

УДК 550.4.02

DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-51-60

ВАРИАЦИИ СОСТАВОВ ЧАРОИТА И ПАРАГЕННЫХ С НИМ МИНЕРАЛОВ ИЗ ЧАРОИТОВЫХ ПОРОД© Э.Ю. Докучиц¹, Н.В. Владыкин²^{1,2}Институт Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а.

Целью данной работы является получение достоверных данных составов чароитов и других минералов чароитовых пород. В статье описана геология Мурунского массива, приведены анализы для 21 образца чароитов, рассмотрены петрохимические характеристики большого ряда составов минералов чароитовых пород. Построены и описаны парагенетические схемы кристаллизации ранних и поздних минералов. Уточнены генетические особенности чароита и чароитовых пород. На основании полученных результатов сделаны выводы. Чароитовые породы по химическому составу отвечают сиенитам с высокими содержаниями Са, Ва и Sr. Химический состав чароита довольно выдержанный, что говорит о стабильных условиях его кристаллизации. Выделено три парагенетических группы минералов чароитовых пород. Наблюдаются единые тренды составов минералов чароитовых пород на петрохимических диаграммах. Закономерное поведение петрогенных и редких элементов в чароитовых породах говорит о стабильных условиях кристаллизации пород из силикатно-карбонатного расплав-флюида.

Ключевые слова: чароит, чароитовые породы, Мурунский массив, петрогенные элементы, химический состав, щелочной магматизм.

Формат цитирования: Докучиц Э.Ю., Владыкин Н.В. Вариации составов чароита и парагенных с ним минералов из чароитовых пород // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 2 (55). С. 51–60. DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-51-60.

COMPOSITIONAL VARIATIONS OF CHAROITE AND ITS PARAGENOUS MINERALS FROM CHAROITE ROCKS**E.Y. Dokuchits, N.V. Vladykin**

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, 1a Favorsky St., Irkutsk, 664033, Russia.

The main objective of this work is obtaining of reliable data on the compositions of charoite and other minerals of charoite rocks. The article describes the geology of Murun complex, provides the analyses for 21 charoite samples, and considers petrochemical characteristics of a large number of charoite rocks mineral composition. Paragenous crystallization schemes of early and late minerals are constructed and described. Genetic features of charoite and charoite rocks are specified. Conclusions are made on the basis of the obtained results. Charoite rocks in chemical composition measure up syenites with high concentrations of Ca, Ba and Sr. Chemical composition of charoite is quite balanced that suggests stable conditions of its crystallization. Three paragenous groups of charoite rocks minerals are distinguished. Petrochemical diagrams demonstrate uniform trends of the composition of charoite rock minerals. Regular behavior of petrogenic and rare elements in charoite rocks implies stable crystallization conditions of the rocks from silicate-carbonate melt-fluid.

Keywords: charoite, charoite rocks, Murun complex, petrogenic elements, chemical composition, alkaline magmatism

For citation: Dokuchits E.Y., Vladykin N.V. Compositional variations of charoite and its paragenous minerals from charoite rocks // Proceedings of Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits. 2016. No. 2 (55). Pp. 51–60. DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-51-60.

¹Докучиц Эмилия Юрьевна, младший научный сотрудник, тел.: (3952) 295298, e-mail: esfor@rambler.ru

Dokuchits Emilia, Junior Researcher, tel.: (3952) 295298, e-mail: esfor@rambler.ru

²Владыкин Николай Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геохимии щелочных пород, тел.: (3952) 511460, e-mail: vlad@igc.irk.ru

Vladykin Nikolay, Doctor of geologic-mineralogical science, Head of the Laboratory of Alkaline Rocks Geochemistry, tel.: (3952) 511460, e-mail: vlad@igc.irk.ru

Введение

Мурунский массив является уникальным представителем ультракалийевых щелочных пород. Это единственный в мире крупный массив с калиевой агпаитностью, с чем и связано наличие необычных пород и руд в этом массиве. Одним из наиболее интересных полезных ископаемых Мурунского массива является чароит.

Основными задачами работы являлось выявление петрохимических особенностей чароитовых пород и слагающих их минералов с помощью диаграмм парных и тройных корреляций породообразующих элементов в процессе дифференциации этих пород, исследование геохимических особенностей поведения редких элементов и их накопление в конечных продуктах при дифференциации пород.

