УДК 552.331:540.4

***А.С.Тарасюк^1***

**ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА СИЕНИТОВ**

**САЙБАРСКОГО МАССИВА**

**Аннотация.***В статье приведены петрологические и геохимические данные по ордовикским сиенитам Сайбарского массива центральной части Минусинского прогиба Алтае-Саянской складчатой области. Главную роль в образовании пород играли кристаллизационная дифференциация и контаминация вмещающих пород в краевой части массива.*

**Ключевые слова:** *кристаллизационная дифференциация, контаминация, сиениты, Сайбарский массив.*

**Об авторах:**

*^1 Аспирант, инженер-исследователь, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: anton\_tarasyuk\_89@mail.ru.*

**Введение**

Многообразие сиенитов и щелочных сиенитов указывает на их принадлежность к различным геологическим обстановкам. Среди существующих моделей хочется выделить три группы, заслуживающих наибольшего внимания: 1) кристаллизационная дифференциация базальтовой магмы повышенной щелочности; 2) ассимиляция магмой вмещающих пород; 3) смешение основных и кислых магм с последующей дифференциацией гибридных расплавов. Как правило, для образования сиенитов из щелочных комплексов характерна длительная дифференциация и многофазность [1]. Сайбарский массив, напротив, отличается одностадийностью, в условиях относительно быстрой кристаллизации. В данной работе рассматриваются механизмы формирования щелочных сиенитов, и на основе геологических и геохимических данных предлагается модель образования данного массива.

