

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томское областное отделение Русского географического общества  
Томское отделение Российского геологического общества**

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ**

**К 100-летию открытия естественного отделения  
в Томском государственном университете**

**Материалы  
IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**Том II**



**Томск**

**16–19 октября 2017**

*Стадии:* экзотермическая химическая реакция жидкой кислоты и жидкой щелочи, в результате которой образуется горячий солевой раствор; контакт ГГ с горячим солевым раствором и разложение, по крайней мере, части ГГ; подъем водно-газовой смеси из скважины; отделение природного газа от солевого раствора.

*Преимущества:* возможность контроля над объемами добычи газа за счет объемов введения ингибитора; предотвращение замерзания воды, образования гидратов и закупорки обводнения скважины.

*Недостатки:* высокая стоимость; медленное протекание химической реакции ингибитора с ГГ; экологическая опасность, которую представляют собой ингибиторы [1].

В работе рассмотрены основные используемые методы добычи ГГ.

Выводы: 1) Разработка залежей ГГ на сегодняшний день является актуальной проблемой, так как в них содержатся колоссальные количества метана.

2) Есть три основных метода добычи газа из ГГ: разгерметизация (снижение давления), нагревание, ввод ингибитора.

3) Наиболее перспективная разработка – разгерметизация, которая имеет преимущество из-за невысоких затрат, простоты извлечения газа, быстрой добычи больших объемов газа.

4) Остальные два метода (нагрев, ввод ингибитора) являются более затратными, но широко применяются при разработке залежей.

#### Литература

1. Воробьев А.Е, Малюков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды. М: РУДН, 2009. 289с.

2. Газогидраты: технологии добычи и перспективы разработки [Электронный ресурс]. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/1437.pdf>

3. Исаев В.П., Коновалова Н.Г., Михеев П.В. Газовые кристаллогидраты озера Байкал Материалы IV региональной научно-практической конференции «Интеллектуальные и материальные ресурсы Сибири», серия «Естественные науки». Иркутск, 2001. С. 213–223.

4. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R., and Boswell R. (eds). Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. Volume 1, United Nations Environment Programme, 2014. Vol. 80.

5. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R., and Boswell R. (eds). Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. Volume 2, United Nations Environment Programme, 2014. Vol. 96.

УДК 550.4

### ГЕОХИМИЯ МЕТАБАЗИТОВОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ Р. ПАНИМБА, ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ

*Никитин Р.Н.*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

*Аннотация.* Статья посвящена петрохимическим и геохимическим особенностям метабазитового проявления в долине р. Панимба. Произведен анализ поведения редкоземельных элементов, которые могут указать на условия формирования базитовых ассоциаций Заангарья.

*Ключевые слова:* Амфиболиты, базальты срединно-океанических хребтов Е-типа, верхняя кора, активная континентальная окраина, Заангарье.

### THE GEOCHEMICAL OF METABASIC MANIFESTATION IN THE BASIN OF RIVER PANIMBA, YENISEI RIDGE

*Nikitin R.N.*

*National Research Tomsk State University, Tomsk*

*Abstract.* The article is devoted to petrochemical and geochemical features of metabasite occurrence in the basin of the river Panimba. An analysis of the behavior of rare-earth elements has

been carried out, which can indicate the conditions for the formation of the basaltic associations of the Transangar.

*Key words:* Amphibolites, basalts of mid-oceanic ridges E-type, upper crust, active continental margin, Transangar.

Геологическое строение Центрально-Ангарского террейна Енисейского кряжа определяется развитием метатерригенно-карбонатных отложений раннего архея и протерозоя (малогаревская, тейская, сухопитская, тунгусикская серии), метаморфизованных в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. В пределах террейна неоднократно проявлен неопротерозойский гранитоидный (~880–629 млн. лет) и щелочно-базитовый (~750–650 млн. лет) магматизм [1; 2]. Метабазитовые комплексы здесь распространены ограниченно и представлены субсогласными амфиболитовыми телами немтихинского, индыглинского и орловского комплексов разного возраста в диапазоне от 1020 (?) до 720 млн. лет. Исследуемое метабазитовое проявление в бассейне реки Панимба по своему петрографическому составу соответствует ортоамфиболитам с доминирующим тремолитом и натровым плагиоклазом с подчиненной ролью кварца, калиевого полевого шпата и рудных минералов. Анализ содержаний редких элементов проводился методом ICP-MS на масс-спектрометре Agilent 7500, данные рентгено-флуоресцентного анализа получены на установке Oxford ED 2000 в Аналитическом центре геохимии природных систем Томского государственного университета.

На классификационной диаграмме TAS фигуративные точки метабазитов попадают в область базальтов, при этом их щелочность, представленная резко преобладающей долей  $K_2O$ , не имеет прямой зависимости от изменения кремнистости (рис. 1а). Это может говорить об участии кислого корового субстрата в эволюции базитового магматизма. Кроме этого, породы относятся к известково-щелочной серии (рис. 1б), которые образуются в обстановках, когда в плавление вовлекается высоководный материал в качестве донных осадков.