Геология Мурунского массива

Мурунский вулканоплутонический комплекс – уникальное творение природы. Он является самым крупным массивом с калиевой агпаитностью и не имеет аналогов в мире. По набору слагающих его пород и минералов и выявленных в последние годы типов месторождений и рудопроявлений (в том числе и самоцвета чароита) он также уникален. Мурунский вулканоплутонический комплекс расположен в северо-восточной части Иркутской области на границе с Якутией. Комплекс состоит из двух выходов Мурунского массива – Большемурунского и Маломурунского. Площадь его – 150 км², возраст – 145 млн лет [1–3]. В дальнейшем речь будет идти о Маломурунском выходе. В Мурунском массиве наблюдается уникальная дифференциация от ультраосновных-щелочных пород до щелочных гранитов со всеми промежуточными разновидностями [4]. Важным процессом при образовании пород Мурунского массива является процесс магматического силикатного и силикатно-карбонатного расслоения. Нами установлена следующая схема магматизма массива:

1. *Ранняя фаза внедрения.* Расслоенный комплекс: Вт-пироксениты, К-ий-олиты, оливиновые лампроиты, Fsp-шонкиниты, лейцитовые шонкиниты и ксенолиты кумулятивных оливин-шпинелиевых и оливин-пироксен-монтичеллит-слюдистых пород.

2. *Главная фаза* сложена горизонтально расслоенным комплексом различных псевдолейцитовых, Fsp-кальцилитовых, Вт-Ру калишпатовых сиенитов, кристаллизация которых заканчивается кварцевыми сиенитами, дайками и штоками щелочных гранитов.

3. *Вулканическая фаза.* Это расслоенный поток лейцитовых мелафонолитов, лейцититов, лейцитовых лампроитов с участками их туфолавы и туфобрекчии. Дайковый комплекс этой фазы представлен лейцитовыми тингуаитами, рихтерит-санидиновыми лампроитами, трахит-порфирами, сиенит-порфирами и эвдиалитовыми луявритами.

4. *Поздняя фаза* представлена расслоенным комплексом калиевых силикатно-карбонатных пород следующего состава:

1) микрокалишпатиты – белые микрозернистые породы, состоящие из калиевого полевого шпата, с незначительными примесями пироксена и тинаксита;

2) кварц-кальцит-пироксен-микрклиновые породы, содержания кальцита в которых варьируют от 5 до 20%;

3) пироксен-калишпатовые породы с варьирующим в широких пределах содержанием обеих компонентов;

4) кальцитовые, бенстонитовые и кварц-кальцитовые карбонатиты;

5) силикатные чароитовые породы.

Все описанные выше породы по многочисленным тектоническим зонам и трещинам подвержены интенсивному воздействию гидротермальной стадии, которая проявлена в сульфидизации и окварцевании пород массива. С гидротермальными процессами связаны проявления Cu, Pb, Zn, Au, Ag, U, Th, Mo, Nb, Ti.

В генетическом отношении чароитовые породы – одна из силикатных частей силикатно-карбонатного комплекса пород поздней фазы. Породы чароитового комплекса развиты в юго-западной части Маломурунского массива на площади 10 км². Существует около 20 участков проявления чароитовых пород. Чароитовые породы образуют шлировые и жильные тела мощностью 5–10 м и протяженностью до 20 м. Чароитовые агрегаты часто образуют структуры течения в породе, обтекая вкрапленники ранних минералов. Иногда наблюдаются закаленные микрозернистые «сливные» участки чароита. При выветривании цвет чароита из сиреневого переходит в коричневый разных оттенков и белый.

Необычным отличием чароитовых пород от других пород комплекса является содержание в них SrO, достигающее до 2%, и BaO, достигающее до 3%. Эти содержания связаны с вхождением Ba и Sr в структуру минерала чароита, который является основным минералом чароитовых пород. Одним из главных отличий чароитовых пород от других является очень высокий коэффициент агпаитности, с чем, вероятно, и связано их отде-

ление от других силикатных пород остаточного расплав-флюида.

Основными элементами чароитовых пород являются Si, Ca, K, Na, Fe и вода. В меньших количествах имеются Ti, Al, Mn, Ba, Sr, F. Наблюдаются следующие вариации составов чароитовых пород: SiO₂ – 53–68%, TiO₂ – 0,1–2,4%, Al₂O₃ – 0,1–4,5%, Fe₂O₃+FeO – 0,3–12,9%, MnO – 0,1–0,8%, MgO – 0,1–0,6%, CaO – 7,2–30,5%, Na₂O – 1,7–3,7%, K₂O – 2,7–11,2%, H₂O – 1,5–6,5%.

По химическому составу чароитовые породы близки к сиенитам (рис. 1) с высокими содержаниями CaO (до 20%), щелочей (до 15%), Ba и Sr (до 3%) и H₂O (до 5%).

