



Оригинальная статья / Original article

УДК 551.211

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-121-131>

Сравнительный анализ кайнозойского вулканизма Восточно-Китайского блока и Тункинской рифтовой зоны Байкальской рифтовой системы

© Р.М. Лобацкая^a, Л.И. Аузина^b, Юнчжань Чжан^c, М.А. Вантеева^d,
М.И. Сапрыкина^e, А.А. Семилет^f, Ю.Е. Гиренко^g

^{a,b,d-g}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

^cНанкинский университет, г. Нанкин, Китай

Резюме: В процессе учебных практик в районах п. Аршан (Иркутская область, Россия) и г. Нанкин (Восточный Китай) были изучены некоторые вулканические структуры. Цель данного исследования заключалась в сборе полевого материала и последующем сравнительном анализе причин возникновения вулканических образований на исследуемых территориях. В статье дана геолого-тектоническая характеристика вулканической деятельности, описаны установленные причинно-следственные связи ее активизации и структурной приуроченности. В качестве методов использовались полевые исследования, анализ литературных и архивных материалов. Главным достижением исследований является определение глобальной причины, повлиявшей на вулканизм территорий. По мнению авторов, общность характеристик в значительной степени обусловлена последствиями Индо-Евразийской коллизии.

Ключевые слова: вулканизм, Тункинская впадина, Южно-Китайский блок, рифтогенез, субдукция, коллизия

Информация о статье: Дата поступления 18 декабря 2019 г.; дата принятия к печати 23 января 2020 г.; дата онлайн-размещения 30 марта 2020 г.

Для цитирования: Лобацкая Р.М., Аузина Л.И., Чжан Юнчжань, Вантеева М.А., Сапрыкина М.И., Семилет А.А., Гиренко Ю.Е. Сравнительный анализ кайнозойского вулканизма Восточно-Китайского блока и Тункинской рифтовой зоны Байкальской рифтовой системы. *Науки о Земле и недропользовании*. 2020. Т. 43. № 1. С. 121–131. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-121-131>

Comparative analysis of Cenozoic volcanism in the East China block and Tunkinsky rift zone of the Baikal rift system

© Raisa M. Lobatskaya^a, Larisa I. Auzina^b, Yongzhan Zhang^c, Marina A. Vanteeva^d,
Maria I. Saprykina^e, Andrey A. Semilet^f, Yuriy E. Girenko^g

^{a,b,d-g}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

^cNanjing University, Nanjing, China

Abstract: A few volcanic structures have been investigated during the practical training programs in the area of Arshan (Irkutsk Region, Russia) and Nanjing (East China). The purpose of the study has been to collect the field material and perform a comparative analysis of the causes of the volcanic structure formation in the study areas. The volcanic activity has been characterized in geological and tectonic terms, and causal relationships between its intensification and structural confinedness have been defined. The research methods include field studies, as well as the analysis of literary and archive materials. The main achievement of the research is the determination of the global cause that influenced the volcanism of the territories. According to the authors, the commonality of the characteristics is to a large extent due to the consequences of the India-Eurasia collision.

Keywords: volcanism, Tunkinsky depression, South China block, rifting, subduction, collision

Information about the article: Received December 18, 2019; accepted for publication January 23, 2020; available online March 30, 2020.

For citation: Lobatskaya RM, Auzina LI, Zhang Yongzhan, Vanteeva MA, Saprykina MI, Semilet AA, Girenko YE. Comparative analysis of Cenozoic volcanism in the East China block and Tunkinsky rift zone of the Baikal rift system. *Earth sciences and subsoil use*. 2020;43(1):121–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-121-131>



Введение

Самый молодой этап развития Земли начался 67 млн лет назад. В это время продолжалось активное формирование геологических структур, для которых характерен вулканизм. Прежде всего шло активное становление нового глобального плана границ литосферных плит, среди которых, как известно, выделяют три типа в зависимости от характера их движения относительно друг друга: конвергентные, дивергентные и трансформные границы. Для каждого из типов вулканизм является характерным процессом.

Предметом изучения в данной работе является вулканизм, проявленный в пределах двух типов границ: дивергентной – на территории Тункинской континентальной рифтовой впадины (Южная Сибирь, Россия), и конвергентной – на территории Южно-Китайского континентального блока (район Лухе, г. Нанкин, провинция Цзянсу, Восточный Китай).

