

**Позднемезозойский магматизм рифтогенных впадин Западного и Восточного Забайкалья: источники вещества и геодинамическая природа вулканитов на основе изотопно-геохимических данных**

**Федерягина Е.Н.<sup>1</sup>, Воронцов А.А.<sup>2</sup>, Сасим С.А.<sup>1</sup>, Дриль С.И.<sup>2</sup>**

**Late Mesozoic magmatism of rift depression in Western and Eastern Transbaikalia: magma sources and geodynamic nature of volcanics based on isotope-geochemical data**

**Federyagina E.N., Vorontsov A.A., Sasim S.A., Dril S.I.**

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, г. Иркутск;

e-mail: katerinka19.85@mail.ru

<sup>2</sup> Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск

В работе описаны изотопно-геохимические характеристики вулканитов рифтогенных впадин Западного и Восточного Забайкалья средне-позднеюрского, раннемелового и позднемелового этапа внутриплитового магматизма.

Территория Восточного Забайкалья находится на сопряжении развития Восточно-Монгольской (ВМВО) и Большехинганской (БХВО) вулканических областей. Развитие ВМВО началось в начале раннего мела и было связано с процессами внутриконтинентального рифтогенеза, вызванного мантийным плюмом [5, 6]. Формирование БХВО происходило в интервале времени от 166 до 115 млн лет назад [6, 9] в режиме активной континентальной окраины и характеризовалось поперечной геохимической зональностью, определившей появление высококалийных вулканитов в ее тыловой части. Рифтогенные впадины Западного и Восточного Забайкалья представляют собой пример структур, сформировавшихся в этап постаккреционного растяжения, но принадлежащих разным вулканическим областям. Они находятся по разные стороны от осевой части Монголо-Охотского пояса, что позволяет сравнить их с позиции разных геодинамических механизмов их формирования. Во впадинах в ходе их формирования на разных этапах позднего мезозоя проявился вулканизм различной геохимической специфики [1-4, 7].

На графике (рис. 1) показаны спектры распределения редких элементов вулканитов трех возрастных уровней – J<sub>2-3</sub> (проявленные в Александрово-Заводской, Нерчинской, Еравнинской и Удинской впадинах), K<sub>1</sub> (в Зазинской, Нерчинской и Еравнинской впадинах) и K<sub>2</sub> (область сочленения Удинской и Еравнинской впадин). Средне-верхнеюрский магматизм, проявленный в отмеченных впадинах (рис. 1Б), характеризуется в спектрах распределения редких элементов глубокими отрицательными аномалиями Nb, Ti, P при ярко выраженных положительных аномалиях Ba и Pb на фоне общего высокого нормированного содержания редких некогерентных элементов. Отдельные элементы (Th, U, Sr, Eu) в вулканитах разных впадин показывают контрастное распределение, вероятно, обусловленное процессами дифференциации отдельных минералов в расплаве (циркон, плагиоклаз). В целом, характер распределения редких элементов средне-позднемезозойского возраста отражает явные признаки субдукционного компонента в их родоначальном расплаве и наиболее схож со средним составом континентальной коры областей активных континентальных окраин.

Спектры распределения редких элементов в раннемеловых вулканитах Удинской впадины Западного Забайкалья имеют существенные отличия – в них отмечаются ярко выраженные положительные аномалии Ba, Sr, La и отрицательные аномалии Th, U, Ti, Y и Nb при высоких нормированных содержаниях LILE, LREE, отмечая общее сходство с базальтами типа OIB.

Позднемеловые вулканиты зоны сочленения Еравнинской и Удинской впадин Западного Забайкалья имеют близкие до идентичных OIB спектры распределения редких элементов (рис. 1А), отличаясь в отдельных пробах от OIB повышенными концентрациями Ba, Th, U, Nb и LREE и слабовыраженной аномалией по Ti, но при

этом сохраняя общую симметрию к спектру ОИВ и пород между собой, что может отражать разную степень парциального плавления первоначальных магм, либо разную степень фракционирования.

