

**Восстановление геодинамических обстановок на южной окраине Охотского массива в пермское время на основании анализа туффитов**

***Александров В.Н.***

**Reconstruction of the geodynamic conditions on the southern margin of the Okhotsk massif in the Permian time based on the analysis of tuffites**

***Aleksandrov V.N.***

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург;*

*e-mail: dv-midav357@yandex.ru*

Охотский массив является одним из немногих до сих пор слабо изученных районов нашей страны. В центральной и восточной части этого массива были выявлены ранее не известные отложения туффитов. В результате детального изучения состава данных пород были выявлены магматиты двух генераций – основного и средне-кислого состава, положительная европиевая аномалия, а также общее сходство геохимических характеристик этих пород с вулканитами, образованными из магм рифтогенных областей.

**Введение**

Охотский массив располагается на северном побережье Охотского моря на территории Хабаровского края. Это одно из немногих мест на планете, которое еще слабо изучено геологами. Первые систематические работы, включающие стратиграфические, тектонические и геолого-съёмочные исследования, на территории Охотского массива проводились лишь в 1960-х – 1970-х гг. [6, 7, 9, 11, 12], после этого проводились только «точечные» исследования, такие как изучение стратиграфии перми на обрамлении массива или датирование кристаллического фундамента [2-4, 6]. В последние годы во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А.П. Карпинского были поставлены геолого-съёмочные работы масштаба 1:200 000 для создания геологических карт 2-го поколения. В ходе полевых работ было собрано большое количество материалов по петрографии и геохимии пермских отложений в центральной и восточной частях Охотского массива.

В результате первичного просмотра петрографических шлифов терригенных пород пермского возраста было обнаружено, что некоторые породы содержат большое количество туфогенного материала (от 40 до 80 %), ранее не описанного предшественниками [6, 9, 11]. Кроме того, в более ранних материалах содержалось очень мало информации о геодинамике и вулканизме пермских островных дуг в районе Охотского массива [2-4, 6-9, 11, 12].

Вследствие этого была поставлена задача восстановить геодинамические обстановки и источники сноса туфогенного материала в центральной и восточной части Охотского массива на основании петрографических и геохимических анализов туффитов.

**Материалы и методы**

Отложения пермского возраста, залегающие в центральной и восточной частях Охотского массива, разделяются на шесть свит: нижнепермские – ингычанская, нонкичанская, кухтуйская, и верхнепермские – эвричанская, дусканьинская и нюлкалинская (в данных материалах мы следуем принятому на геологических картах Охотского массива разделению перми на 2 отдела). Также свиты имеют территориальные границы: кухтуйская и нюлкалинская свиты распространены, в основном, в центральной части Охотского массива, где они представлены континентальными и прибрежно-морскими отложениями, а породы ингычанской, нонкичанской, эвричанской и дусканьинской свит расположены в восточной части массива и представлены прибрежно-морскими и морскими отложениями [6, 9, 11].

Большое количество туфогенного материала было встречено в 4 вышеперечисленных свитах: нонкичанской, кухтуйской, дусканьинской и нюлкалинской.

Всего было изучено 12 наиболее представительных проб туффитов. При петрографической характеристике пород использовалась классификация В.Н. Шванова [13]. Для получения геохимического состава исследуемых осадочных пород, в Центральной лаборатории Института Карпинского были проведены рентгенофлуоресцентный и ICP-MS анализы этих же проб. Полученные результаты по содержанию окислов, рассеянных и редкоземельных элементов позволили построить классификационные, дискриминационные и спайдер-диаграммы, которые, следуя подходам, изложенным в работах [5, 10, 14-16], позволили уточнить состав магматических пород в источниках туфогенного материала.

### **Петрографические исследования**

В результате петрографических исследований было выявлено, что туффиты являются грубыми и незрелыми породами (петрокластические граувакки по классификации Шванова [13]). Судя по составу обломков, присутствовали 2 источника туфогенного материала: первый поставлял большое количество обломков магматических пород базальтового и андези-базальтового состава. В этих обломках полностью сохраняются текстурно-структурные особенности вулканических пород. Однако в туффитах также присутствуют значительные количества обломков кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклаза андезин-олигоклазового состава, и из этого можно сделать вывод о наличии и второго источника, поставлявшего обломки магматических пород дацитового и риолитового состава.