Цель исследований заключалась в сборе полевого материала, последующем сравнительном анализе продуктов вулканизма и поисках общих глобальных причин их формирования.

Вулканизм Тункинской впадины

Байкальская рифтовая система (БРС) представляет собой крупную внутриконтинентальную дивергентную границу между Евразийской и Забайкальской литосферными плитами, осевая часть которой на протяжении 2500 км представлена рифтовыми впадинами и разломами, отделяющими впадины от блоковых поднятий плечей рифтовой системы. БРС входит в состав кайнозойских континентальных рифтов, представленных в Центральной Европе, Восточной Африке, Северной Америке и Азии. Все рифты связаны с механизмом растяжения литосферы, который может быть вызван как локальными, так и внешними региональными геодинамическими силами. БРС отличается от других систем развитием во внутренней части большого континента на значительном, до нескольких

тысяч километров, расстоянии от субдукционного поддвига Тихоокеанской плиты под Азиатский континент и зоны коллизионного столкновения Индийского субконтинента с Евразией. БРС – уникальное внутриплитное явление с геодинамической и тектонической точек зрения [1].

БРС включает 13 крупных котловин, отделенных друг от друга протяженными высокогорными хребтами и невысокими поперечными или диагональными перемычками. Эти котловины объединены в четыре рифтовых зоны: Муйскую, Байкальскую, Тункинскую и Хубсугульскую. Процессы на дивергентных границах подразделяют на несколько стадий: начального, затем зрелого рифтинга с сохранением континентальной литосферы под впадинами; начального и зрелого спрединга, сопровождающегося критическим утонением и разрывом континентальной литосферы и ее замещением океанической. Для БРС характерна стадия зрелого рифтинга.

Существует две модели Байкальского рифтинга:

– «активная», где основным источником энергии считается поток магмы, главенствующую роль играют глубинные термальные процессы, благодаря которым происходит плавление и утонение литосферы (подтверждение – аномалии Буге (Добрецов, 2001));

– «пассивная», в которой основная роль принадлежит латеральному движению литосферных плит (в данном случае Евразийской и Индо-Австралийской).

Большинство ученых рассматривают эти процессы как два последовательных самостоятельных этапа развития БРС [2].

Наиболее заметное проявление вулканизма происходило в Тункинской рифтовой зоне. Тункинский рифт протягивается с юго-западной оконечности Байкала на запад на 200 км и представляет собой чередование пяти межгорных впадин, заполненных кайнозойскими отложениями мощностью более 2,5 км и разделяющими впадины межвпадинными перемычками (рис. 1).



Рис. 1. Тункинский рифт (Белоусов В.М., Будэ И.Ю., Радзиминович Я.Б., 2011):

1 – котловины (I – Быстринская, II – Торская, III – Тункинская, IV – Хойтогольская, V – Туранская, VI – Мондинская); 2 – государственная граница; 3 – границы субъектов Российской Федерации

Fig. 1. Tunkinsky rift (Belousov V.M., Bude I.Y., Radsiminovich Y.B., 2011):

1 – basins (I – Bystrinskaya, II – Torskaya, III – Tunkinskaya, IV – Khoytogolskaya, V – Turanskaya, VI – Mondinskaya); 2 – state border, 3 – constituent territories of the Russian Federation

Проявление вулканизма Тункинско-Мондинской группы впадин началось в позднем мелу – раннем палеогене. В Тункинском рифтовом сегменте вулканизм активизировался на протяжении нескольких этапов: 57–72, 24–36, 8–16 и менее 5 млн лет назад. Базальты и туфы ранних извержений вскрыты бурением в основании осадочно-вулканогенного разреза Тункинской впадины. Крупные трещины, по которым происходили излияния базальтов, формировались в миоцене – раннем плиоцене, в условиях медленного прогибания днища впадины и сопровождающих его асимметричных поднятий плечей рифта, представленных горными хребтами¹. В каждом временном интервале извержения начинались оливиновыми толеитами и завершались содержащими базанит лавовыми извержениями. В настоящее время здесь сохранилось более 15 доступных для изучения вулканических построек (рис. 2).