Оценка мантийной составляющей основывается на том, что, несмотря на изменения исходной магмы в процессе дифференциации, отношения некогерентных элементов в них сохраняются неизменными. На диаграмме отношений высокозарядных элементов (HFSE) фигуративные точки располагаются в области базальтов активных континентальных окраин (рис. 2), а по отношению  $Ta/Yb$  (0,27-0,36) соответствуют базальтам срединно-океанических хребтов E-типа (0,20) [10]. По распределению редкоземельных элементов (REE) метабазиты сходны не только с EMORB, но и базальтами океанических островов (OIB) (рис. 3).

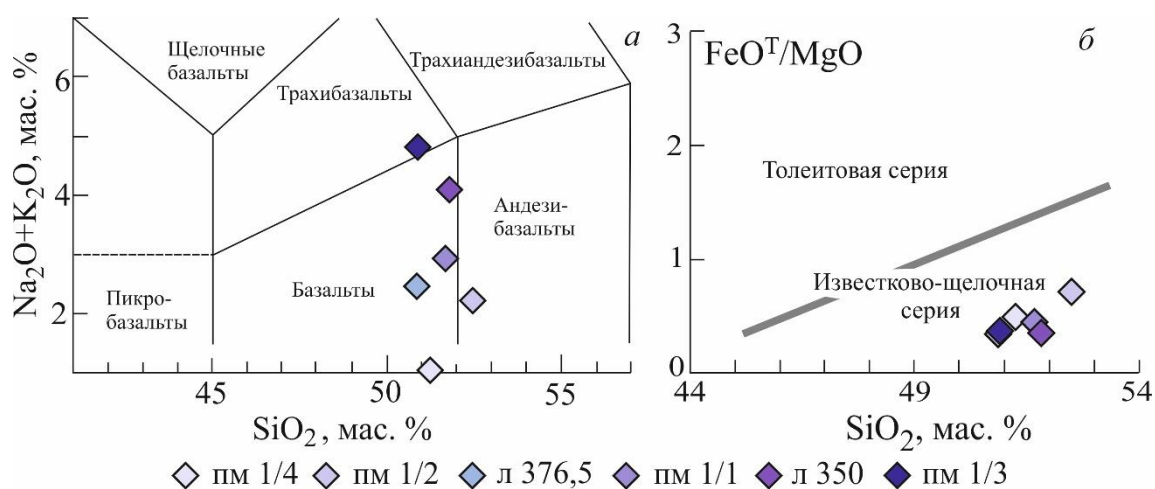


Рисунок 1 – Петрохимическая классификация метабазитового проявления  
 а – TAS-диаграмма. Классификационные поля приведены по [6]; б – дискриминация базальтов толеитовой и известково-щелочной серий по [7]

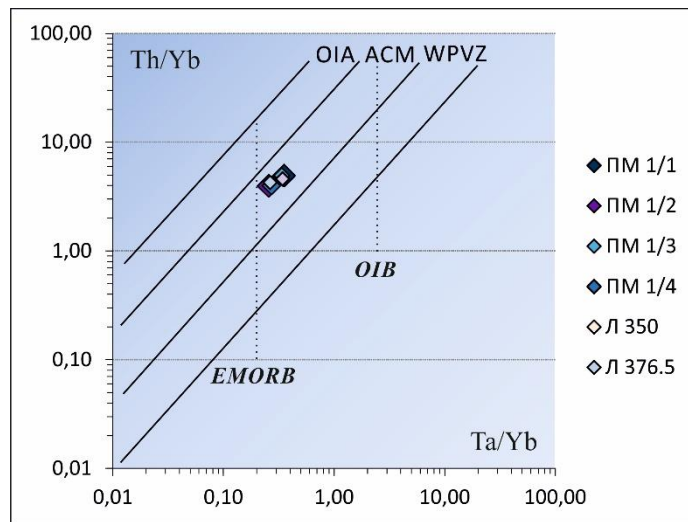


Рисунок 2 – Распределение высоко-зарядных элементов в метабазитовых породах [4]  
 OIA – океанические островные дуги, ACM – активная континентальная окраина, WPVZ – внутриплитные вулканические зоны. Содержания Ta и Yb в базальтах океанических островов (OIB) и в обогащенных базальтах срединно океанических хребтов (EMORB) приведены по [10]