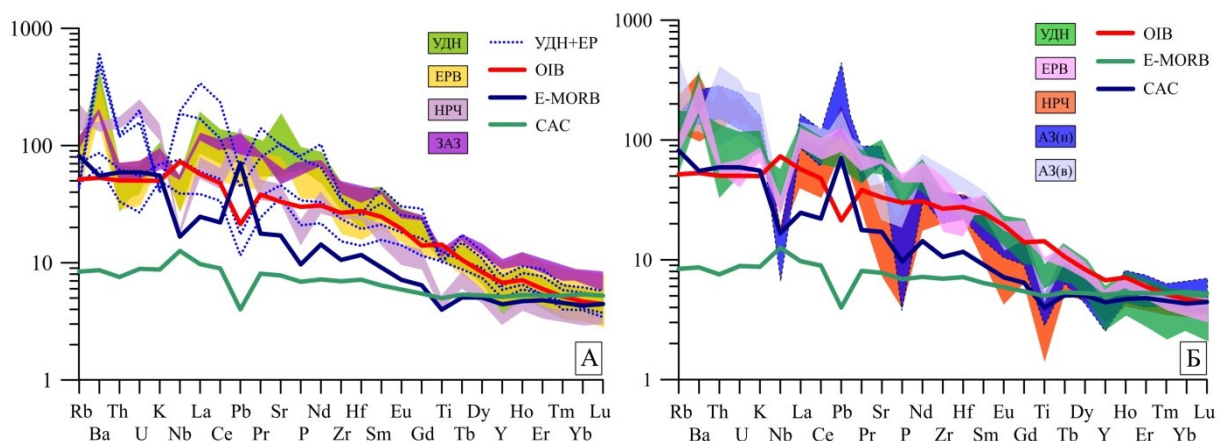


Рис. 1. Диаграммы распределения микроэлементов вулканитов ранне- и позднемелового возраста (А) и вулканитов средне-позднеюрского возраста (Б). Породы нормированы на состав примитивной мантии по [8].

Примечательно, что средне-позднеюрские вулканиты Удинской впадины Западного Забайкалья, вулканиты верхней пачки кайласской свиты Александрово-Заводской впадины (АЗ(в), рис. 1Б), раннемеловые вулканиты Нерчинской впадины несут в себе смешанные геохимические черты между типичными средне-позднеюрскими породами Восточного и Западного Забайкалья, вероятно, указывая на гибридную природу родоначальных расплавов (источников вещества), участвующих в их формировании, в том числе возможную степень коровой контаминации.

На диаграмме Th-Hf/3-Nb/16 (рис. 2А) средне-позднеюрские и раннемеловые вулканиты основного состава хорошо разделяются друг от друга, первые из них локализируются в области базальтов субдукционных обстановок, тогда как вторые тяготеют к области базальтов внутриплитных обстановок и/или базальтов внутриплитных обстановок и обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов. Положение раннемеловых вулканитов Нерчинской впадины Восточного Забайкалья отлично от этой закономерности, что в совокупности с распределением редких элементов (рис. 1А) несет в себе признаки субдукционного компонента в генезисе их магм, что также отмечается в координатах  $Th_N-Nb_N$  (рис. 2В). Обращает на себя внимание наблюдающаяся эволюционная закономерность изменения источника вещества родоначальных магм, отмеченная в виде тренда от зоны D (базальты зон субдукции) к зоне С (базальты внутриплитных обстановок) через область В (переходные геохимические характеристики, включающие базальты внутриплитных обстановок и обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов), что отражает, соответственно, эволюцию источников вещества магм от средней-поздней юры до позднего мела (рис. 2А). Подобные закономерности можно проследить на диаграмме  $Th_N-Nb_N$  (рис. 2Б), на которой все средне-позднеюрские породы локализованы в области субдукционных обстановок (активных континентальных окраин и островных дуг с корой разной природы), а ранне- и позднемеловые вулканиты Западного Забайкалья лежат в области несубдукционных океанических обстановок и рифтогенных областей. Положение позднемеловых вулканитов зоны сочленения Еравнинской и Удинской впадины характеризуется более высокими значениями величин  $Th_N-Nb_N$ , отражая увеличение компонента ОИВ в источнике их магм.