Вулканические структуры в Тункинской рифтовой зоне весьма разнообразны. Одна из наиболее крупных и хорошо изученных вулканических структур Тункинской котловины – это Хурай-Хобок, она сложена в основном туфами, туфобрекчиями с высоким содержанием марганца, хрома и железа, что обусловило

цветовую гамму вулканического материала (см. рис. 2). Среди вулканических образований отмечаются сохранившиеся вулканические бомбы размерами от 40 до 270 см.

Тункинская долина является типичным примером проявления стадии зрелого рифтинга. Пространственно вулканические образования расположены в пределах впадины, однако чаще всего пространственно же тяготеют к плечам Тункинского рифта. Известны, кроме того, проявления вулканизма в пределах межвпадинных перемычек [3]. Расположение вулканических структур связано с коровыми разломами, которые выполняли роль подводных каналов для глубинного магматического вещества.

Вулканическая активность на территории Тункинской впадины протекала в четыре этапа (табл. 1). При этом характерно, что от начальных к финальным этапам вулканических последовательностей в Тункинской котловине содержание кремнезема снижалось, а щелочность возрастала. Кроме того, в позднекайнозойских базальтах были найдены глубинные включения. Основной структурообразующий и рельефообразующий разлом Тункинской рифтовой долины ограничивает ее северный крутой борт

¹ Лобацкая Р.М., Аузина Л.И., Шиленков В.Г., Лиштва А.В. Международная полевая практика на Байкале. География, геология, зоология, ботаника: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2008. 184 с.

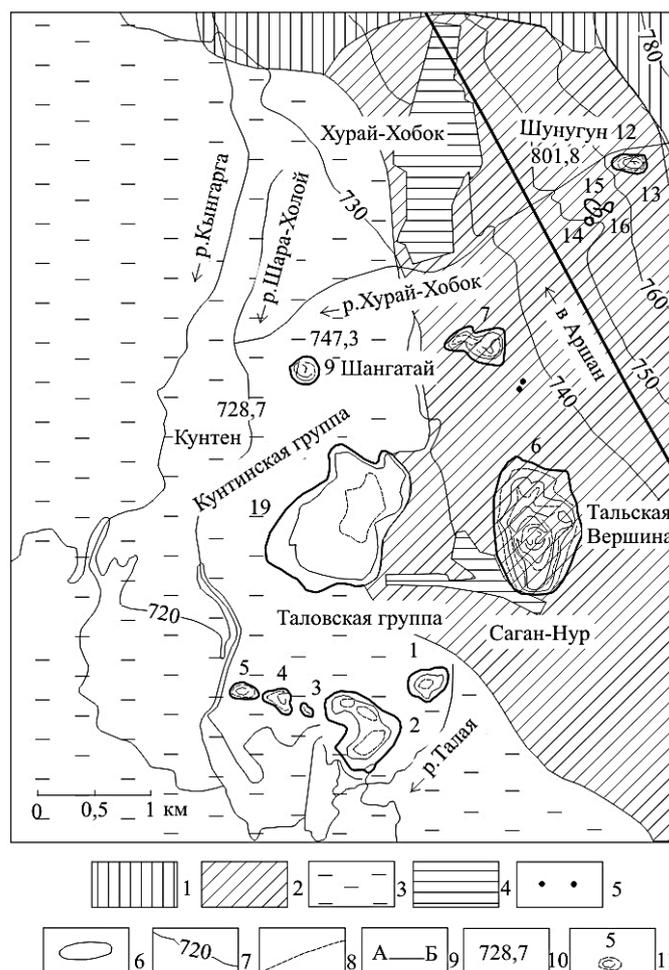


Рис. 2. Геоморфологическая схема с расположением вулканических структур в северо-восточной части Тункинской котловины (Ескин А.С., Бухаров А.А., Зорин Ю.А., 1976):

- 1 – предгорная наклонная равнина; 2 – аллювиальная равнина; 3 – озерно-болотная низина;
4 – населенный пункт; 5 – родники; 6 – контуры вулканов; 7 – горизонтали и их высоты;
8 – полугоризонталы; 9 – линия профиля; 10 – абсолютные отметки высот, м;
11 – вулканическая структура

Fig. 2. Geomorphological diagram indicating the location of the volcanic structures in the north-eastern part of the Tunkinsky depression (Eskin A.S., Bukharov A.A., Zorin Y.A., 1976):

- 1 – piedmont inclined plain; 2 – alluvial plain; 3 – lake-marsh lowland;
4 – settlement; 5 – springs; 6 – contours of volcanoes; 7 – contour lines and their heights;
8 – mediate contours; 9 – profile line; 10 – absolute elevations, m;
11 – volcanic structure

и погружается к югу под долину до нижней границы литосферы под ее южным плечом. Ксенолиты могли поступать с восходящими базальтовыми расплавами с различных глубин по сопутствующим разломам Тункинской разломной зоны [3].