Происхождение чароитовых пород связано с расслоением силикатно-карбонатного расплав-флюида, остаточного от кристаллизации K-щелочных пород Мурунского массива. Это расслоение остаточного расплав-флюида происходит при его остывании и кристаллизации. Первой отделяется жидкость K-Al-Si-состава в виде микроклинитов, которые иногда содержат еще и Fe в составе пироксена. Следующими при расслоении образуются пироксен-калишпатовые

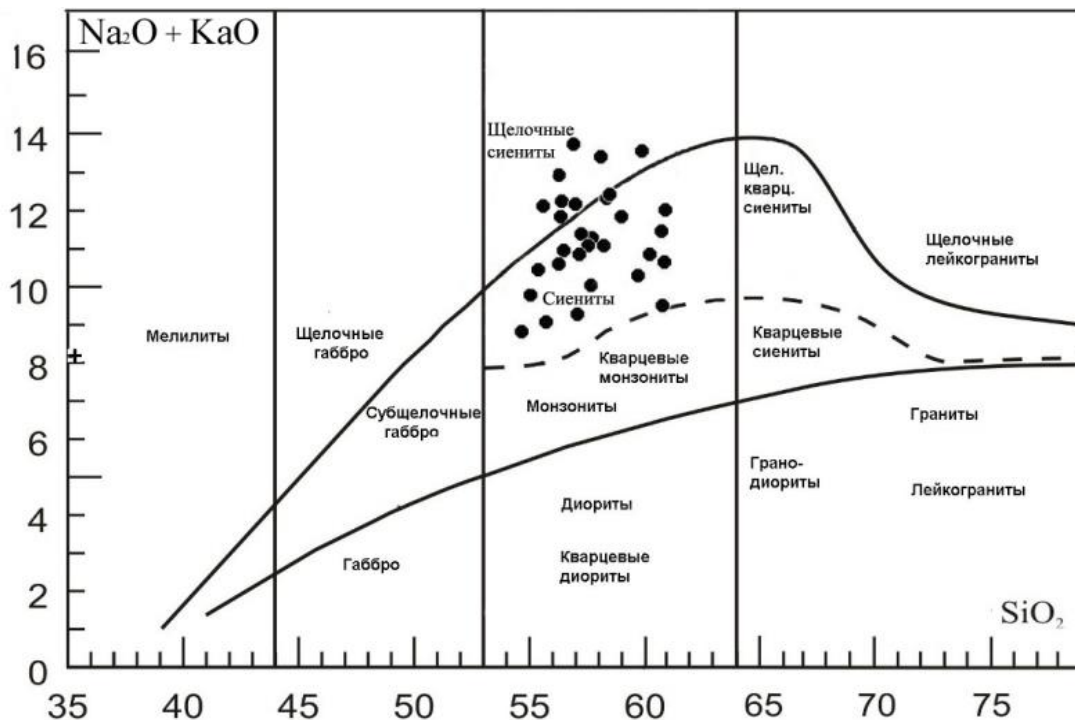


Рис. 1. Классификационная диаграмма чароитовых пород Мурунского массива, мас. %

породы с разными соотношениями калишпата и пироксена (от 10 до 90%). Обе эти составляющие не содержат таких компонентов, как Ba, Sr, Ti и вода, которые редко накапливаются в следующих продуктах расслоения. Далее остаточный продукт разделяется еще на две фракции: силикатную-чароитовую (содержащую воду) и почти лишенную воды карбонатную часть, обогащенную Ba и Sr. Карбонатная часть частично содержит и силикатную составляющую (до 10%). Карбонатитовая жидкость при дальнейшей кристаллизации также расслаивается на три части, давая начало Ba-Sr бенстонитовым карбонатитам, кальцитовым карбонатитам и кварц-кальцитовым карбонатитам с графическими структурами срастания кварца и кальцита. Далее при кристаллизации этих карбонатитов также происходит разделение в виде полос или капель, представленных микроклином, пироксеном и тинакситом, которые при быстрой кристаллизации образуют сферолиты (рис. 2).

Парагенетические особенности минералов чароитовых пород

Чароитовые породы сложены

ранними вкрапленниками кварца, микроклина, К-арфведсонита, тинаксита, федорита, апофиллита, франкаменита, пектолита, которые обтекаются чароитом, чароит-пироксен-тинакситовым агрегатом, иногда с кальцитом. В чароитовых породах обнаружен целый ряд новых минералов.

Особый интерес на Мурунском массиве представляет группа щелочных кальциевых силикатов, среди которых много новых и редких типов. Щелочные кальциевые силикаты – это группа минералов, состоящих из Ca, K, Na, Si и H₂O. Среди минералов этой группы есть новые виды: чароит, токкоит, франкаменит; весьма редкие: агреллит, федорит; более распространенные: мизерит, пектолит и апофиллит. В пределах Мурунского массива большинство этих минералов развито в значительных количествах, и нередко они являются главной составляющей частью чароитсодержащих пород [5, 6].

На рис. 3 в координатах K-Na-Ca показаны кристаллохимические особенности составов минеральных парагенезисов чароитовых пород с различными кремнекислородными радикалами.