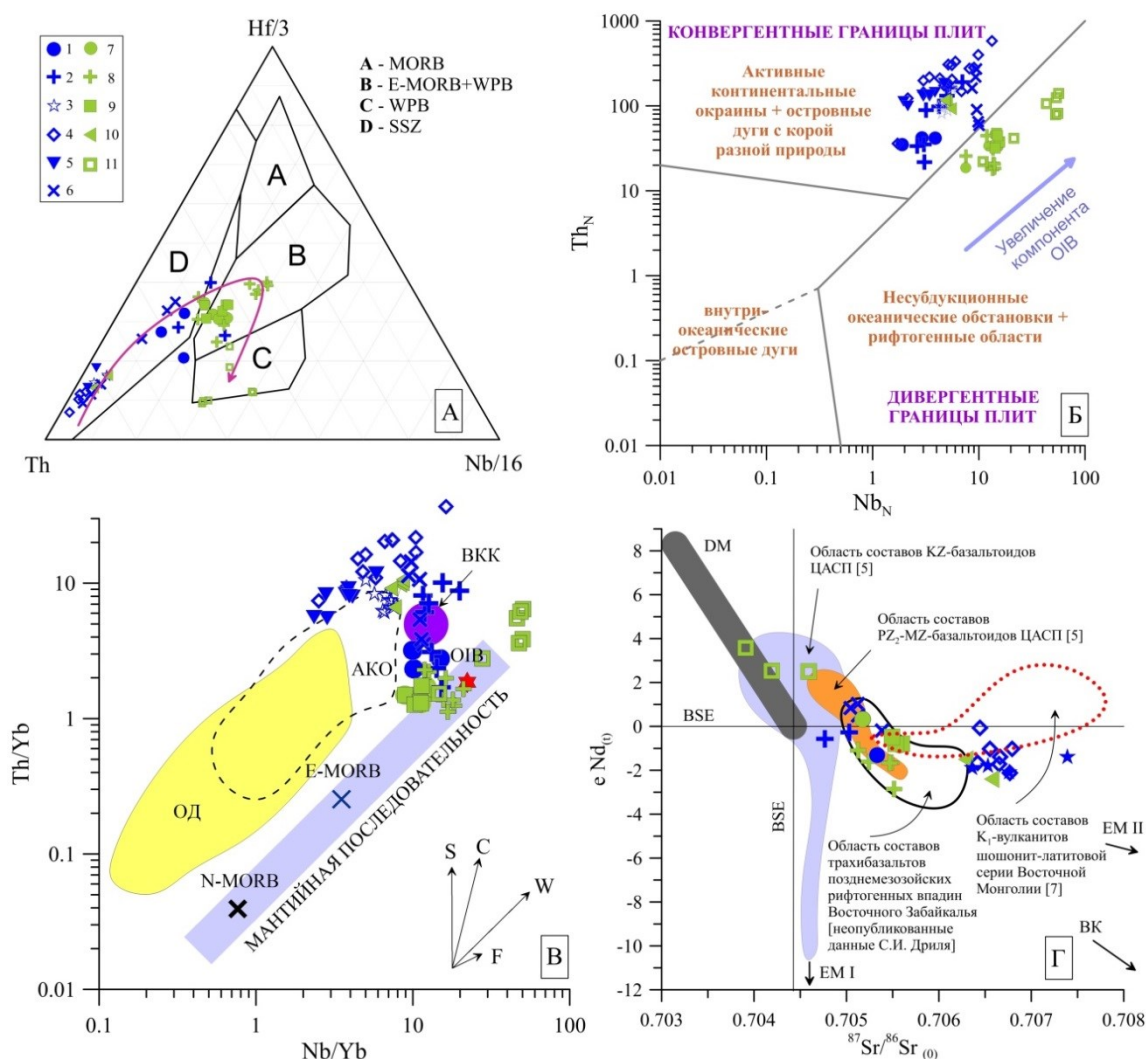


Рис. 2. Дискриминантные диаграммы Th-Hf/3–Nb/16 (А), Th<sub>N</sub>-Nb<sub>N</sub> (Б), Th/Yb–Nb/Yb (В), eNd<sub>(0)</sub>–<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<sub>(0)</sub> (Г) для позднемезозойских вулканитов рифтогенных впадин Западного и Восточного Забайкалья. На диаграмме Th/Yb–Nb/Yb точки средних составов N-MORB, E-MORB, OIB, валового состава континентальной коры (BKK) приведены по [8]. Условные обозначения: 1-6 – средне-позднеюрские вулканиты, 7-10 – раннемеловые вулканиты, 11 – позднемеловые вулканиты. 1, 7 – Еравнинская впадина; 2-8 – Удинская впадина; 3, 10 – Нерчинская впадина; 4-6 – Александрово-Заводская впадина: 4 – интрузивные породы Акатуевского массива, 5 – вулканиты нижней пачки кайласской свиты, 6 – вулканиты верхней пачки кайласской свиты; 9 – Зазинская впадина; 11 – сочленение Еравнинской и Удинской впадин.