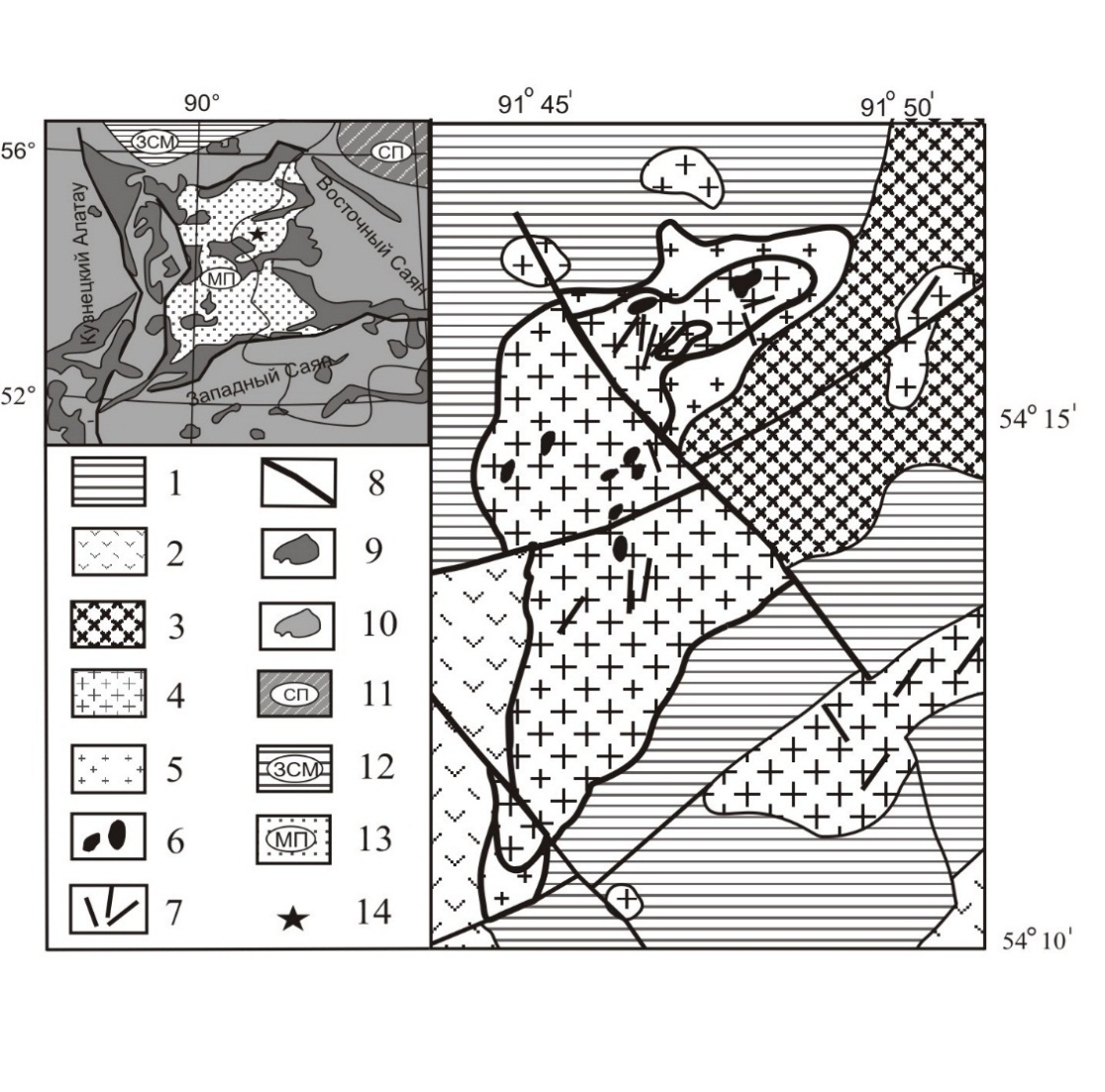
**1. Геологическое строение массива**

Сайбарский массив расположен в Сыда-Ербинской впадине Минусинского прогиба Алтае-Саянской складчатой области (рис.1). Вместе с Сайбарским массивом в пределах прогиба распространены ряд схожих массивов, которые сложены сиенит-гранитными интрузиями. Эти интрузии, наряду с вулканитами, представленные трахибазальт-трахит-трахириолитовой серией, образуют единую вулкано-плутоническую ассоциацию [2]. В течение длительного времени эти породы относились к кембрию или девону. Относительно недавно трудами ряда исследователей был выделен ордовикский этап магматизма. Благодаря А.Г. Рублеву (1992, 1995, 1999) были получены К-Аr, Rb-Sr, U-Pb изотопные данные, свидетельствующие об ордовикском возрасте вулканитов и их интрузивных аналогов [3]. В последующем А.Э. Изох получил U-Pb изотопные датировки по циркону из сиенитов самого Сайбарского массива, который составил 457 млн. лет, что соответствует позднему ордовику [4].

Щелочные породы Сайбарского массива впервые были описаны А. Г. Вологдиным в 1923 году. Массив представляет собой несколько вытянутый в субмеридиальном направлении хребет. Он залегает среди кембрийских карбонатно-сланцевых и вулкано-генно-осадочных отложений быскарской серии, с которыми нет достоверно-установлен-\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\* Работа выполнена с использованием научного оборудования ЦКП “Изотопно-геохимических исследований“ ИГХ СО РАН. Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по Проекту IX.129.1.5(№0350-2016-0030)

ных контактов [5, 6]. Массив сложен тремя типами пород: щелочными сиенитами, нефелиновыми сиенитами и граносиенитами. Исследователи рассходились во мнениях относительно последовательности образования пород массива. Одни относили нефелиновые сиениты к дайке, прорывающей вмещающие щелочные сиениты, другие считали их ксенолитами в сиенитах [7, 8, 9]. Граносиениты, по мнению некоторых исследователей, слагают секущие тела, которые иногда выходят за пределы массива и контактируют непосредственно с вмещающими породами, подвергая их слабому ороговикованию и скарнированию [10].