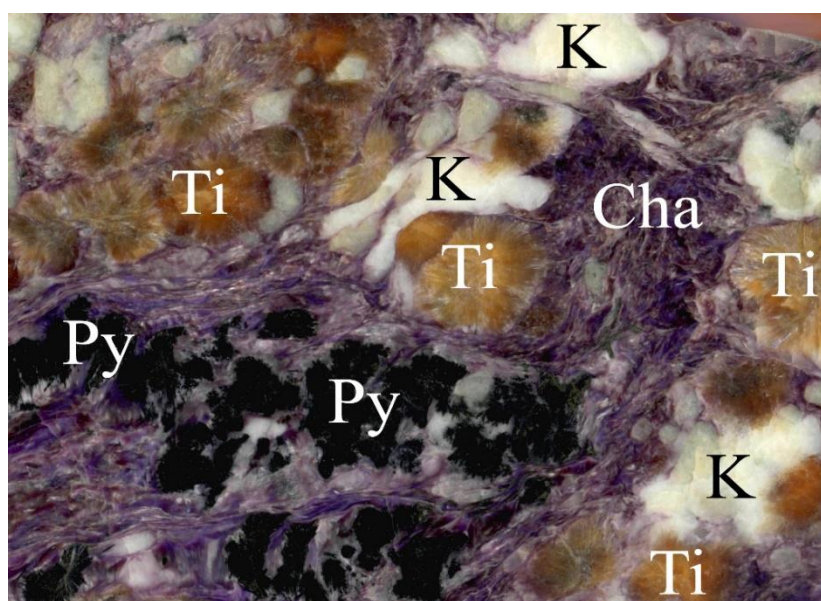


Рис. 2. Образец с капельным расслоением на чароитовую породу и карбонатит. Также присутствуют капли тинаксита и пироксена, которые раскристаллизовались в сферолитовые агрегаты:
Cha – чароит; K – карбонатит; Ti – тинаксит; Py – пироксен

