

НЕФЕЛИНОВЫЕ СИЕНИТЫ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ЩЕЛОЧНОСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ

В.Н. Довгаль

Институт геологии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

На материале Алтае-Саянской области предложен вариант более дробного, чем обычно, деления нефелиновых сиенитов по типу щелочности (по степени их калиевости—натриевости) с использованием естественных границ. Выделены шесть групп нефелиновых сиенитов, каждая из которых характеризуется своими геологическими условиями появления. Обращено внимание на существование зональности в распределении различных по типу щелочности нефелиновых сиенитов относительно Сибирского кратона. Наиболее калиевые нефелиновые сиениты развиты вдоль границы кратона.

Нефелиновые сиениты, тип щелочности, зональность, Алтае-Саянская область.

NEPHELINE SYENITES OF DIFFERENT ALKALINITY TYPES OF THE ALTAI-SAYAN AREA AND GEOLOGIC CONDITIONS OF THEIR FORMATION

V.N. Dovgal'

By the example of the Altai-Sayan area, a more detailed classification of nepheline syenites by the type of alkalinity (the degree of their K-Na enrichment) is proposed. Six groups of nepheline syenites have been recognized, which formed under different geologic conditions. Zonal distribution of syenites of different alkalinity types throughout the Siberian craton has been established. The K-richest varieties occur along the craton boundary.

Nepheline syenites, type of alkalinity, zoning, Altai-Sayan area

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к типу щелочности (уровню калиевости—натриевости) нефелиновых сиенитов возник у нас в связи с изучением высококалиевого щелочного-субщелочного магматизма основного и ультраосновного составов Алтае-Саянской складчатой области. Нефелиновые сиениты в ограниченном количестве появляются на заключительных этапах развития этого магматизма как один из конечных продуктов длительной эволюции щелочных систем.

Высококалиевые породы основного и ультраосновного составов известны в двух районах Алтае-Саянской области: на востоке — в Присянье и на западе — в Кондомском районе Горной Шории. Приурочены они (и это является отличительной особенностью геологических условий их появления вообще) к шовным зонам, вдоль которых происходит сочленение крупных структурных элементов земной коры: на востоке — Сибирского кратона и структур Восточного Саяна, на западе, в зоне Кузнецко-Алтайского разлома, — блоков ранне- и позднекаледонской консолидации [1].

Известно, что в шовных зонах наряду с высококалиевыми основными—ультраосновными породами присутствуют нефелиновые сиениты. Естественно, возникает вопрос, а не связан ли с такими зонами любой щелочной магматизм. При более внимательном изучении выяснилось, что не связан. Нефелиновые сиениты, ассоциирующие с высококалиевыми основными—ультраосновными породами тоже обладают высокой калиевостью ($K_2O/Na_2O > 1$), хотя среди них и могут встречаться разности с некоторым преобладанием натрия над калием. Нефелиновые же сиениты других геологических обстановок формирования, вне крупных шовных зон, характеризуются более низкой калиевостью, в чём мы могли убедиться на примере Алтае-Саянской области. Главная масса нефелиновых сиенитов этого региона принадлежит к классу калиево-натриевых пород. Но они тоже неоднородны по величине калий-натриевого отношения и подразделяются на ряд групп, каждая из которых характеризуется своими предпочтительными геологическими условиями проявления.

ЩЕЛОЧНОЙ МАГМАТИЗМ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В этой области имеются две основные возрастные группы щелочных пород: раннепалеозойская и среднепалеозойская. Первая из них, представленная в основном нефелиновыми сиенитами и близкими к ним породами, связана с эпохой раннепалеозойского (ордовикского) коллизионного гранитоидного магматизма в зоне ранних каледонид Алтае-Саянской области. Это нефелиновые сиениты раннего палеозоя Восточного Саяна, Северо-Восточной Тувы, Минусинской впадины, восточной части Кузнецкого Алатау, что, в общей сложности, составляет 15—20 известных проявлений. Их пространственное размещение контролируется площадным распределением продуктов раннепалеозойского гранитоидного магматизма.

Последний, в отличие от палеозойского коллизионного гранитоидного магматизма западной части Алтае-Саянской области (западный склон Кузнецкого Алатау, Салаир, Алтай), в связи с которым нефелиновые сиениты отсутствуют, характеризуется повышенной щелочностью, более калиевым характером, присутствием в составе ранних фаз формирования плутонов сиенитодиоритов, известково-щелочных сиенитов, щелочных сиенитов и нордмаркитов. Щелочные сиениты слагают чаще всего небольшие участки в периферических частях интрузивов, но иногда образуют самостоятельные массивы вне полей развития ордовикских гранитоидов. Такие массивы было принято считать девонскими, но сейчас для одного из них (Сайбарского массива [2]) получен ордовикский возраст (А.Э. Изох, устное сообщение).

Вторая, среднепалеозойская, группа щелочных пород, представленная на севере Кузнецкого Алатау (в Мартайге) и в Туве (на Сангилене), связана с тектоническими нарушениями, оперяющими крупные трансструктурные глубинные разломы, относимыми к рифтогенным образованиям [3, 4]. В Мартайге такие тектонические нарушения оперяют Кузнецко-Алтайский глубинный разлом, на Сангилене — Центрально-Сангиленский. В ограниченном количестве щелочные породы второй группы есть в Восточном Саяне.

Щелочные породы второй группы представлены как в эффузивной, так и в интрузивной фациях. В эффузивной — это щелочные базальтоиды, ассоциирующие в вулканических толщах с излившимися породами повышенной щелочности основного и среднего составов. Фиксируются они редко. В интрузивной фации породы этой группы варьируют от нефелиновых сиенитов до тералитов и ийолитов, очень редко до якупирангитов. Щелочные габброиды встречаются почти исключительно в Кузнецком Алатау приблизительно в равных (по занимаемым площадям) соотношениях с нефелиновыми сиенитами. В Сангилене решительно преобладают нефелиновые сиениты, но есть породы якупирангит-уртитовой серии и карбонатиты [5].