**Рис.1 Схематическая геологическая карта Сайбарского массива (составлена (Косоруков, 1981) с учетом материалов Г. М. Саранчиной, Э. Е. Федорова, И.В. Лучицкого с упрощениями авторов)**

1 - 3 – доордовикские породы: 1 – терригено-осадочные отложения, 2 – вулканиты и туфы, подвергнутые зеленокаменным изменениям, 3 – диориты; 4 – 6 – сиениты Сайбарского массива: 4 – щелочные, 5 – кварцевые, 6 – щелочные нефелиновые; 7 – дайки микродолеритов и микросиенитов; 8 – тектонические нарушения. На врезке: 9 – осадочно-вулканогенные комплексы быскарской серии (D1 – D2ef); 10 – каледонские геологические комплексы; 11 – Сибирская платформа; 12 – Западно-Сибирская мигасинеклиза; 13 – Минусинский прогиб; 14 – Сайбарский массив вне масштаба.

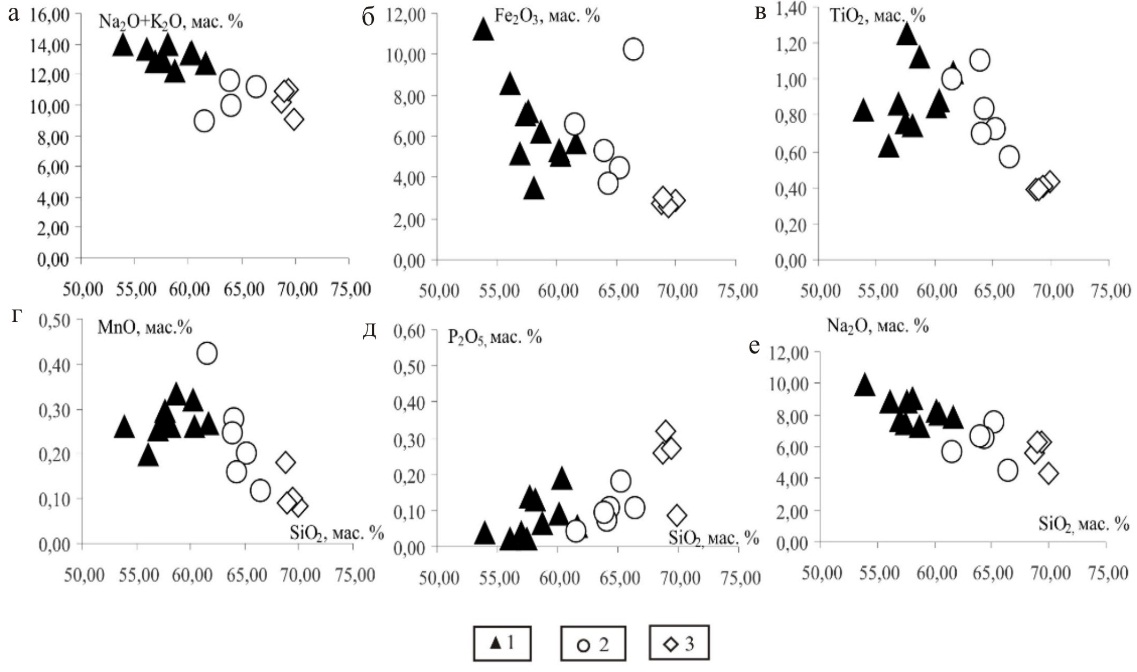
**2. Минералого-петрографические характеристики**

Щелочные сиениты, занимающие около 90 % площади массива представлены средне- или крупнозернистыми породами. Они состоят в основном из калинатрового полевого шпата интенсивно альбитизированного, а также небольшого количества щелочных темноцветных минералов (эгирин-авгит, арфведсонит), которые интенсивно разрушены и замещены рудным агрегатом (магнетит, лимонит). Акцессорные минералы представлены магнетитом, титаномагнетитом, сфеном и апатитом.