На диаграмме Th/Yb–Nb/Yb (рис. 2В) средне-позднеюрские магматиты впадин Восточного Забайкалья имеют высокие Th/Yb отношения и вариации величин Nb/Yb, что определяет их положение, близкое к составам активных континентальных окраин, и протягиваются вдоль тренда фракционной кристаллизации. Вулканиты этого же возрастного диапазона Западного Забайкалья имеют более широкие вариации значения Th/Yb, занимая промежуточное положение между средне-позднеюрскими магматитами Восточного Забайкалья и раннемеловыми вулканитами Западного Забайкалья. Раннемеловые вулканиты Западного Забайкалья характеризуются компактным расположением составов в координатах Th/Yb–Nb/Yb и близки по составу к OIB. Следует отметить промежуточный характер составов вулканитов верхней пачки кайласской свиты Александрово-Заводской впадины между вулканитами OIB и АКО, а также участие процессов коровой контаминации родоначальных магм. Наиболее контрастными значениями Th/Yb–Nb/Yb отличаются позднемеловые вулканиты зоны

сочленения Еравнинской и Удинской впадин, однозначно отражая положения вдоль тренда мантийной последовательности и протягиваясь в сторону вектора, характеризующего процесс внутриплитного обогащения (рис. 2В).

На изотопной  $\epsilon\text{Nd}-^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$  диаграмме средне-позднеюрские магматические породы Восточного Забайкалья имеют наиболее высокие значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)=0.706-0.707$  при величине  $\epsilon\text{Nd}$  от -0.1 до -2.1, что может быть обусловлено наибольшим влиянием источника типа ЕМII в составе родоначальных магм и участием процесса коровой контаминации. Подобными характеристиками обладают и раннемеловые вулканиты Нерчинской впадины. В целом породы близки к области изотопных составов стронция и неодима для пород шошонит-латитовой серии, в том числе раннемеловых вулканитов Восточной Монголии. Среди средне-позднеюрских и раннемеловых вулканитов впадин Западного Забайкалья в изотопных координатах  $\epsilon\text{Nd}-^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$  существенных различий не просматривается и они имеют менее радиогенный изотопный состав стронция (0.704-0.705) при вариации  $\epsilon\text{Nd}$  от +0.6 до -2.9, что типично для составов позднемезозойских трахибазальтов рифтогенных впадин Забайкалья. Вулканиты позднего мела имеют наиболее высокие значения величины  $\epsilon\text{Nd}$  (от +2.9 до +3.6) и величины  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)=0.704-0.705$ , что отражает участие в генезисе родоначальных магм смешения деплетированного и умеренно-обогащенного мантийного источника.

Таким образом, состав вулканитов позднего мезозоя на территории Западного и Восточного Забайкалья и их связь с развитием разных вулканических областей Центральной Азии отражают как особенности последовательного закрытия Монголо-Охотского пояса с запада на восток, так и вовлечение разных источников вещества и процессов мантийно-корового взаимодействия.

### Список литературы

1. Воронцов А.А., Федерягина Е.Н., Дриль С.И. и др. Высококалийевый юрско-меловой вулканизм Нерчинской впадины Восточного Забайкалья и его геодинамическая природа // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 516. № 2. С. 606-615.
2. Воронцов А.А., Ярмолюк В.В., Дриль С.И. и др. Геохимические и изотопные (Sr, Nd, Pb, O) типы источников меловых магм Удинского сектора Западно-Забайкальской рифтовой области // Геохимия. 2025. Т. 70. № 11. С. 877-902.
3. Казимировский М.Э. Геохимия и петрология позднемезозойских рифтогенных магматических пород Забайкалья (Нерча-Ингодинская рифтогенная зона). Дис. на соиск. уч. ст. канд. г.-м. наук. Иркутск, 1996. 251 с.
4. Таусон Л.В., Антипин В.С., Захаров М.Н., Зубкова В.С. Геохимия мезозойский латитов Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1984. 205 с.
5. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Геохимические и изотопные параметры аномальной мантии Северной Азии в позднем палеозое-раннем мезозое (данные изучения внутриплитного базитового магматизма) // Доклады академии наук. 2000. Т. 375. № 4. С. 525-530.
6. Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Саватенков В.М. и др. Позднемезозойская Восточно-Монгольская вулканическая область: строение, магматические ассоциации, источники магматизма // Петрология. 2020. Т. 28. № 6. С. 563-590.
7. Dash B., Ying A., Jiang N., Tseveendorj B. Petrology, structural setting, timing, and geochemistry of Cretaceous volcanic rocks in eastern Mongolia: Constraints on their tectonic origin // Gondwana Research. 2015. V. 27. P. 281-299.
8. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in Ocean Basins. Geol. Soc. London Spec. Publ., 1989. V. 42. P. 313-346.
9. Wang W., Tang J., Xu W.L., Wang F. Geochronology and geochemistry of Early Jurassic volcanic rocks in the Erguna Massif, northeast China: Petrogenesis and implications for the tectonic evolution of the Mongol–Okhotsk suture belt // Lithos. 2015. V. 218-219. P. 73-86.