Вулканизм на территории провинции Цзянсу (Китай)

Данная территория в тектоническом плане приурочена к Южно-Китайскому континентальному блоку, который располагается над субдукционной зоной

Тихоокеанской плиты. На территории широко представлены следы вулканической активности в виде вулканических построек.

Субдукция – это процесс погружения одного блока земной коры под другой. При погружении Тихоокеанской плиты под Евразийскую из-за разных скоростей движения субдуцирующей океанской плиты и расположенной над ней континентальной в континентальной литосферной плите возникали зоны



Таблица 1

**Обобщающая таблица позднемезозойского-кайнозойского вулканизма
Тункинской впадины (Южная Сибирь, Россия)**

Table 1

**Summary table of the Late Mesozoic-Cenozoic volcanism
In Tunkinsky Depression (South Siberia, Russia)**

Критерий оценивания	Тункинская впадина, Южная Сибирь
Этапы MZ-KZ тектоногенеза:	
четвертый	Плиоцен-четвертичный
третий	Миоцен (нерасчлененный)
второй	Эоцен-олигоцен
первый	Поздний мел – палеоцен
Тип границ литосферных плит	Дивергентная
Геологические структуры	Континентальная Байкальская рифтовая система
Структурная приуроченность вулканизма	Внутрикоровые разломы Тункинского рифта
Вулканические горные породы	Оливиновые толеиты, базаниты, щелочные базальты, гавайиты

растяжения – компенсационные структуры. Эти компенсационные структуры характеризуются утонением и активным растрескиванием коры, вследствие чего становятся наиболее проницаемы для магматического материала, возникающего в ходе трения над субдуцирующей плитой.

Вулканы распределены спорадически, бессистемно и повсеместно приурочены к разломным структурам. Ведущую роль играют разлом первого порядка Тан-Лу и опережающие его тектонические нарушения второго порядка северо-восточного и северо-западного простирания (рис. 3) [4].

На территории выделяется три крупных периода вулканизма: ранне-палеогеновый, неогеновый и плиоцен-четвертичный.

Большая часть раннекайнозойских базальтоидов представлена толеитами, но в некоторых ареалах преобладают щелочные оливиновые базальты и базаниты [5].

Недалеко от г. Нанкин располагается вулканический парк Лухе, в пределах которого наблюдаются наиболее крупные вулканические структуры: Ваншань, Лингуаншань, Губашань, Гуйцзишань.

На рис. 4 представлен вулкан Гуйцзишань (Гуйцзи), который активизировался в плиоцене – плейстоцене. Породы представлены базальтами с большим содержанием железа, а характерная для них базальтовая отдельность имеет форму правильных шестигранных призм.

Вулканическая активность в Восточном Китае, как было сказано выше, является в первую очередь результатом поступления по коровым трещинам субдукционного материала. Характерные вулканические горные породы региона – толеиты, щелочные оливиновые базальты, базаниты (табл. 2). Известно, что некоторые базальты являются продуктами переплавления корового вещества с мантийным и несут в себе мантийные ксенолиты [5, 6]. «Столбчатая отдельность» свидетельствует о спокойном излиянии базальтовой лавы на поверхность [7].

**Глобальный
тектонический триггер**

Однако наряду с вышеописанными процессами рифтинга и субдукции существует еще один процесс, который не мог не оказать влияние на геодинамический режим изучаемых территорий – процесс Индо-Евразийской коллизии.