Нефелиновые сиениты представляют собой плотные породы темно-серого цвета. В составе основной массы преобладают щелочной полевой шпат интенсивно альбитизированный – около 50%, и длинопризматические до игольчатых выделения эгирина и щелочного амфибола. Кристаллы пироксена и амфибола нередко ориентированы субпараллельно и часто плавно огибают фенокристаллы полевого шпата. Нефелин встречается в породе в виде ксеноморфных выделений в составе основной массы, при этом он интенсивно замещен агрегатом вторичных минералов - шпреуштейном бурого цвета и либнеритом. Граносиениты отличаются от щелочных сиенитов появлением ксеноморфного кварца (до 20 %) в интерстициях между кристаллами ортоклаза. Эти плотные розово-красные породы связаны со щелочными сиенитами постепенными переходами, но также формируют мелкие секущие тела с эндоконтактовой зоной закалки.

**3. Геохимическая характеристика пород**

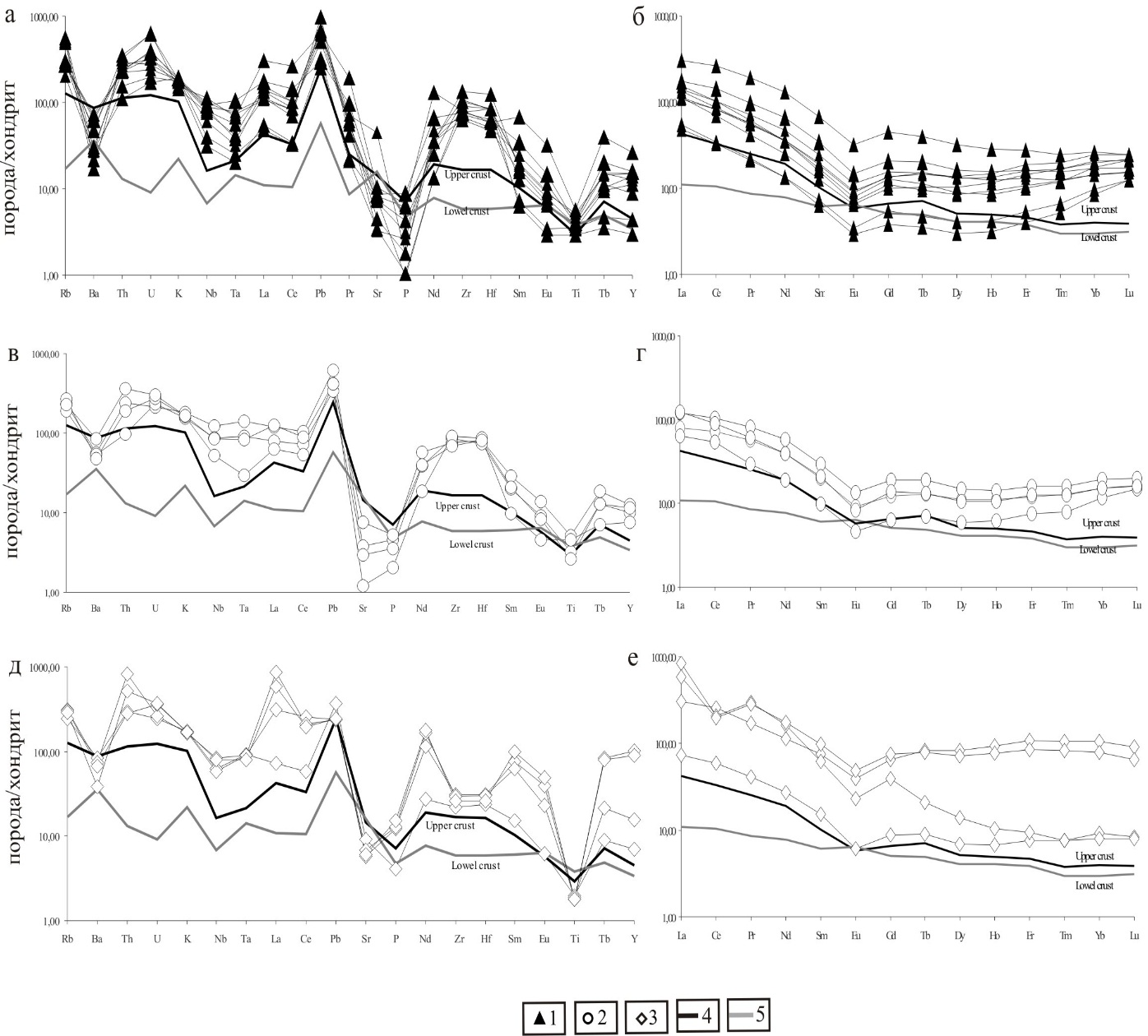
Составы нефелиновых сиенитов, щелочных сиенитов и граносиенитов по содер­жанию SiO2 укладываются в диапазон 54-62, 62-67 и 68-70 мас. % соответственно. Сумма щелочей в нефелиновых сиенитах составляет 12-14 мас. %. В щелочных сиенитах и гра­носиенитах сумма щелочей близка – 9-11 мас. % (рис. 2 а). Все три типа пород соответствуют калиево-натриевой серии (2>Na2O/K2O>1). В нефелиновых сиенитах содержание некоторых петрогенных окислов выше чем в граносиенитах, за исключением P2O. Мы видим накопление TiО2, MnО, Fe2O3 и Na2О (рис. 2 б-е). Это свидетельствует о происхождении нефелиновых сиенитов путем фракционирования. Концентрации TiО2, MnО, Fe2O3 и Na2О вместе с P2O5 в граносиенитах тоже высоки, хоть и уступают нефелиновым сиенитам, что не исключает происхождения граносиенитов тем же путем.



