ru

Аило Юссеф

магистрант, Иркутский государственный
университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: youseph.gh@gmail.com

Сунь Йи-минь

научный сотрудник, Институт вулканов и
минеральных источников Хэйлунцзянской
Академии наук
164155, Китай, г. Удаляньчи, Хэйлунцзян
e-mail: 894817259@qq.com

Сие Чжэньхуа

доктор наук, профессор,
директор Института вулканов и мине-
ральных источников Хэйлунцзянской
Академии наук
164155, Китай, г. Удаляньчи, Хэйлунцзян
e-mail: huoshansuo@has.ac.cn

Янг Чэнь

доктор наук
помощник директора, Институт вулканов
и минеральных источников Хэйлунцзян-
ской Академии наук
164155, Китай, г. Удаляньчи, Хэйлунцзян

Чувашова Ирина Сергеевна

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
доцент кафедры динамической геологии,
Иркутский государственный университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: chuvashova@crust.irk.ru

Rasskazov Sergei Vasilievich

Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy),
Professor, Head of Laboratory for Isotopic
and Geochronological studies,
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
Head of Dynamic Geology Chair,
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, Russia, 664003
e-mail: rassk@crust.irk.ru

Ailo Youssef

Graduate Student,
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, Russia, 664003
e-mail: youseph.gh@gmail.com

Sun Yi-min

Researcher, Institute of Volcano and Mineral
Spring, Heilongjiang Academy of Science
Wudalianchi, Heilongjiang, China, 164155
e-mail: 894817259@qq.com

Xie Zhenhua

Doctor of Sciences,
Professor, Director of Institute of Volcano and
Mineral Spring,
Heilongjiang Academy of Science
Wudalianchi, Heilongjiang, China, 164155
e-mail: huoshansuo@has.ac.cn

Yang Chen

Doctor of Sciences
Deputy director, Institute of Volcano and
Mineral Spring, Heilongjiang Academy of Sci-
ence
Wudalianchi, Heilongjiang, China, 164155

Chuvashova Irina Sergeevna

Candidate of Sciences (Geology and Mineralo-
gy), Senior Researcher,
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
Assistant Professor of Dynamic Geology Chair,
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, Russia, 664003
e-mail: chuvashova@crust.irk.ru