В Кондомском районе Кузнецкого Алатау в зоне Кузнецко-Алтайского разлома, в числе щелочных пород, представленных, в частности, нефелиновыми сиенитами, появляются высококалиевые породы — эпилейцитовые порфиры. Возраст их одни исследователи определяют как среднепозднекембрийский, другие — как девонский.

Другим районом проявления высококалиевых щелочных пород в Алтае-Саянской области является зона сочленения Сибирского кратона со структурами Восточного Саяна (Присаянский прогиб с его северо-западным и юго-восточным продолжениями — Туманшетским и Ийско-Урикским грабенами [6]). Высококалиевые породы имеют здесь преимущественно ультраосновной состав — лампроиты, слюдяные кимберлиты, пироксениты, щелочные базальтоиды. В ограниченном количестве присутствуют нефелиновые сиениты. Появлялись высококалиевые породы, по крайней мере, на пяти стратиграфических уровнях, в интервале 1268 ± 12 — 370 ± 30 млн лет. В этом же районе в качестве раннедевонского А.А. Коновым [7] описан Жидойский щелочно-ультраосновной плутон, сложенный породами ийолит-мельтейгитового ряда, нефелиновыми сиенитами и карбонатитами.

Надо сказать, что появление высококалиевых щелочных пород, тоже в парагенезисе с нефелиновыми сиенитами, в зоне сочленения Сибирского кратона со смежными складчатыми сооружениями свойственно и более восточным, чем Саяны, участкам этой зоны. Здесь имеются в виду сыннырский комплекс псевдолейцитовых, нефелиновых и щелочных сиенитов Прибайкалья, а далее на восток — щелочные породы Алданского щита.

КАЛИЕВОСТЬ—НАТРИЕВОСТЬ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ

Калиевость—натриевость нефелиновых сиенитов Алтае-Саянской области отражена в табл. 1, в которой представлены данные большинства опубликованных к настоящему времени химических анализов нефелиновых сиенитов региона. Первые 9 анализов относятся к нефелиновым сиенитам, непосредственно связанным и пространственно, и генетически с раннепалеозойскими (ордовикскими) коллизионными гранитоидами. Анализы 10—13 принадлежат нефелиновым сиенитам из массивов щелочных сиенитов, т. е. тоже генетически связанные с раннепалеозойским гранитоидным магматизмом. Следующие 6 анализов (14—19) включают в себя девонские рифтогенные сиениты центральной части Мартайги. Далее (20, 21) идут два средних анализа нефелиновых сиенитов Сангилена — мезо- и лейкократовых. Эти две группы пород естественным образом обособляются в ряду нефелиновых сиенитов региона по статистически значимому минимуму (53,96%) в распределении кремнезема [8]. К Сангилену относится и анализ уррита (22) этой части Тувы.

Анализы 23, 24 иллюстрируют соотношение калия и натрия в нефелиновых сиенитах широко известного патынского комплекса Горной Шории (Кузнецкого Алатау), а ан. 25 в нефелиновых сиенитах так называемого каратагского комплекса девона этого же района. Четыре последних анализа относятся к нефелиновым сиенитам высококалиевых комплексов основного—ультраосновного составов шовных зон: 26 — запада Алтае-Саянской области, 27—29 — Присаянья.

Таблица 1. Калиево-натриевое отношение в нефелиновых сиенитах Алтае-Саянской области, мас.%

№ п/п	Массив	Среднее	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	K ₂ O/Na ₂ O	Источник
1	Буланкуль, КА	Из 26 ан.	6,03	5,02	55,40	0,83	[9]
2	Тырданов Улус, КА	Из 12 ан.	5,01	4,93	53,92	0,98	[9]
3	Пезинский, ВС	Из 12 ан.	7,94	5,59	52,32	0,70	[10]
4	Ботогол, ВС	Из 18 ан.	7,22	5,40	52,18	0,75	[11]
5	хр. Нюрган, ВС		4,78	5,12	61,01	1,07	[11]
6	Урда-Окинское междуречье, ВС		9,89	5,62	54,14	0,57	[12]
7	Котунский, ВС	Из 24 ан.	7,42	5,21	56,11	0,70	[13]
8	Новобериккульский, КА	Из 5 ан.	7,84	5,09	55,28	0,65	[14]
9	Тайдонский, КА	Из 3 ан.	7,61	7,19	54,43	0,94	[14]
10	Туимо-Карыш, КА	Из 2 ан.	6,92	6,02	59,24	0,87	[15]
11	Сайбар, ВС	Из 3 ан.	8,91	4,07	52,47	0,49	[15]
12	Буровский, ВС	Из 6 ан.	9,87	4,93	55,10	0,50	[15]
13	гора Высокая, ВС		6,95	5,37	57,30	0,77	[15]
14	Ударнинский (рудник Ударный), КА	Из 4 ан.	8,13	4,25	55,13	0,52	[14]
15	Ударнинский (Петропавловка), КА	Из 7 ан.	7,92	4,23	54,66	0,53	[14]
16	гора Дедова, КА	Из 2 ан.	7,97	5,60	57,81	0,70	[9]
17	Кургусульский, КА	Из 8 ан.	8,28	4,70	50,67	0,57	[9]
18	Горячегорск (нефел. сиениты и уртиты), КА	Из 13 ан.	8,89	2,64	50,90	0,30	[9]
19	Кийский Шалтырь (уртиты), КА		11,3	3,16	42,64	0,28	[9]
20	Сангилен (мезократовые нефел. сиениты)	Из 55 ан.	7,49	5,20	51,06	0,69	[16]
21	Сангилен (лейкократовые нефел. сиениты)	Из 78 ан.	7,03	5,91	57,35	0,84	[16]
22	Сангилен (уртиты)	Из 28 ан.	10,91	4,90	47,44	0,45	[16]
23	Бол. Куль-Тайга, КА		10,51	4,30	53,97	0,41	[14]
24	Патынский, КА		6,45	5,13	57,04	0,80	[17]
25	Каратаг (Горная Шория), КА	Из 6 ан.	7,95	5,07	57,20	0,64	[14]
26	гора Сокол (фельдшпатоидный сиенит), КА	Из 10 ан.	6,42	8,07	56,14	1,26	[14]
27	Верхнесаянский, ВС		5,30	8,0	57,16	1,51	[18]
28	Большеетагнинский, ВС		2,58	9,11	53,80	3,53	[19]
29	Жидойский, ВС		7,74	8,01	51,47	1,03	[7]