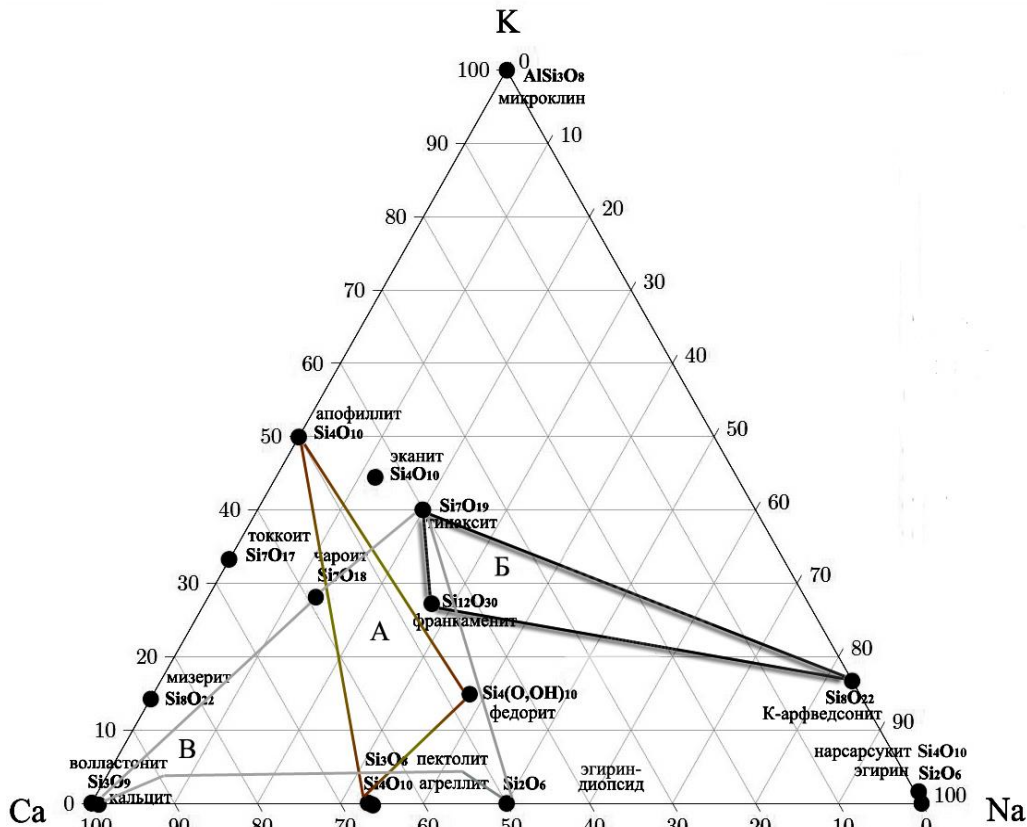


Рис. 3. Треугольная диаграмма составов минералов чароитовых пород

В зависимости от состава отделившейся чароитсодержащей жидкости ее кристаллизация в разных участках начинается с разных минералов. Наиболее простой парагенезис ранних минералов состоит из кварца, микроклина и эгирин-диопсида, которые обтекаются чароитовой массой. Парагенезисы минералов чароитовых пород показаны на рис. 3. Выделено три минеральных парагенезиса чароитовых пород. В парагенезисе «А» совместно кристаллизуются федорит, пектолит и апофиллит, которые также обтекаются более поздней чароитовой массой с другими минералами. Следующий парагенезис ранних минералов «Б» представлен крупными выделениями К-арфведсонита, франкаменита и крупными кристаллами раннего тинаксита. Далее происходит спонтанная быстрая кристаллизация позднего парагенезиса «В», состоящего главным образом из чароита с кальцитом, а также из тинаксита и эгирин-диопсида, притом последние часто отщепляются в виде капель, при

раскристаллизации давая сферолитовые образования.

Кристаллизация некоторых других минералов – мизерита, токкоита, волластонита и агреллита – наблюдается только в некоторых редких телах чароитовых пород, природа которых пока не совсем ясна.

Химический состав чароита и петрохимические особенности составов парагенных минералов

Чароит – уникальный водный минерал Si, Ca, K, Na и в меньшем количестве Ba и Sr. При кристаллизации он образует большое количество текстурных разновидностей: моночароитовые закаленные сливные чароиты, мелкозернистые со структурами течения, крупнозернистые выделения с паркетовидной структурой, иризирующей по длине кристаллов, а также чароиты в тесных сростаниях с другими минералами, особенно тинакситом, эгирин-диопсидом и кальцитом. Отмечается большая цветовая гамма окраски чароита: сиреневые, розо-

ватые, синие, минералы различных оттенков коричневого и белые. Химические составы большого количества чароитов представлены в таблице. Текстурные и цветовые разновидности не имеют непосредственной прямой связи с макрохимическим составом. Цвет чароита, вероятно, связан с Mn различной степени

окисленности, содержание которого в чароитовых породах – десятые доли процентов. Чароиты коричневых оттенков и белого цвета связаны с процессами выветривания и разрушения чароита, которые иногда заканчиваются кварцевым остатком от минерала чароита.

Химический анализ чароитов, масс. %

Окисл / номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	57,0	65,5	57,8	57,5	58,1	56,3	57,7	57,8	51,8	57,5	58,8
TiO ₂	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	–	0,1
Al ₂ O ₃	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,9	0,5	0,7
Fe ₂ O ₃	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,6	0,2	0,6	0,6	–	0,3
FeO	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–
MnO	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3
MgO	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
CaO	20,9	18,7	21,0	21,7	22,1	21,1	21,4	19,9	22,1	20,5	19,8
Na ₂ O	2,9	2,2	3,6	2,9	1,4	3,6	3,7	1,4	0,3	2,9	2,7
K ₂ O	9,3	5,8	9,1	8,6	5,4	9,4	9,2	5,1	5,1	10,1	9,4
SrO	0,9	0,5	1,1	0,8	0,4	1,1	1,1	0,6	0,6	1,0	0,8
BaO	3,0	0,0	0,4	0,8	2,0	0,5	0,4	0,8	0,0	3,0	2,6
H ₂ O	3,9	5,3	5,7	5,4	6,5	4,4	4,4	3,7	12,5	4,1	3,7
CO ₂	0,4	1,2	0,4	0,2	2,4	0,2	0,5	0,5	0,7	–	–
F	0,5	0,3	0,2	0,5	0,7	0,3	0,2	0,3	1,5	0,6	0,5
Сумма	99,6	100,5	100,5	99,7	99,9	97,9	99,1	91,0	96,6	100,3	99,6
Окисл / номер	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Среднее
SiO ₂	57,3	56,3	59,9	56,7	56,4	56,9	59,1	58,3	57,7	57,5	57,7
TiO ₂	–	–	0,1	0,0	–	–	–	0,1	–	–	0,0
Al ₂ O ₃	0,4	1,9	0,3	0,3	1,1	–	–	–	–	0,5	0,4
Fe ₂ O ₃	0,1	–	0,3	0,4	–	0,1	0,1	0,2	0,2	–	0,2
FeO	–	–	(общ.)	(общ.)	–	–	–	0,1	–	–	0,0
MnO	0,2	–	0,1	0,3	–	–	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
MgO	0,0	–	0,1	0,1	–	–	–	0,3	–	0,0	0,1
CaO	22,4	20,4	21,0	23,3	20,7	21,0	21,3	23,0	23,0	20,5	21,2
Na ₂ O	2,5	2,5	2,7	0,9	2,4	3,8	3,2	2,9	2,3	2,9	2,5
K ₂ O	8,0	10,5	8,6	6,0	8,3	10,4	9,4	8,4	8,5	10,1	8,3
SrO	1,4	0,9	1,1	0,7	2,2	0,9	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,8
BaO	3,5	3,3	0,9	2,8	3,1	2,5	2,2	1,8	1,9	2,4	1,8
H ₂ O	3,7	3,8	–	–	5,1	4,4	4,7	5,2	6,4	4,1	4,6
CO ₂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3
F	0,4	н.о.	0,2	0,4	0,8	1,0	0,5	0,4	0,5	0,7	0,5
Сумма	99,7	99,5	100,0	98,5	99,8	100,4	99,5	99,6	99,5	99,9	