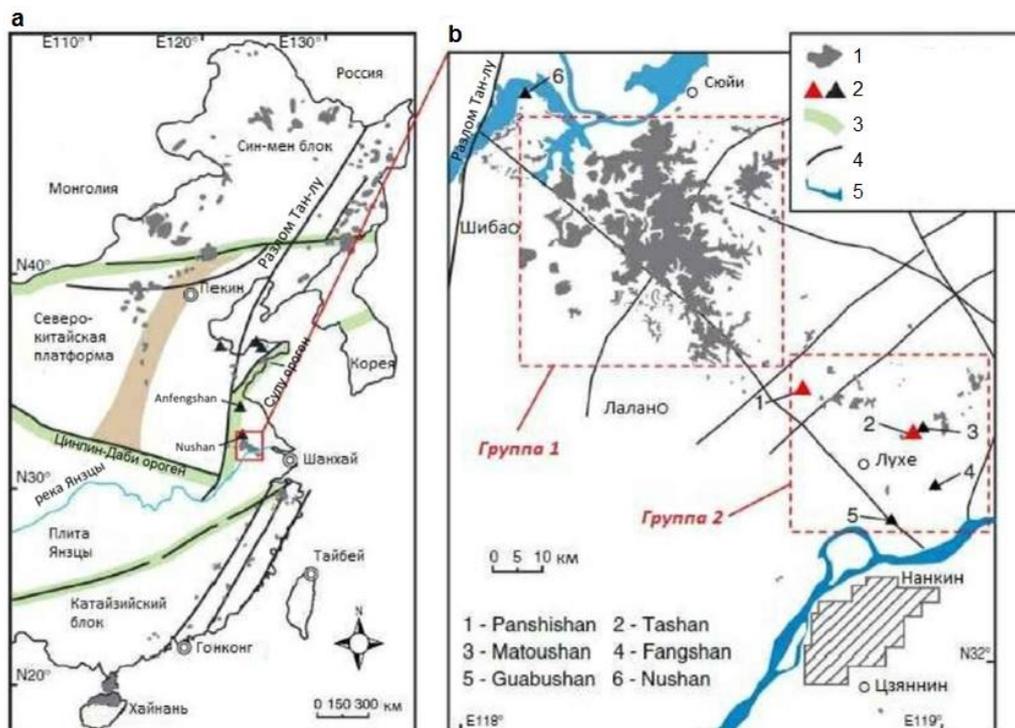


Рис. 3. Схематические карты распределения разломов и продуктов вулканизма в Южно-Китайском континентальном блоке:

a – схематическая геологическая карта восточного Китая (Лю и др., 1992);

b – распределение кайнозойских базальтов в базальтовом поле г. Нанкин, Восточный Китай (Институт геологической службы Аньхой, 1977; Институт геологической службы Цзянсу, 1978; Чжао и др., 1983)

1 – кайнозойские базальты; 2 – вулканы; 3 – границы блоков; 4 – главный разлом; 5 – река и озеро

Fig. 3. Schematic maps of the fault and volcanic product distribution in the South China continental block:

a – schematic geological map of eastern China (Liu et al., 1992);

b – distribution of Cenozoic basalts in Nanjing basaltic field, eastern China (Anhui Institute of Geological Survey, 1977; Jiangsu Institute of Geological Survey, 1978; Zhao et al., 1983)

1 – Cenozoic basalts; 2 – volcanoes; 3 – boundaries of the blocks; 4 – main fault; 5 – river and lake



Рис. 4. Вулкан Гуйцзишань (Гуйцзи) (фото авторов)
Fig. 4. Guizishan Volcano (Guizi) (photo by the authors)



Таблица 2

Обобщающая таблица позднемезозойского-кайнозойского вулканизма района Лухе (Восточный Китай)

Table 2

Summary table of the Late Mesozoic-Cenozoic volcanism in Luhe area, East China

Критерий оценивания	Район Лухе, Восточный Китай
Этапы MZ-KZ тектоногенеза:	
четвертый	Плиоцен-четвертичный
третий	Ранний-средний миоцен
второй	Палеоген (нерасчлененный)
первый	
Тип границ литосферных плит	Конвергентная
Геологические структуры	Южно-Китайский континентальный блок над Тихоокеанской зоной субдукции
Структурная приуроченность вулканизма	Компенсационные коровые разломы над зоной субдукции
Вулканические горные породы	Толейты, щелочные оливиновые базальты, базаниты

Столкновение Индийской плиты с Евразийской началось примерно 50 млн лет назад. Индийская плита действовала как индентор, «сжимающий» более пластичные породы Евразийской плиты [8]. Многие исследователи не без оснований считают, что активное рассеянное континентальное разломообразование на тер-

ритории Восточного Китая непосредственно связано с Индо-Евразийским столкновением (рис. 5). В свою очередь разломы, сформировавшиеся как «отклик» на столкновение континентальных плит, и послужили основой для структурной приуроченности и локализации вулканов.