Примечание. КА — Кузнецкий Алатау, ВС — Восточный Саян.

Общая схема размещения этих и других проявлений нефелиновых сиенитов в структурах Алтае-Саянской области показана на рис. 1.

Чтобы оценить степень соответствия калий-натриевых отношений в нефелиновых сиенитах Алтае-Саянской области таковым в породах группы нефелинового сиенита вообще, мы составили диаграмму (рис. 2) средних составов нефелиновых сиенитов более чем 100 массивов и комплексов этих пород мира. Были привлечены опубликованные в литературе средние составы наиболее известных массивов и комплексов таких пород по всем континентам, а также приводимые рядом авторов (А.Н. Заварицкий [20], S.R. Nockolds [21], О.А. Воробьева [22], Л.С. Бородин [23]) средние химические анализы нефелиновых сиенитов. При рассмотрении диаграммы видно, что по величине K₂O/Na₂O нефелиновые сиениты естественным образом делятся на породы с преобладанием калия (отношение > 1) и с преобладанием натрия (отношение < 1). Но это в массовых процентах. В дальнейшем же нам придется иметь дело в основном с молекулярными процентами (K₂O/Na₂O = 1 в молекулярных процентах отвечает 0,65 мас.%). Мы будем использовать эту величину как реперную граничную. На диаграмме она обозначена горизонтальной линией.

При нанесении K₂O/Na₂O на диаграмму (см. рис. 2) также выясняется, что они образуют достаточно компактный рой точек, наклоненный к оси абсцисс приблизительно под углом 30°. Ориентировочно проведенная ось этого роя показана на диаграмме. Левее и ниже поля нефелиновых сиенитов, через некоторый минимум распределения точек, располагается поле щелочных габброидов.

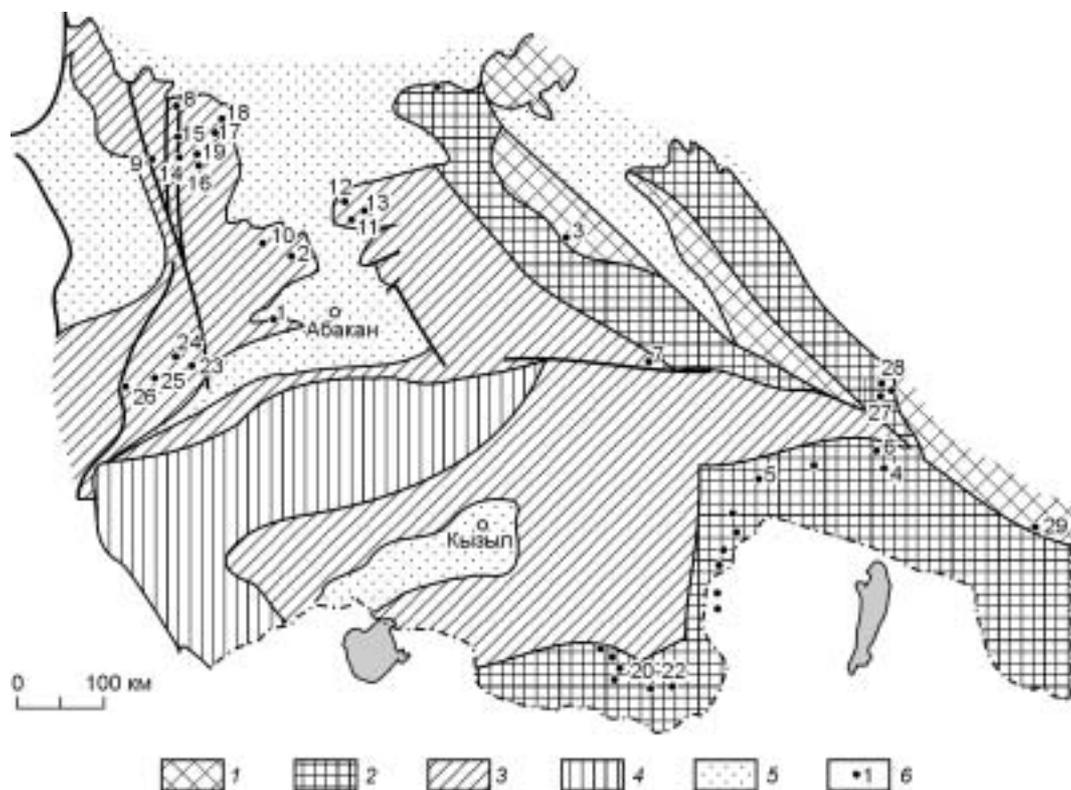


Рис. 1. Схема размещения нефелиновых сиенитов в структурах Алтае-Саянской области:

1 — краевые выступы фундамента Сибирской платформы (AR—PR); 2 — участки континентальной коры, сформированной к началу венда; 3 — область ранних, 4 — поздних каледонид; 5 — наложенные впадины и прогибы среднего палеозоя—мезозоя; 6 — проявления нефелиновых сиенитов (номера точек соответствуют номерам массивов в табл. 1).