**Рис. 2 Распределение петрогенных окислов относительно SiO2 в нефелиновых сиенитах (1), щелочных сиенитах (2) и граносиенитах (3) в Сайбарском массиве**

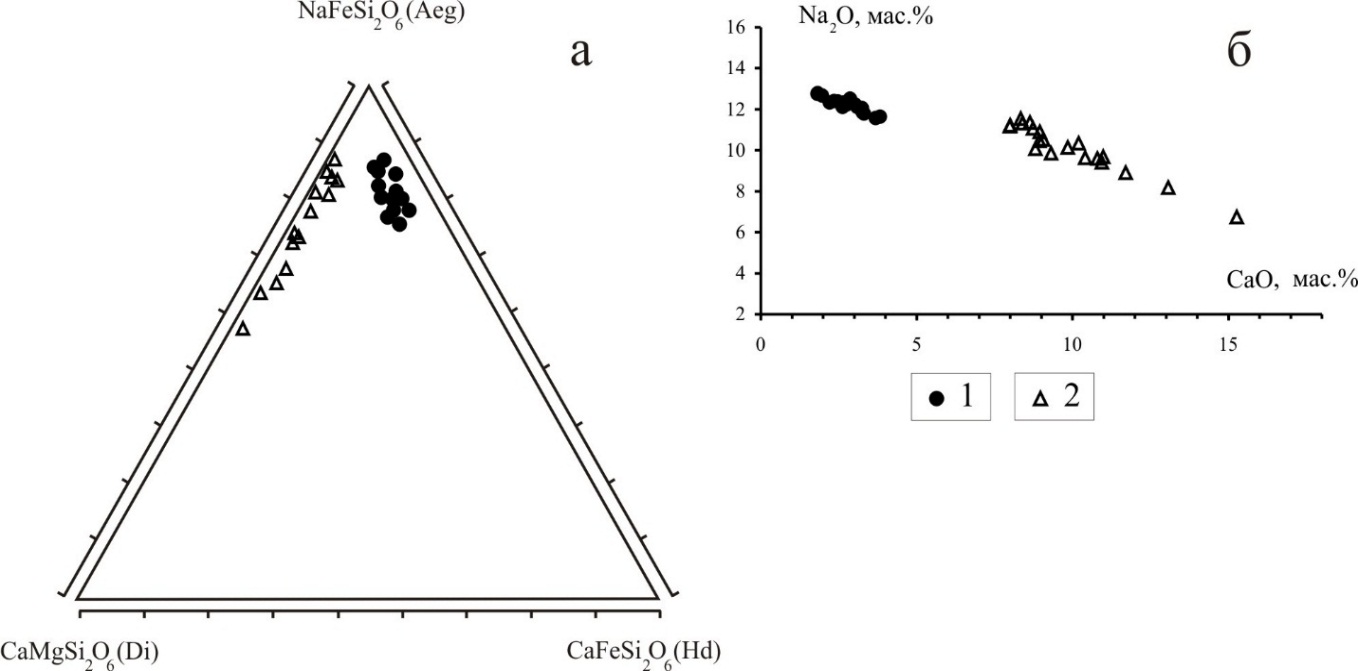
На спайдердиаграммах видно, что в нефелиновых сиенитах наблюдаются повышенные концентрации Rb, U, Th, Nb, Zr, Hf относительно континентальной коры. Пониженные значения у Ba, Sr, P (рис. 3 a, б). Граносиениты по содержанию Zr и Hf, напротив, характеризуются минимальными показателями (рис. 3 в, г). Щелочные сиениты по содержанию редких и редкоземельных элементов схожи с нефелиновыми сиенитами (рис. 3 д, е). Все разновидности сиенитов обладают широкими вариациями суммы РЗЭ. Cумма LREE и MREE значительно преобладает над HREE.