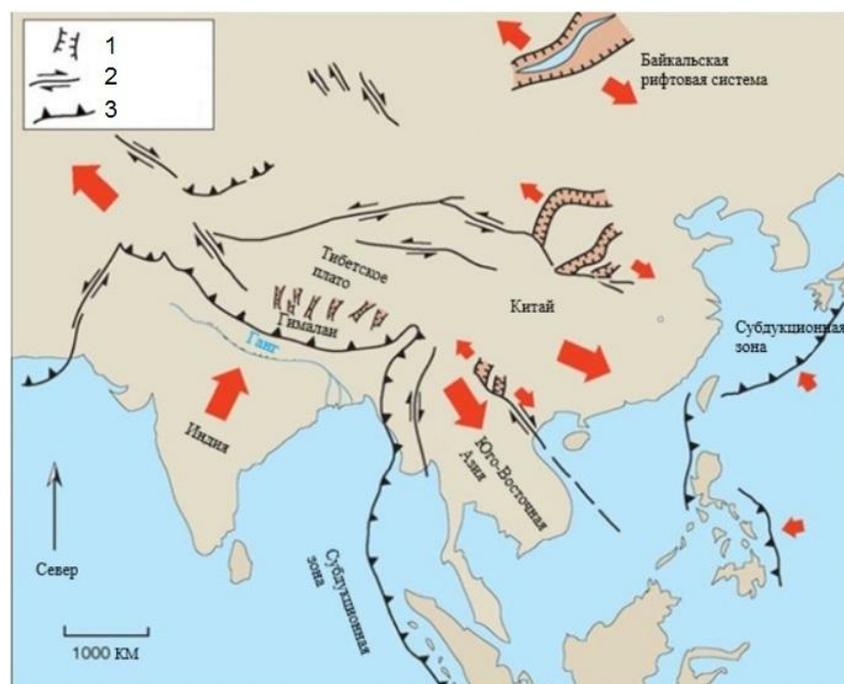


Рис. 5. Схема движения литосферных плит (Molnar P., Tapponier P., 1975)

1 – рифтовая долина; 2 – сдвиговый разлом; 3 – надвиг

Fig. 5. Pattern of lithospheric plate motion (Molnar P., Tapponier P., 1975)

1 – rift valley; 2 – shift fault; 3 – overthrust

Некоторые исследователи не исключают воздействия возникших полей напряжений и на развитие БРС. Современное геодинамическое влияние на сейсмотектонический режим Байкальской рифтовой зоны со стороны Индо-Евразийской зоны коллизии проявляется в виде умеренного горизонтального сжатия литосферы, в основном распространяющегося на юго-западную и в некоторой степени центральную часть Байкальской рифтовой зоны [9]. Но в начальный период столкновения это могло послужить триггером для развития рифтовых процессов.

Заключение

В процессе работы были изучены две территории, находящиеся в разных тектонических областях. Однако, как было показано выше, по некоторым критериям, таким как возраст, вещественный состав,

приуроченность к внутрикоровым разломам, изучаемые объекты имеют некоторые общие черты. Материал, полученный в процессе полевых исследований, дает повод для более углубленного сравнительного анализа (табл. 3).