Также было выявлено, что туффиты разных свит имеют разное соотношение обломков основных пород и минералов средних-кислых пород. Например: в туффитах кухтуйской свиты (ранняя пермь) наблюдается порядка 15 % кварц-полевошпатового материала от всей обломочной части, а обломков пород основного состава около 80 %; в туффитах нюлкалинской свиты (начало поздней перми) количество минералов средних-кислых пород доходит уже до 20 % против 75 % обломков базальтов и андезибазальтов; а в туффитах дусканьинской свиты (середина-конец поздней перми) количество кварц-полевошпатового материала доходит до 37 %.

### **Геохимические исследования**

В результате геохимического исследования проб были подтверждены петрографические наблюдения.

По значениям  $Eu/Eu^*$ ,  $La/Yb$  и  $La/Sm$  отношений туффиты имеют положительную европиевую аномалию ( $Eu/Eu^*$ ) со средним значением 1.3-1.4 и низкую величину  $La/Yb$  и  $La/Sm$  отношений (среднее значение  $La/Yb$  – 2.5-3; средние значения  $La/Sm$  – 1.6-1.8), тогда как в остальных терригенных породах отмечается отрицательная европиевая аномалия и повышенные отношения  $La/Yb$  и  $La/Sm$ . Это может объясняться тем, что туффиты содержат в своем составе обломки базальтов и андезитов, в которых имеется большое количество лейст плагиоклаза, насыщенных европием.

При сравнении данных по  $Eu/Eu^*$  и  $La/Yb$  отношениям исследуемых туффитов со средними значениями для различных магматических и осадочных пород, приведенных в статье К.С. Конди [14], было выявлено наибольшее сходство с обломочными и магматическими породами палеозойского возраста. Кроме того, исследуемые туффиты показали наибольшее сходство с породами базальтового состава. Подобное сходство подтверждает петрографическое определение таких пород как «туффиты» и подтверждает незрелость и малую измененность данных пород.

По  $Eu/Eu^*$  отношению исследуемые туффиты ближе всего к деплетированной мантии (значение  $Eu/Eu^*=1.1$ ) и зонам COX (значение  $Eu/Eu^*=1-1.1$ ), а по  $La/Yb$

отношению – к зонам СОХ (значение  $La/Yb = 1.2-3.1$ ) (с использованием данных по О.А. Богатикову [1]). С учетом расположения объектов исследования на континентальной коре Охотского массива, можно предположить, что туффиты образовывались в зоне зарождения континентального рифтогенеза в тыловой зоне континентальной дуги.

### Обсуждение результатов

На основе проведенных исследований можно сделать выводы, что туффиты образовывались в результате поступления материала из различных источников сноса. Одним из источников являлась Охотско-Тайгоноская вулканическая дуга на юге Охотского массива (рисунок), по данным А.С. Бякова [2-4] и Л.М. Парфенова [8] и по полученным геохимическим данным можно предположить, что она находилась на континентальном основании южного края массива. С этой дуги обильно поступали обломки вулканических пород преимущественно кислого и среднего составов (рисунок). В то же время, по отчетливой положительной европиевой аномалии, а также по  $Th/Sc - Zr/Sc$ ,  $La/Sc - Co/Th$ ,  $Th - Th/U$  отношениям и концентрациям реперных элементов (Ti, P, K, Nb, Ta и др.), во многих туффитах присутствует большое количество обломков магматических пород основного состава, характерных для зон рифтогенеза. Можно предположить, что в тылу окраинной вулканической дуги начались процессы рифтообразования. В целом, состав туффитов характерен для отложений активной континентальной окраины с локально проявленным рифтогенезом (рисунок).