Горизонтальная линия равных молекулярных количеств K_2O и Na_2O пересекает нефелин-сиенитовый рой приблизительно посередине, т. е. около половины нефелиновых сиенитов принадлежат к породам с преобладанием калия, другая половина — с преобладанием натрия. Более калиевыми являются нефелиновые сиениты, обогащенные кремнеземом. Это свойство, кстати, присуще породам всех групп.

Нефелиновые сиениты представляют собой конечные продукты эволюции щелочных магм. Давно подмечено, что большинство составов этих пород лежит в низкоплавкой области системы $NaAlSi_3O_8$ — $KAlSi_3O_8$ — SiO_2 . Сиениты отвечают минимальной температуре плавления на кривой щелочного полевого шпата — $Or_{30-35}Ab_{65-70}$ [24, с. 345], что соответствует $K_2O/Na_2O = 0,61—0,77$ (мас. %). Все эти значения калий-натриевых соотношений ложатся в области равных молекулярных количеств K_2O и Na_2O . Вблизи этой линии располагаются K_2O/Na_2O и всех средних составов нефелиновых сиенитов, приводимых различными авторами.

Вследствие наклона роя точек с уменьшением в нефелиновых сиенитах содержаний SiO_2 все составы сиенитов постепенно смещаются в поле пород с преобладанием натрия, а с увеличением SiO_2 — в поле пород с преобладанием калия. Об изменении средней ве-

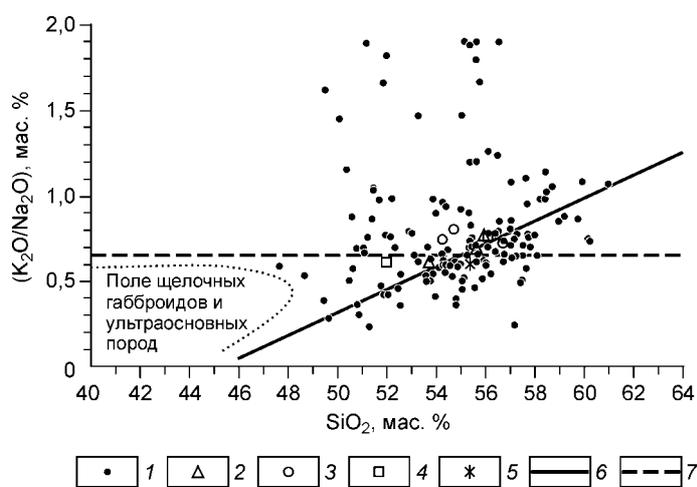
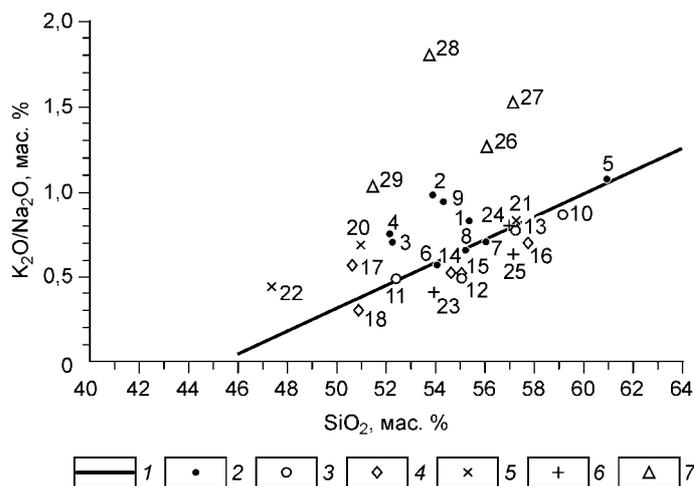


Рис. 2. Величины K_2O/Na_2O в нефелиновых сиенитах.

1 — в нефелиновых сиенитах, 2—5 — в средних типах нефелиновых сиенитов: 2 — по [23], 3 — по [22], 4 — по [20], 5 — по [21]; 6 — длинная ось эллипса распределения точек K_2O/Na_2O , она же линия средних значений K_2O/Na_2O при различных содержаниях в породах SiO_2 ; 7 — линия равных молекулярных количеств K_2O и Na_2O .

Рис. 3. Величины K_2O/Na_2O в нефелиновых сиенитах Алтае-Саянской области (номера точек соответствуют номерам массивов в табл. 1).

1 — линия средних величин K_2O/Na_2O в нефелиновых сиенитах при различных содержаниях SiO_2 ; 2—7 — величины отношений в нефелиновых сиенитах, связанных: 2 — с раннепалеозойским гранитоидным магматизмом, 3 — с массивами щелочных сиенитов, 4 — со щелочными массивами севера Кузнецкого Алатау, 5 — Сангилена, 6 — с массивами патынского и каратагского комплексов, 7 — с высококалийевыми комплексами основного и ультраосновного составов.



Величины K_2O/Na_2O ряда точек при различных содержаниях SiO_2 можно судить по положению длинной оси роя, которая приблизительно и является линией средних значений K_2O/Na_2O . Например, при 52 % SiO_2 среднее K_2O/Na_2O равно ориентировочно 0,44, а при 59 % SiO_2 — 0,90.

Точки, расположенные выше линии средних K_2O/Na_2O , соответствуют составам, которые отклоняются от среднего значения отношения в сторону более калиевых пород, точки, расположенные ниже — в сторону пород более натриевых. По этому отклонению мы в дальнейшем и будем судить о степени калиевости—натриевости нефелиновых сиенитов Алтае-Саянской области.

Диаграмму (K_2O/Na_2O)— SiO_2 с нанесенной на неё линией средних K_2O/Na_2O мы использовали для оценки степени калиевости—натриевости нефелиновых сиенитов Алтае-Саянской области (рис. 3).