Как видно из сравнительного анализа (см. табл. 3), проявления вулканизма на обеих территориях укладываются в примерно одинаковые промежутки времени, но в связи с неполной изученностью некоторые периоды вулканической активности остались нерасчлененными, неполными и условно стратифицированными. Также стоит помнить, что данные территории принадлежат различным геодинамическим обстановкам. Тункинская впадина относится к континентальной БРС, а Южно-Китайский континентальный блок располагается над зоной субдукции Тихоокеанской плиты. Но и в первом,

Таблица 3

**Сравнительный анализ позднемезозойского-кайнозойского вулканизма
Тункинской впадины (Южная Сибирь, Россия) и района Лухе (Восточный Китай)**

Table 3

**Comparative analysis of the Late Mesozoic-Cenozoic volcanism
In Tunkinsky depression (South Siberia, Russia) and Luhe area (Eastern China)**

Критерий оценивания	Тункинская впадина, Южная Сибирь	Район Лухе, Восточный Китай
Этапы MZ-KZ тектоногенеза:		
четвертый	Плиоцен-четвертичный	Плиоцен-четвертичный
третий	Миоцен (нерасчлененный)	Ранний-средний миоцен
второй	Эоцен-олигоцен	Палеоген (нерасчлененный)
первый	Поздний мел – палеоцен	
Тип границ литосферных плит	Дивергентная	Конвергентная
Геологические структуры	Континентальная Байкальская рифтовая система	Южно-Китайский континентальный блок над Тихоокеанской зоной субдукции
Структурная приуроченность вулканизма	Внутрикоровые разломы Тункинского рифта	Компенсационные коровые разломы над зоной субдукции
Вулканические горные породы	Оливиновые толеиты, базаниты, щелочные базальты, гавайиты	Толеиты, щелочные оливиновые базальты, базаниты
Глобальный тектонический триггер MZ-KZ активизации	Индо-Евразийская коллизия	
Глобальные структурные последствия на территориях Южной Сибири и Восточного Китая	Активное разломообразование и континентальный вулканизм	



и во втором случае вулканизм приурочен к коровым разломам, возникшим вследствие растяжения земной коры. Вулканические горные породы также имеют схожий состав и связь с мантийным веществом.

Тектоническим триггером для внутриконтинентальной вулкано-тектонической активизации и формирования общих

черт вулканизма в двух областях с различной геодинамической обстановкой в той или иной мере могла послужить Индо-Евразийская коллизия, которая могла стать причиной активного внутриконтинентального разломообразования и, как следствие, континентального вулканизма.

Библиографический список

1. Логачев Н.А. Главные структурные черты и геодинамика Байкальской рифтовой зоны // Физическая мезомеханика. 1999. Т. 2. № 1-2. С. 163–170.

2. Диденков Ю.Н., Аузина Л.И. Гидротермальные системы различных окраин литосферных плит // Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. уч. Петропавловск-Камчатский, 2019. С. 35–38.

3. Рассказов С.В., Саньков В.А., Ружич В.В., Смекалин О.П. Кайнозойский континентальный рифтогенез: путеводитель геологической экскурсии в Тункинскую рифтовую долину: Всерос. науч. симпозиум с междунар. уч. Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2010. 40 с.

4. Федоров П.И. Кайнозойский вулканизм в зонах растяжения на восточной окраине Азии // Труды Геологического института. 2006. № 537. С. 1–316.

5. Zeng G., Chen L.-H., Hu S.-L., Xu X.-S., Yang L.-F. Genesis of Cenozoic low-Ca alkaline basalts in the Nanjing basaltic field, eastern China: The case for mantle xenolith-magma interaction //

Geochemistry Geophysics Geosystems. 2013. Vol. 14. Iss. 5. P. 1660–1677. <https://doi.org/10.1002/ggge.20127>

6. Fang Y., Peng D., Lin C. The study of basalt and its xenolith of mt. Fang in Luhe county, Kiangsu province // Journal of Nanjing University. 1979. Vol. 3. P. 57–75.

7. Трапезников Д.Е., Сунцев А.С., Рыбальченко Т.М. К вопросу о происхождении столбчатой отдельности в базальтах и ее аналогов // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 8–15.

8. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. Features of recent continental tectonics in Asia can be interpreted as results of the India-Eurasia collision // Science. 1975. Vol. 189. No. 4201. P. 419–426. <https://doi.org/10.1126/science.189.4201.419>

9. Ружич В.В., Кочарян Г.Г., Левина Е.А. Оценка геодинамического влияния зон коллизии и субдукции на сейсмотектонический режим Байкальского рифта // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7. № 3. С. 383–406. <https://doi.org/10.5800/GT-2016-7-3-0214>

References

1. Logachev NA. The main structural features and geodynamics of the Baikal rift zone. *Fizicheskaya mezomekhanika*. 1999;2(1-2):163–170. (In Russ.)