Примечания: 1–15 – данные автора; 16–17 – Рогова и др., 1978; 18–21 – Лазебник и др., 1977.

Данные химического анализа, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, аналитик Г.А. Погудина, 2012–2014 гг.

Как видно из таблицы, в чароитах наблюдаются вариации Ba-Sr, K-Na, Ca-Si (в меньшей степени). На рис. 4, где представлены диаграммы парных корреляций породообразующих и некоторых редких элементов, видны довольно сложные корреляционные зависимости в составе чароитов. Прямые корреляции наблюдаются в основном между K и Na, K и Ca, Ca и Sr, Ba и Sr, что, вероятно, связано с явлением изоморфизма этих элементов в чароитах.

Отличительной особенностью чароита от других минералов является его очень сложное полисинтетическое двойникование кристаллов, из-за чего долгое

время невозможно было расшифровать его структуру. Чароит не образует монокристаллов; отдельные кристаллы, похожие на монокристаллы, все равно содвигаются. Только через 40 лет после открытия чароита благодаря появлению нового оборудования наконец-то удалось расшифровать и структуру этого минерала [7]. Чароит по структуре оказался одним из самых сложных минералов в природе. В его структуре имеется три Si-O радикала. Полная химическая формула чароита выглядит так:

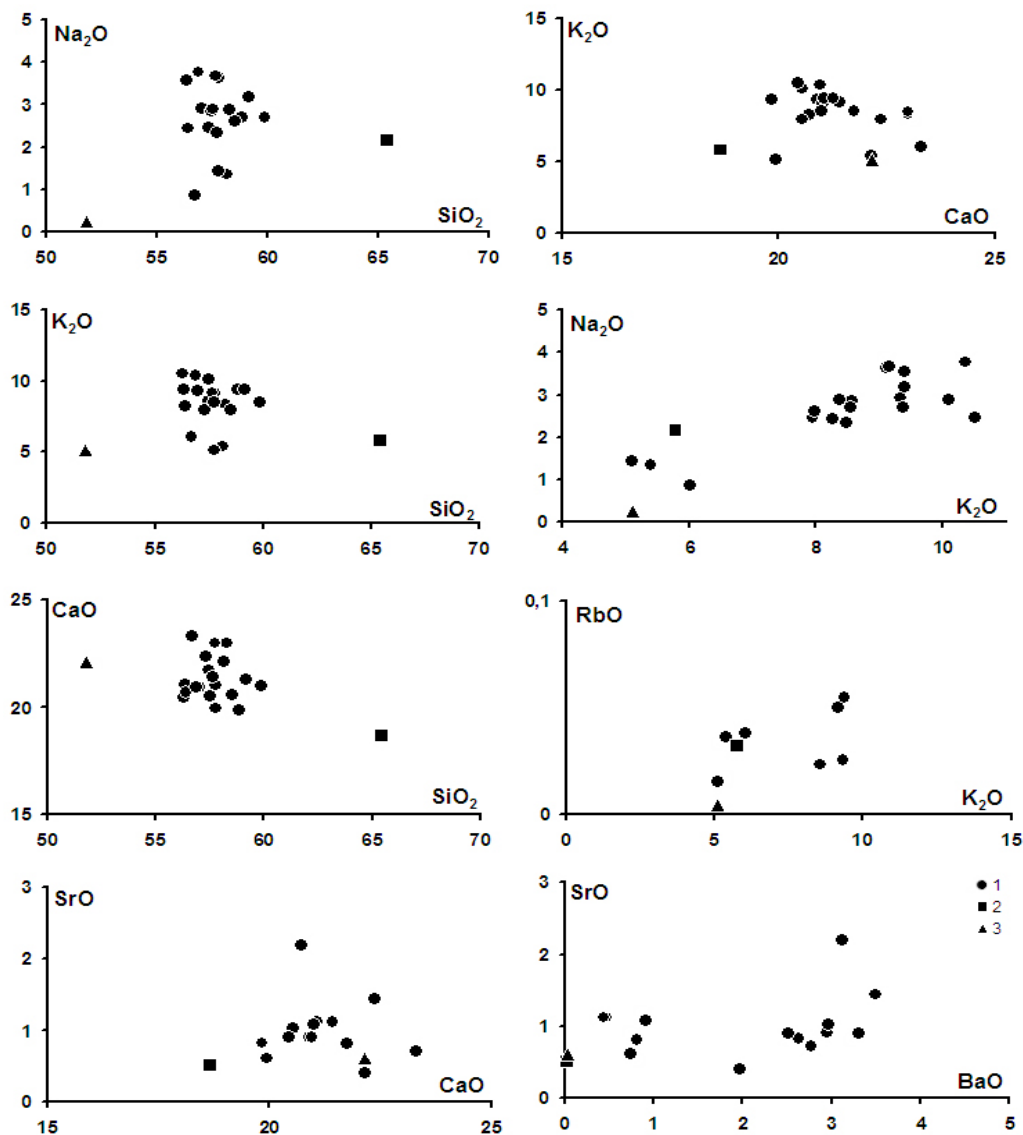
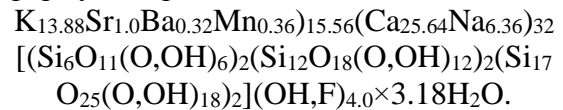