На этой диаграмме на линию средних составов ложатся 8 точек, четыре из которых относятся к сиенитам, связанным с раннепалеозойским гранитоидным магматизмом, две — с массивами щелочных сиенитов, и по одной — с Патынским массивом и с лейкократовыми, т. е. с наиболее далеко зашедшими в своей магматической эволюции, нефелиновыми сиенитами Сангилена.

В восьми случаях точки K_2O/Na_2O располагаются ниже линии средних значений, в поле пород с более высокой натриевостью. Это главным образом (4 точки) рифтогенные нефелиновые сиениты девона центральной части Мартайги и (две точки) нефелиновые сиениты патынского комплекса. И, наконец, 12 отношений (см. табл. 1) размещаются в поле пород, характеризующемся более высоким, чем среднее, K_2O/Na_2O . Сюда попадают, прежде всего, нефелиновые сиениты высококалийевых комплексов двух крупных шовных зон востока и запада Алтае-Саянской области. Затем 5 точек, т. е. более 50 % точек этой группы, принадлежат нефелиновым сиенитам, ассоциирующим с ордовикскими коллизионными гранитами. Их повышенная калиевость как раз и объясняется этой ассоциацией, поскольку названные граниты характеризуются высоким содержанием K_2O , часто превосходящим (в мас. %) содержание Na_2O . И ещё в эту же группу нефелиновых сиенитов попадают два средних K_2O/Na_2O нефелиновых пород Сангилена, в частности, мезократовых нефелиновых сиенитов. В лейкократовых нефелиновых сиенитах этой области K_2O/Na_2O , как более поздних продуктах эволюции щелочных салических магм, ложатся уже на линию средних составов.

Почему в поле сиенитов с отклонением в сторону калия попадают нефелиновые сиениты Кургусульского массива (достаточно типичного представителя девонских щелочных массивов Мартайги), не ясно. И в этой обстановке, вероятно, возникают условия, благоприятные для образования относительно обогащенных калием пород.

По степени калиевости—натриевости нефелиновые сиениты Алтае-Саянской области можно подразделить на шесть формационно-возрастных групп (см. рис. 3):

1. Нефелиновые сиениты, связанные в своем происхождении с раннепалеозойским коллизионным гранитоидным магматизмом. Из учтенных в настоящей статье проявлений нефелиновых сиенитов это наиболее обширная группа. Калий-натриевые отношения в ней отвечают или среднему значению этой величины в нефелиновых сиенитах вообще (4 точки из 9), или отклоняются от среднего в сторону более высокого содержания калия (5 точек). В этом отношении они наследуют химические особенности гранитов как пород, обогащенных калием.

2. Вторую группу составляют нефелиновые сиениты, ассоциирующие с раннепалеозойскими щелочными сиенитами. В принципе они тоже имеют отношение к раннепалеозойскому гранитоидному магматизму, но, как и щелочные сиениты, возникают в качестве конечных продуктов эволюции этого магматизма в обстановке повышенной щелочности. Величины калий-натриевых отношений в нефелиновых сиенитах данной группы в 75 % случаев тяготеют к средним значениям и в одном случае — отклоняются в сторону пород обогащенных натрием.

3. К третьей группе относятся нефелиновые сиениты девонских рифтогенных щелочных массивов севера Кузнецкого Алатау (Мартайги). Калий-натриевое отношение в этих породах отличается от среднего значения в сторону натриевых разностей (в 4 случаях из 5).

4. В четвертую группу имеет смысл объединить ассоциирующие с габброидами нефелиновые сиениты патынского и каратагского комплексов Горной Шории. На рис. 3 они представлены тремя точками, одна из которых ложится на линию средних составов, две — в поле натриевых пород. В этом они уподобляются нефелиновым сиенитам рифтогенных комплексов девона зоны Кузнецко-Алтайского разлома, немного восточнее которой, в пределах Мрасского поднятия, массивы патынского комплекса и располагаются. Большинство исследователей считают патынский комплекс девонским, относя его к той же группе магматических образований, что и рифтогенные комплексы. Однако давно было отмечено, что патынский массив обладает определенным сходством с раннепалеозойскими „добатолитовыми“ габброидными интрузивами — членами габбро-гранитных серий, в частности, севера Кузнецкого Алатау, в связи с чем некоторые исследователи, в том числе автор настоящей статьи, датировал время его появления ранним палеозоем.

Сейчас благодаря работам Г.А. Бабина [25] для Патынского массива определенно доказан девонский возраст (404 ± 39 млн лет, самарий-неодимовый метод). Но девонским оказался и возраст тельбесских гранитоидов ($405,7 \pm 2,3$ млн лет U-Pb датирование [26]), т. е. тех самых „батолитовых“ гранитов, на основании взаимоотношения с которыми определялся возраст габброидных интрузий. Таким образом,

Таблица 2. Геологические условия проявления массивов нефелиновых сиенитов Алтае-Саянской складчатой области