2. Didenkov YuN, Auzina LI. Hydrothermal systems of various lithospheric plates margins. *Geotermal'naya vulkanologiya, gidrogeologiya, geologiya nefi i gaza: materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* = Geothermal Volcanology Workshop 2019: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation. Petropavlovsk-Kamchatsky; 2019. p.35–38. (In Russ.)

3. Rasskazov SV, San'kov VA, Ruzhich VV, Smekalin OP. *Cenozoic continental rifting: Guidebook of the geologic excursion to the Tunka rift*. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS; 2010. 40 p. (In Russ.)

4. Fedorov PI. Cenozoic volcanism of extension zones of the Eastern Asia continental margin. *Transaction of the Geological Institute*. 2006;537:1–316. (In Russ.)

5. Zeng G, Chen L-H, Hu S-L, Xu X-S, Yang L-F. Genesis of Cenozoic low-Ca alkaline basalts in the Nanjing basaltic field, eastern China: The case for mantle xenolith-magma interaction. *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 2013;14(5):1660–1677. <https://doi.org/10.1002/ggge.20127>

6. Fang Y, Peng D, Lin C. The study of basalt and its xenolith of mt. Fang in Luhe county, Kiangsu province. *Journal of Nanjing University*. 1979;3:57–75.

7. Trapeznikov DE, Suntsev AS, Rybalchenko TM. On the question of origin of the columnar separately in the basalts and its analogs. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya* = Bulletin of Perm University. Geology. 2012;2:8–15. (In Russ.)



8. Molnar P, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. Features of recent continental tectonics in Asia can be interpreted as results of the India-Eurasia collision. *Science*. 1975;189(4201):419–426. <https://doi.org/10.1126/science.189.4201.419>

9. Ruzhich VV, Kocharyan GG, Levina EA. Estimated geodynamic impact from zones of collision and subduction on the seismotectonic regime in the Baikal rift. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016;7(3):383–406. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2016-7-3-0214>

Критерии авторства / Authorship criteria

Лобацкая Р.М., Аузина Л.И., Чжан Юнчжань, Вантеева М.А., Сапрыкина М.И., Семилет А.А., Гиренко Ю.Е. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Raisa M. Lobatskaya, Larisa I. Auzina, Yongzhan Zhang, Marina A. Vanteeva, Maria I. Saprykina, Andrey A. Semilet, Yuriy E. Girenko are the authors of the article, hold equal copyright and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Сведения об авторах / Information about the authors



Лобацкая Раиса Моисеевна,

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
зав. кафедрой ювелирного дизайна и технологий,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,

✉ e-mail: lobatskaya@gmail.com

Raisa M. Lobatskaya,

Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Professor,
Head of the Department of Jewelry Design and Technology,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,

✉ e-mail: lobatskaya@gmail.com



Аузина Лариса Ивановна,

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
доцент кафедры прикладной геологии,
геофизики и геоинформационных систем,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: lauzina@mail.ru

Larisa I. Auzina,

Cand. Sci. (Geol. & Mineral.), Docent,
Associate Professor, Department of Applied Geology,
Geophysics, and Geoinformation Systems,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: lauzina@mail.ru



Чжан Юнчжань,
кандидат наук,
Школа географии и океанологии,
Нанкинский университет,
210023, г. Нанкин, просп. Сяньлинь, 163, Китай,
e-mail: zhangyzh@nju.edu.cn
Yongzhan Zhang,
PhD,
School of Geography & Ocean Science,
Nanjing University,
163 Xianlin Ave, Nanjing 210023, China,
e-mail: zhangyzh@nju.edu.cn



Вантеева Марина Андреевна,
студентка,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: vanteeva98@mail.ru
Marina A. Vanteeva,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: vanteeva98@mail.ru



Сапрыкина Мария Игоревна,
студентка,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: msaprykina@live.ru
Mariya I. Saprykina,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: msaprykina@live.ru



Семилет Андрей Алексеевич,
студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: andrey.semilet.99@mail.ru
Andrey A. Semilet,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: andrey.semilet.99@mail.ru



Гиренко Юрий Евгеньевич,
студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: girenkoyurii@mail.ru
Yuriy E. Girenko,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: girenkoyurii@mail.ru