**Рис. 3 Распределения редких и РЗЭ в нефелиновых сиенитах (1), щелочных сиенитах (2) и граносиенитах (3) Сайбарского массива, нормированных к хондриту по (San, McDonough, 1989) [11]. Upper crust (4) и Lowel crust (5) по (Rudnick, Gao, 2003) [12]**



**4. Характеристика пироксенов и изотопный состав кислорода**

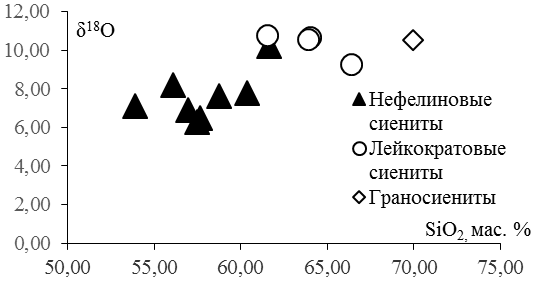
Химический состав пироксенов был получен с помощью электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализатора JXA8200 (JEOL Ltd, Япония) в ИГХ СО РАН. Были исследованы пироксены из нефелиновых сиенитов и граносиенитов. Для автоматического пересчета составов на формульные единицы была использована программа WinPyrox. Исследуемые пироксены относятся к диопсид-геденбергит-эгириновой серии (рис. 4). В нефелиновых сиенитах составы пироксенов соответствуют эгириновому составу, в граносиенитах – эгирин-авгитовому. Эгирин по сравнению с эгирин-авгитом обогащен TiO2, Al2O3, Na2O и обеднен СаO и Mg. Увеличение эгиринового компонента и преобладание Fe3+ над Fe2+ указывают на агпаитовый характер пород, каковыми и являются нефелиновые сиениты Сайбарского массива. Коэффициент агпаитности их равен значению 1 – 1,3. Таким образом мы получаем два тренда эволюции магм – агпаитовый (Кагп > 1) и миаскитовый (Кагп < 1), к которому относятся щелочные сиениты и граносиениты.



**Рис. 4 Состав пироксенов из нефелиновых сиенитов (1) и граносиенитов (2) Сайбарского массива на тройной диаграмме диопсид – эгирин - геденсбергит (а), в сравнении с отношением Na2O к CaO (б)**

Для оценки состава источников плавления был изучен изотопный состав кислорода в полевых шпатах сиенитов Сайбарского массива общим весом 6 мг. Измерения проводились в Геологическом институте БНЦ СО РАН на газовом масс-спектрометре Finnigan МАТ 253.