Номер группы	Массивы нефелиновых сиенитов (согласно табл. 1)	Форма появления	Возраст	K_2O/Na_2O (по отношению к линии средних значений, см. рис. 3)
1	Буланкуль, Тырданов Улус, Пезинский, Ботогол, хр. Нюрган, Котунский, Новоберикульский, Тайдонский (№ 1—9)	Тела нефелиновых сиенитов, ассоциирующие с массивами раннепалеозойских коллизионных гранитов и сопутствующих им пород востока Алтае-Саянской области. Площадь тел от долей до 15 км^2	PZ_1	4 точки > среднего 5 точек = среднему
2	Туимо-Карыш, Сайбар, Буровский, гора Высокая (№ 10—13)	Мелкие тела в небольших ($1—70 \text{ км}^2$) массивах щелочных сиенитов горного обрамления Минусинского прогиба	PZ_1	2 точки = среднему 2 точки < среднему
3	Ударнинский, гора Дедова, Кургусульский, Горячегогорск (№ 14—18)	Мелкие тела в массивах преимущественно щелочных габброидов (площадь массивов $2—7 \text{ км}^2$) севера Кузнецкого Алатау	D_{1-2}	4 точки < среднего 1 точка > среднего
4	Бол. Куль-Тайга, Патынский, Каратаг (№ 23—25)	Мелкие тела среди щелочных сиенитов и габбро-сиенит-габбровых массивов патынского и каратагского комплексов Горной Шории	D_1	2 точки < среднего 1 точка = среднему
5	Сангилен (№ 20—22)	Самостоятельные интрузивные массивы площадью от долей до 7 км^2 , в одном случае (Коргередабинский) — 36 км^2 . Сложены фойяитами, ювитами, в ограниченном количестве ийолитами, урритами, мельтейгитами	D	2 точки > среднего 1 точка = среднему
6	Верхнесаянский, Большетагнинский, Жидойский (№ 27—29)	Небольшие тела в массивах щелочных основных—ультраосновных пород и карбонатитов края Сибирской платформы (зиминский комплекс)	PR—€ или D	3 точки > среднего
	Гора Сокол (№ 26)	Массив нефелиновых и псевдолейцитовых сиенитов (площадью около 3 км^2) в зоне Кузнецко-Алтайского глубинного разлома Горной Шории	€ или D	1 точка > среднего

полученные цифры не опровергают предположения о „добатолитовом“ возрасте Патынского массива, но все события, связанные с формированием и этого массива, и гранитов, переместились в средний палеозой. Видимо, в основном перекрытая отложениями Кузнецкой котловины юго-западная часть Кузнецкого Алатау развивалась в своё время не как раннекаледонская (салаирская), а как собственно каледонская структура, подобная смежному Салаиру. Давно известно [27], что с перемещением из восточных в западные районы Алтае-Саянской области имеет место омоложение „батолитовых“ гранитов, а о девонском возрасте тельбесских гранитов писали ещё в тридцатые годы прошлого столетия, впоследствии отказавшись от этого.

5. В пятую группу могут быть выделены нефелиновые сиениты Сангилена. По геологическим условиям проявления они напоминают щелочные породы Мартайги, но отличаются повышенной калиево-стью — примерно на уровне нефелиновых сиенитов, связанных с гранитоидами.

6. Наконец, шестая группа — это нефелиновые сиениты, входящие в комплексы высококалиевых пород преимущественно ультраосновного—основного составов шовных зон Присаянья и зоны Кузнецко-Алтайского разлома. Их отличает самая высокая для щелочно-салических пород Алтае-Саянской области калиево-сть. Таких высоких по уровню калиево-сти нефелиновых сиенитов, как в этой группе, в регионе нет. Важно подчеркнуть, что это обособленная самостоятельная группа, не связанная с другими группами взаимопереходами. Между прочим, о самостоятельности высококалиевого магматизма по отношению к калий-натриевому щелочному магматизму пишут и другие авторы [28, 29]. Это свидетельствует об индивидуальных особенностях его возникновения. Судя по тому, что высококалиевые щелочные породы связаны с наиболее крупными шовными зонами, они имеют, как это и принимается большинством исследователей, достаточно глубинную природу.

Сведения по перечисленным группам нефелиновых сиенитов в концентрированном виде даны в табл. 2.

РЕДКОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ

Изменения соотношения калия и натрия в нефелиновых сиенитах сопровождаются изменениями содержания в породах ряда других химических элементов, в частности редких элементов. Поведение последних в нефелиновых сиенитах при изменении типа щелочности этих пород изучено в настоящее время достаточно хорошо [23, 30 и др.]. Установлено, что с возрастанием калиево-сти нефелиновых сиенитов в них увеличиваются содержания рубидия, цезия и уменьшаются — циркония, гафния, ниобия, тантала, бериллия, иттрия, редких земель при относительном увеличении элементов цериевой группы.

Поведение редких элементов в нефелиновых сиенитах Алтае-Саянской области специально никем не изучалось. Имеются лишь отрывочные сведения на этот счет. Они содержатся в работах [3, 13, 31—37]. Согласно изложенному авторами этих работ, картина поведения редких элементов в нефелиновых сиенитах выглядит следующим образом. Содержание рубидия возрастает от наиболее натриевых нефелиновых сиенитов Мартайги к наиболее калиевым разновидностям этих пород Присаянья с 45—90 до 260 г/т, цезия с 2—5 до 6—9 г/т. Содержание циркония уменьшается с 600—510 до 200—240 г/т, ниобия — максимальное в нефелиновых сиенитах Сангилена (150—180 г/т), уменьшается как в сторону Мартайги (10—30 г/т), так и Присаянья (50 г/т). Так же ведет себя иттрий: 160 г/т в Сангилене, 5—55 г/т в Мартайге, 17 г/т в Присаянье. Нефелиновые сиениты Сангилена являются также самыми богатыми в Алтае-Саянской области по содержанию лития (35—160 г/т) и редких земель цериевой группы.

Наименьшие содержания легких лантаноидов устанавливаются в нефелиновых сиенитах Мартайги. В более богатых калием нефелиновых сиенитах восточных районов Алтае-Саянской области (Восточный Саян, Сангилен) концентрации этих элементов увеличиваются. Относительно высокие содержания РЗЭ цериевой группы отмечаются для богатых калием щелочных пород Сынырского массива [38].