Крупные литофильные элементы (LILE) и Rb могут накапливаться в EMORB посредством флюидов, отделяющимся при дегидратации осадков (обогащенные B, Pb, Cs, Rb, Ba) или расплавов, возникающих при их плавлении (обогащенные Th, U, Zr, LREE) [3]. Известно, что особенности мантийного источника, взаимодействующего с субдукционным компонентом, в составе которого в различных пропорциях могут присутствовать водный флюид и расплав, определяются различными содержаниями Nb и Ta [5; 8]. Низкие Nb/Ta отношения в исследуемых метабазитах (12,38-14,52), по сравнению с их отношениями в примитивной мантии (17,39), указывают на преобладание в субдукционном компоненте именно водного флюида. Обогащение расплава Th и U обычно связывают с дополнительным его поступлением за счет субдуцируемых осадков. Показателем вероятного взаимодействия ювенильной магмы с континентальной корой являются средние содержания Th (11,6 г/т) и U (2,4 г/т), которые достигают близких значений (10,5 и 2,7 г/т, соответственно) в отложениях верхней земной коры [9]. Таким образом, установленные геохимические признаки метабазитов позволяют предполагать, что их формирование происходило в обстановке взаимодействия аккреционно-коллизонных комплексов с мантийным плюмом.

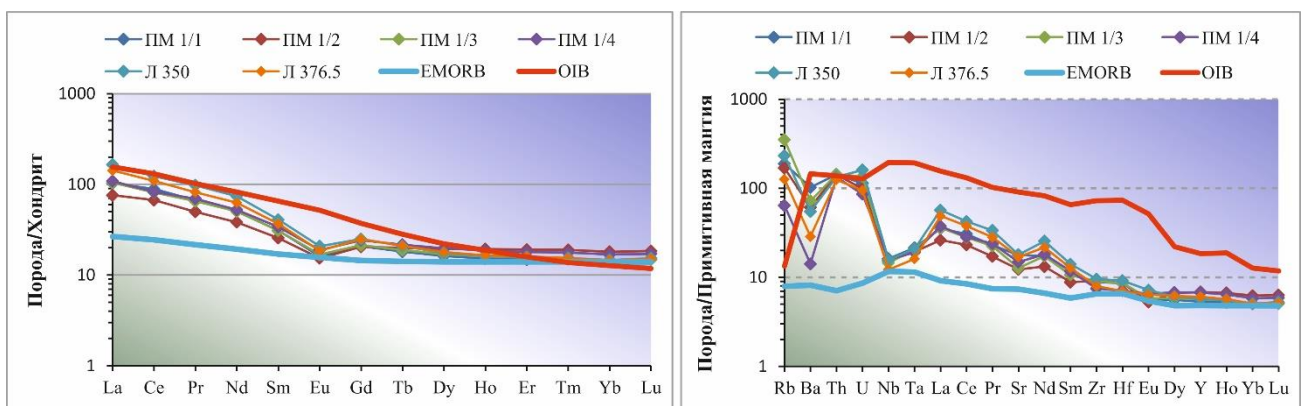


Рисунок 3 – Распределение редких элементов в метабазитовых породах

Средние содержания редких элементов в примитивной мантии, хондрите, обогащенных базальтах срединно-океанических хребтов (E-MORB) и базальтах океанических островов (OIB) приведены по [10].

#### Литература

1. *Верниковский В.А., Верниковская А.Е.* Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа // Геология и геофизика, 2006. Т. 47 (1). С. 35–52.
2. *Врублевский В.В., Сазонов А.М., Гертнер И.Ф., Тишин П.А., Колмаков Ю.В.* Геохронология и магматические источники щелочных пород и карбонатитов южного Заангарья, Енисейский кряж // Известия Томского политехнического университета, 2012. Т. 320 (1). С. 63–70.
3. *Brenan J.M., Shaw H.F., Ryerson F.J., Phinney D.L.* Experimental-determination of trace-element partitioning between pargasite and Synthetic hydrous andesitic melt // Earth and Planetary Science Letters, 1995. Vol. 135 (1-4)
4. *Gorton M.P. and Schandl E.S.* From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks. // Canadian Mineralogist, 2000. V. 38. P. 1065-1073.
5. *Kent A. J. R., Elliott T. R.* Melt inclusions in Mariana arc lavas: Implications for the formation and evolution of arc magmas // Chem. Geol., 2002. Vol. 183. P. 265 – 288.
6. *Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A.* A classification of igneous rocks and glossary of terms. Oxford: Blackwell, 1989. 193 p.
7. *Miyashiro A.* Volcanic rock series in island arcs and active continental margins // American Journal of Science, 1974. Vol. 274. P. 321–355.
8. *Münker C.* Nb/Ta fractionation in a Cambrian arc/back arc system, New Zealand: source constraints and application of refined ICPMS techniques // Chem. Geol., 1988. Vol. 144, P. 23–45.
9. *Rudnik, R L., Gao S.* Composition of the continental crust// Elsevier Ltd., 2003. Vol. 13. P. 1 – 64.
10. *Sun S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // In: Magmatism in the ocean basins (Eds. Saunders A.D. and Norry M.J.). Geol. Soc. Spec. Publ, 1989. Vol. 42. P. 313–345.