**Рис. 5 Вариации изотопного состава кислорода в полевых шпатах пород Сайбарского массива в зависимости от содержания SiO2, масс. %**



В полевых шпатах щелочных сиенитов и граносиенитов наблюдаются более высокие содержания тяжелого изотопа кислорода (δ18O 9,3 – 10,6‰) по сравнению с нефелиновыми сиенитами (δ18O 6,3 – 8,2‰) (рис. 5).

**5. Заключение**

Все породы Сайбарского массива несут в себе признаки кристаллизационной дифференциации как по геологическим, так и по петрохимическим показателям. Нефелиновые сиениты образовались при добавлении в область магмообразования щелочей. Коэффициент агпаитности > 1, накопление эгиринового минала, низкие содержания тяжелого изотопа кислорода говорят о мантийном генезисе этих пород. При образовании граносиенитов процессы дифференциации сопровождались контаминацией вмещающих пород. Это подтверждается увеличением доли кальция в эгиринах и обогащении тяжелым изотопом кислорода калиево-натриевых полевых шпатов.

**Библиографический список**

1. Larsen L.M. Clinopyroxenes and coexisting mafic minerals from fhe alkaline Ilimaussaq intrusion // J. Petrol., 1976, v. 17, p. 258 – 290.

2. Перфилова О.Ю., Махлаев М.Л., Сидорас С.Д. Ордовикская вулкано-плутоническая ассоциация в структурах горного обрамления Минусинских впадин//Литосфера. 2004. № 3. С. 137-152.

3. Рублев А.Г., Шергина Ю.П. Ордовикский магматизм Восточного Саяна, Минусы и Кузнецкого Алатау // Геология и полезные ископаемые Красноярского края и республики Хакасия. Красноярск, 1996. № 3. С. 58-63.

4. Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородина Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2005. – В 2-х томах. – Т.1. С. 106-108.

5. Лучицкий И.В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 276 с.

6. Федосеев Г.С., Поляков Г.В. Интрузии гранитов и сиенитов восточного обрамления Сыдо-Ербинской и Южно-Минусинской впадин // В кн.: Среднепалеозойские интрузии гранитов и сиенитов Кузнецкого Алатау и северо-западной части Восточного Са­яна. Вып. 177. Новосибирск: Наука, 1974. С. 148-207.

7. Костюк В.П., Гулецкая Э.С. К минералогии массива Сайбар (Восточный Саян) // Геология и геофизика, 1967, № 7. С. 43-50.

8. Саранчина Г.М. Щелочные породы массива Сайбар (Западная Сибирь, Красноярский край) // Учёные записки ЛГУ, 1940, № 45. 26 с.

9. Фёдоров Э.Е. К вопросу о сиенитовой интрузии Тубино-Сисимского района (Красноярский край). – Материалы ВСЕГЕИ. Общ. серия, Госгеолиздат, 1948, № 8. С. 106-112.

10.Косоруков А.П. Девонский щёлочно-сиенитовый комплекс Сыдо-Ербинской впадины и её горного обрамления // В кн.: Магматические комплексы складчатых областей юга Сибири. Вып. 509. Новосибирск: Наука, 1981. С. 128-157

11. 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.

12. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Eds. K.K. Turekian, H.D. Holland, Treatise on geochemistry. The crust, V. 3. Elsevier-Pergamon, Oxford, 2003, P. 1-64.

**A. S. Tarasyuk**

**Geochemical composition of syenites of the Saibar massif**

**Abstract.** The paper provides petrological and geochemical data of Ordovician syenites of the Saibar massif located in the center of the Minusunsk trough hosted by the Altay-Sayansk folded area. The rocks were formed due to crystallization differentiation and contamination of hosting rocks in the marginal part of the massif.

**Keywords:** crystallization differentiation, contamination, syenites, Saibar massif.