Таким образом, известные геохимические зависимости поведения редких элементов в нефелиновых сиенитах от уровня их калиево-сти—натриевости в общих чертах для Алтае-Саянской области выдерживаются. Исключением являются высококалиевые нефелиновые и псевдолейцитовые сиениты Кондомского района Горной Шории. По содержанию таких элементов, как литий, рубидий, цирконий, ниобий, цезий, бериллий, они не отличаются от существенно натриевых нефелиновых сиенитов Мартайги, т. е. зоны Кузнецко-Алтайского разлома, в которой Кондомский район и находится. Дело здесь, возможно, в геологической позиции высококалиевых пород Кондомского района. Хотя многие исследователи считают их девонскими, т. е. принадлежащими к продуктам заключительных этапов эволюции магматизма Кузнецкого Алатау, есть основания относить время образования этих пород к кембрию [39]. Если это так, то тогда они не принадлежат, как это имеет место в Присаянье, к продуктам поздних выделов магм из пород мантии, а появляются значительно раньше, что, возможно, и отражается на содержаниях в них редких элементов.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ

Если говорить об общей для Алтае-Саянской области картине распространения перечисленных групп нефелиновых сиенитов, то намечается некоторая зональность в этом распространении по отношению к

Сибирскому кратону. Вдоль его края развиты наиболее калиевые сиениты — члены высококалиевых комплексов основного—ультрасосновного составов. Формирование последних происходило с перерывами на протяжении почти миллиарда лет — с протерозоя до девона. Высококалиевые ультраосновные комплексы (кимберлиты) распространены и во внутренних частях кратона.

Далее следует совпадающая с областями байкалид и ранних каледонид вторая зона менее калиевых нефелиновых сиенитов первой, второй и пятой групп. На рис. 3 точки калий-натриевых отношений этих пород ложатся или в калиевое поле или вдоль линии средних значений. Возраст этих сиенитов палеозойский (от ордовика до девона—карбона).

Наконец, самая внешняя зона наименее калиевых нефелиновых сиенитов (третьей и четвертой групп) совпадает с зоной Кузнецко-Алтайского разлома вблизи западной границы области ранних каледонид. Точки калий-натриевых отношений этих пород размещаются в натриевом поле. Правда, в этой зоне в виде явной аномалии появляются высококалиевые породы Кондомского района. Быть может, это связано с возможным присутствием в этой части Горной Шории блоков докембрийского фундамента, как свидетельств существования здесь геологических обстановок, в какой-то степени сходных с таковой кратонов.

Надо сказать, что аналогичная зональность в распределении различных по уровню калиевости продуктов магматизма повышенной щелочности в юго-западном обрамлении Сибирской платформы была обнаружена А.Ф. Белоусовым [40] уже давно, на примере вулканических ассоциаций докембрия и раннего палеозоя с участием щелочно-салических пород. Эта, как и описываемая нами зональность, является частным случаем проявления общей зональности магматизма в складчатом обрамлении Сибирской платформы, выражающейся, в частности, в возрастании калиевости изверженных пород по мере приближения к ней. Её подробно рассматривают в своих работах В.В. Ярмолюк, В.И. Коваленко [41], М.И. Кузьмин [42], И.В. Гордиенко [43], объясняя, с позиций Т. Хатчертона и Р. Дикинсона [44], наклоном под Сибирский кратон сейсмофокальной зоны Беньофа в период существования здесь океана и осуществления процессов субдукции.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 00-05-65294).

ЛИТЕРАТУРА

1. Довгаль В.Н., Изох А.Э., Поляков Г.В., Телешев А.Е. Тектоническое положение и особенности состава высококалиевых ультрабазит-базитовых магматических комплексов складчатых областей (на примере Алтае-Саянского и других регионов) // Геология и геофизика, 2004, т. 45, № 9, с. 1102—1113.
2. Костюк В.П., Гулецкая Э.С. К минералогии массива Сайбар (Восточный Саян) // Геология и геофизика, 1967, № 7, с. 43—50.
3. Яшина Р.М. Щелочной магматизм складчато-глыбовых областей. М., Наука, 1982, 274 с.
4. Яшина Р.М., Андреева Е.Д. О длительности развития континентального рифтогенеза и связанного с ним магматизма // Магматизм рифтов, петрология, эволюция, геодинамика. М., Наука, 1989, с. 145—152.
5. Кононова В.А. Уртит-ийолитовые интрузии Юго-Восточной Тувы и некоторые вопросы их генезиса. М., Изд-во АН СССР, 1962, 108 с.
6. Секерин А.П., Меньшагин Ю.В., Лашенов В.А. Высококалиевые мантийные породы Урикско-Туманшетской мобильной зоны и проблемы алмазности Присяня // Отечественная геология, 1999, № 2, с. 16—23.
7. Конев А.А. Жидойский щелочно-ультрасосновной плутон. М., Наука, 1970, 82 с.
8. Довгаль В.Н., Минин В.А. Петрохимические типы фельдшпатоидных пород различных интрузивных ассоциаций Алтае-Саянской области // Систематика магматических формаций. Новосибирск, Наука, 1987, с. 211—233.
9. Довгаль В.Н., Широких В.А. История развития магматизма повышенной щелочности Кузнецкого Алатау. Новосибирск, Наука, 1980, 215 с.
10. Ящук В.И. Магматические комплексы зоны Манского разлома: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1975, 23 с.
11. Костюк В.П., Базарова Т.Ю. Петрология щелочных пород восточной части Восточного Саяна. М., Наука, 1966, 166 с.
12. Гордиенко И.В. Девонская вулканоплутоническая формация в юго-восточной части Восточного Саяна. Улан-Удэ, Бурятское кн. изд-во, 1969, 116 с.
13. Коваленко В.И., Пополитов Э.И. Петрология и геохимия редких элементов щелочных и гранитных пород Северо-Восточной Тувы. М., Наука, 1970, 258 с.
14. Геологическое строение и петрография нефелиновых пород Кузнецкого Алатау // Материалы по геологии Западной Сибири, Вып. 64. М., Госгеолтехиздат, 1963, 336 с.