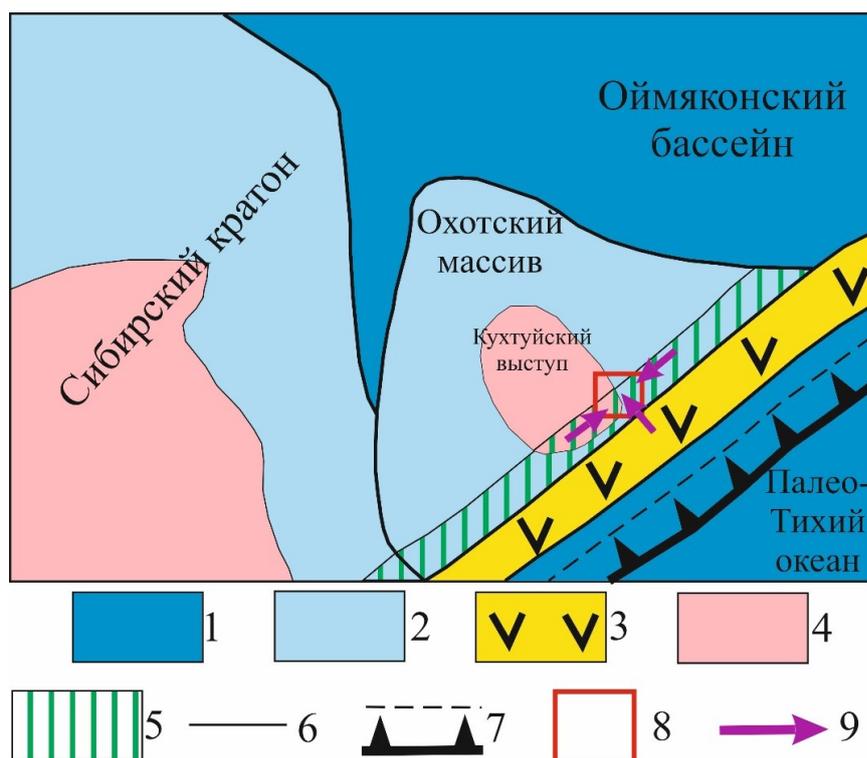


Рис. 1. Палеогеографическая реконструкция Охотского массива в пермское время (по Бякову [4] с дополнениями автора).

Условные обозначения: 1 – глубоководные морские бассейны; 2 – мелководные, эпиконтинентальные морские бассейны; 3 – Охотско-Тайгоноская (Кони-Тайгоноская) вулканическая дуга; 4 – суша; 5 – зона задугового рифтогенеза; 6 – границы Сибирского кратона и Охотского массива; 7 – зона субдукции; 8 – предполагаемая область накопления исследованных пород; 9 – направления переноса обломков магматических пород из вулканической дуги и задугового рифта.

## Заключение

Подводя итог проведенному исследованию, можно произвести приблизительную интерпретацию геодинамических обстановок на Охотском массиве в пермское время. В этот период на территории массива и его северо-восточного обрамления располагался Охотский задуговой бассейн (рисунок) [3]. В южной части к массиву примыкала Охотско-Тайгоноская вулканическая дуга, начало формирования которой приходится на средний-поздний карбон, а максимум развития – на середину перми. Вероятнее всего, эта дуга была заложена на структурах самого Охотского массива и представляла собой энсиалическую вулканическую дугу или активную окраину андийского типа с соответствующими продуктами среднего и кислого вулканизма. Однако в тылу этой дуги происходил задуговый рифтогенез, за счет которого появлялись зоны базальтового вулканизма (рисунок). Активная вулканическая деятельность на энсиалической дуге и в зоне задугового рифта привела к накоплению туффов с широким распространением обломков магматических пород различного состава.

## Список литературы

1. Богати́ков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли. М.: Наука, 2010. 606 с.
2. Бяков А.С. К структурно-фациальному районированию территории Северо-восточной Азии в перми // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 2. С. 2-7.
3. Бяков А.С., Ведерников И.Л., Акинин В.В. Пермские диамиктиты северо-востока Азии и их вероятное происхождение // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 1. С. 14-24.
4. Бяков А.С., Прокопьев А.В., Кутыгин Р.В. и др. Геодинамические обстановки формирования пермских седиментационных бассейнов Верхояно-Колымской складчатой области // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 81-84.
5. Интерпретация геохимических данных / под ред. Е.В. Складорова. М.: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.
6. Казакова Г.Г., Васькин А.Ф., Кропачев А.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-54 – Оймякон. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 400 с. + 6 вкл.
7. Натанов Л.М., Сурмилова Е.П. Позиция и природа Охотского массива // Отечественная геология. 1995. № 2. С. 49-53.
8. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов центральной и северо-восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т 22. № 6. С. 7-41.
9. Песков Е.Г., Умитбаев Р.Б. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Приохотская. Лист Р-54-XXXVI. Объяснительная записка. Магадан, 1977. 80 с.
10. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
11. Умитбаев Р.Б. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Приохотская. Лист Р-55-XXXI. Объяснительная записка. Магадан, 1978. 94 с.
12. Чиков Б.М. Тектоника Охотского срединного массива. М.: Наука, 1970. 152 с.
13. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. 269 с.
14. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chemical Geology. 1993. V. 104. P. 1-37.
15. McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics // Geological Society of America. 1993. V. 284. P. 21-40.
16. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes Geological Society // London: Special Publications. 1989. № 42. P. 313-345.