15. **Среднепалеозойские интрузии** гранитов и сиенитов Кузнецкого Алатау и северо-восточной части Восточного Саяна / Ред. Ю.А. Кузнецов. Новосибирск, Наука, 1974, 242 с.
16. **Довгаль В.Н.** Эволюция магматизма повышенной щелочности Алтае-Саянской области: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1988, 32 с.
17. **Ильенок С.С.** Основные черты петрологии Патынского массива // Геология и геофизика, 1960, № 4, с. 76—91.
18. **Фролов А.А., Волженкова А.Я., Нечаева Е.А.** Малоэродированный массив ультраосновных—щелочных пород и карбонатитов в Сибири // Геология рудных м-ний, 1969, т. XI, № 1, с. 27—39.
19. **Фролов А.А., Багдасаров Ю.А.** Большетагинский массив ультраосновных—щелочных пород и карбонатитов // Сов. геология, 1967, № 12, с. 82—93.
20. **Заварицкий А.Н.** Изверженные горные породы. М., Изд-во АН СССР, 1955, 480 с.
21. **Nockolds S.R.** Average chemical composition of some igneous rocks // Bull. Geol. Soc. Amer., 1954, v. 65, p. 1007—1032.
22. **Воробьёва О.А.** О химизме нефелин-сиенитовых магм // Геохимия, петрология и минералогия щелочных пород. М., Наука, 1971, с. 7—16.
23. **Главнейшие провинции** и формации щелочных пород. М., Наука, 1974, 376 с.
24. **Тернер Ф., Ферхуген Д.** Петрология изверженных и метаморфических пород. М., Изд-во ИЛ, 1961, 592 с.
25. **Бабин Г.А.** Магматизм Горной Шории: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, ОИГТМ СО РАН, 2003, 20 с.
26. **Руднев С.Н., Крук Н.Н., Гусев А.И. и др.** Природа Алтае-Минусинского вулканоплутонического пояса (по данным геохимических и U-Pb геохронологических исследований гранитоидов) // Актуальные вопросы геологии и минерагении юга Сибири (Материалы научн.-практ. конф. 31 октября—2 ноября 2001 г., пос. Елань, Кемеровской обл.). Новосибирск, Изд-во ИГиЛ СО РАН, 2001, с. 231—242.
27. **Кузнецов Ю.А.** Об особой роли гранитоидных интрузий в истории магматизма Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 1960, № 1, с. 23—37.
28. **Костюк В.П.** Щелочной магматизм периферического обрамления Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2001, 162 с.
29. **Бочкарёв В.В.** Субщелочной магматизм — индикатор геодинамических обстановок // Палеозоны субдукции: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез. Екатеринбург, Изд-во ИГиГ УрО РАН, 2000, с. 6—25.
30. **Геохимия**, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов, Т. 1. М., Наука, 1964, 685 с.
31. **Довгаль В.Н., Широких В.А.** Некоторые данные о содержании элементов-примесей в массивах среднепалеозойских субвулканических гранитов и сиенитов Кузнецкого Алатау // Геология и геофизика, 1969, № 10, с. 39—45.
32. **Минин В.А.** Среднепалеозойский сиенит-гранитный комплекс Сангилены (Юго-Восточная Тува): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1987, 16 с.
33. **Есин С.В., Пархоменко В.С., Шестель С.Т.** Геохимические особенности и петрогенезис пород щелочно-габброидной серии Кузнецкого Алатау // Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных комплексов юга Сибири. Новосибирск, ОИГТМ СО АН СССР, 1991, с. 54—68.
34. **Воронцов А.А., Ярмолюк В.В.** Девонские магматические ассоциации со щелочными породами Северо-Западной Монголии // Геология и геофизика, 1992, № 8, с. 62—68.
35. **Секерин А.П., Меньшагин Ю.В., Лощанов В.А.** Присаянская провинция высококалийевых щелочных пород и лампроитов // Докл. РАН, 1995, т. 342, № 1, с. 82—86.
36. **Гертнер И.Ф., Врублевский В.В., Войтенко Н.Н.** Геохимия щелочно-мафитовых плутонов Кузнецкого Алатау // Петрология метаморфических и магматических комплексов, Т. 1 (Материалы всерос. научн. конф., вып. 3). Томск, 2002, с. 58—59.
37. **Врублевский В.В.** Петрология карбонатитовых комплексов консолидированных складчатых областей на примере Южной Сибири и Тянь-Шаня: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, 2003, 40 с.
38. **Панина Л.И., Бобров В.А., Кузнецова Л.Г.** Некоторые особенности химического состава пород Сырнырского плутона // Проблема хозяйственного освоения зоны Байкало-Амурской магистрали. Новосибирск, 1981, с. 83—92.
39. **Курепин В.А.** Псевдолейцитовые породы горы Сокол в Горной Шории // Геология и геофизика, 1965, № 2, с. 21—31.
40. **Белоусов А.Ф.** Крупноплощадная зональность состава вулканических серий докембрия и нижнего палеозоя в западной части Алтае-Саянской области // Докл. АН СССР, 1967, т. 4, № 5, с. 1164—1166.

41. **Ярмолюк В.В., Коваленко В.И.** Каменноугольный вулканизм Монголии и геодинамическая обстановка его формирования // Докл. АН СССР, 1982, т. 263, № 1, с. 172—174.
42. **Кузьмин М.И.** Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов. Новосибирск, Наука, 1985, 198 с.
43. **Гордиенко И.В.** Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. М., Наука, 1987, 237 с.
44. **Hatherton N., Dickinson W.R.** The relationship between andesitic volcanism and seismicity in Indonesia, the Lesser Antilles, and other island arcs // J. Geoph. Res., 1969, v. 74, № 22, p. 5301—5310.

*Рекомендована к печати 27 декабря 2004 г.
Н.В. Соболевым*

*Поступила в редакцию 9 апреля 2004 г.,
после доработки — 16 декабря 2004 г.*