Рис. 4. Диаграммы парных корреляций петрогенных и редких элементов чароитов, мас. %:
1 – чароит; 2 – чароит с повышенным содержанием кальция; 3 – чароит-асбест

Петрохимические особенности составов минералов чароитовых пород и чароита представлены на рис. 5. В связи с большим разнообразием парагенных ассоциаций при кристаллизации чароитовых пород в различных их участках наблюдаются довольно разнообразные корреляционные зависимости составов этих минералов. Имеются как прямые корреляции (K_2O-Na_2O , $CaO-Na_2O$, Na_2O+R_2O-Ca), так и две корреляционные линии между Rb_2O-Li_2O , Cs_2O-Rb_2O – отдельно для чароита и других минералов. Эти закономерности связаны с изоморфным замещением элементов в структуре минералов.

условиях его кристаллизации.

3. Выделены три парагенетические группы минералов чароитовых пород, которые дают представление о последовательности кристаллизации различных минералов в чароитовых породах.

4. Наблюдаются единые тренды составов минералов чароитовых пород на петрохимических диаграммах парных корреляций.

5. Закономерное поведение петрогенных и редких элементов в чароитовых породах служит доказательством стабильных условий кристаллизации этих пород из силикатно-карбонатного расплав-флюида.

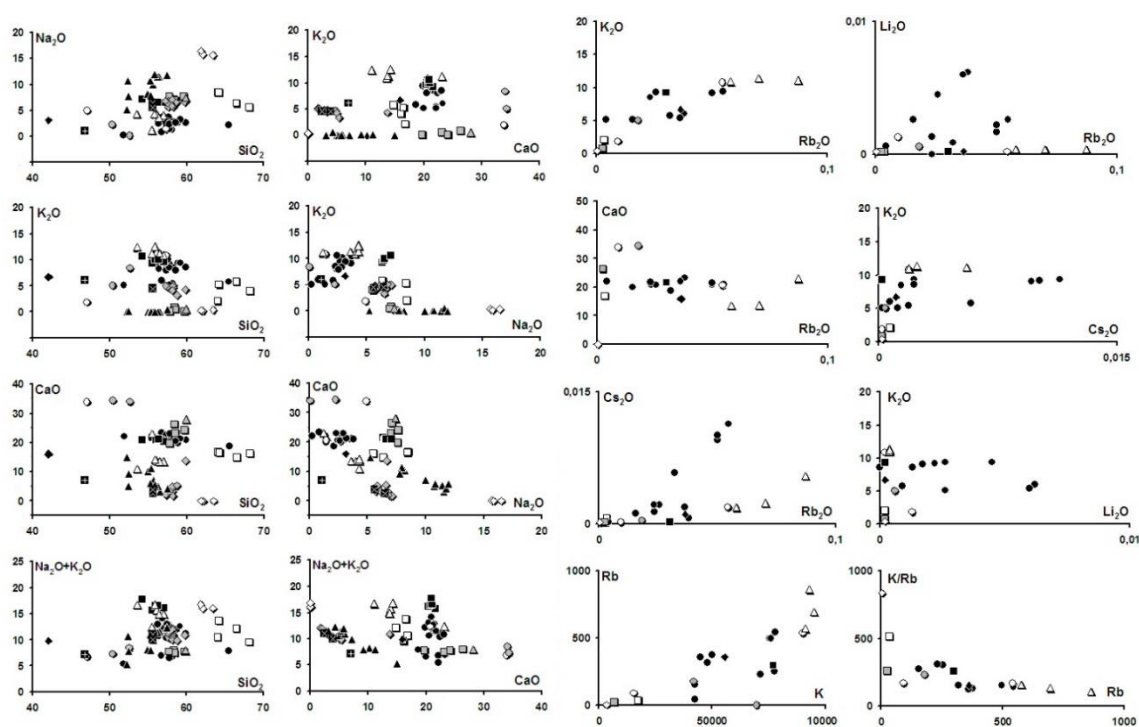


Рис. 5. Диаграммы парных корреляций петрогенных и редких элементов минералов чароитовых пород, мас. %:

1 – чароит; 2 – тококит; 3 – мизерит; 4 – франкаменит; 5 – федорит; 6 – агреллит;
7 – юкспорит; 8 – нарсарсуцит; 9 – амфибол; 10 – пироксен; 11 – тинаксит;
12 – нектолит; 13 – эканит; 14 – К-арфведсонит

Выводы

1. Чароитовые породы по химическому составу отвечают сиенитам с высокими содержаниями Ca, Ba и Sr.

2. По полученным данным химический состав чароита в различных парагенетических ассоциациях довольно выдержанный, что говорит о стабильных

6. Модели поведения петрогенных и редких элементов в чароитовых породах близки к поведению тех же элементов в силикатных породах Мурунского массива, что свидетельствует об их общем генетическом происхождении.

Библиографический список

1. Владыкин Н.В. [и др.] Новые данные о чароите и чароитовых породах // Минералогия и генезис цветных камней Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. С. 41–56.

2. Владыкин Н.В. Алданская провинция К-щелочных пород и карбонатитов: вопросы магматизма, генезиса и мантийных источников // Щелочной магматизм и проблемы мантийных источников. Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2001. С. 18–45.

3. Владыкин Н.В. Уникальный Мурунский массив ультракалиевых агпаитовых щелочных пород и карбонатитов – магматизм и генезис // Генетические типы рудных месторождений: сборник ИМГРЭ. Прикладная геохимия. 2005. Вып. 7. С. 20.

4. Владыкин Н.В. Петрология К-щелочных лампроит-карбонатитовых

комплексов, их генезис и рудоносность // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 12. С. 1443–1455.

5. Докучиц Э.Ю. Особенности химического и минерального состава чароитовых пород Мурунского массива // Вестник ИрГТУ. 2014. № 84 (1). С. 34–40.

6. Dokuchits E.Yu., Vladykin N.V. Rare earth elements in charoite rocks, Murun complex // Щелочной магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов: материалы XXXII Междунар. конф. Апатиты, 7–14 августа 2015. Апатиты, 2015.

7. Rozhdestvenskaya I. [et al]. The structure of charoite, $(K,Sr,Ba,Mn)_{15-16}(Ca,Na)_{32}[(Si_{170}(O,OH)_{180})(OH,F)_{4.0}nH_2O]$, solved by conventional and automated electron diffraction // Mineralogical Magazine. 2010. V. 74. № 1. P. 159–177.

References

1. Vladykin N.V. *Novye dannye o charoite i charoitovykh porodakh. Mineralogiya i genezis tsvetnykh kamnei Vostochnoi Sibiri* [New data on charoite and charoite rocks. Mineralogy and genesis of gemstones of Eastern Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, pp. 41–56.

2. Vladykin N.V. *Aldanskaya provintsiya K-shchelochnykh porod i karbonatitov: vo-prosy magmatizma, genezisa i mantiinykh istochnikov* [Aldan province of K-alkaline rocks and carbonatites: issues of magmatism, genesis and mantle sources] // *Shchelochnoi magmatizm i problemy mantiinykh istochnikov* [Alkaline magmatism and problems of mantle sources]. Irkutsk, IrGTU Publ., 2001, pp. 18–45.

3. Vladykin N.V. *Unikal'nyi Murunskii massiv ul'trakalievyykh agpaitovykh shchelochnykh porod i karbonatitov – magmatizm i genezis* [A unique Murun massif of ultrapotassic agpaitic alkaline rocks and carbonatites – magmatism and genesis]. *Geneticheskie tipy rudnykh mestorozhdenii: sbornik IMGRE. Prikladnaya*

geokhimiya = Genetic types of ore deposits: IMGRE Collection of Articles. Applied Geochemistry, 2005, V. 7, p. 20.

4. Vladykin N.V. *Petrologiya K-shchelochnykh lamproit-karbonatitovykh kompleksov, ikh genezis i rudonosnost'* [Petroleum of K-alkaline lamproite-carbonatite complexes, their genesis and ore content]. *Geologiya i geofizika = Geology and Geophysics* 2009, V. 50, I. 12, pp. 1443–1455.

5. Dokuchits E.Yu. *Osobennosti khimicheskogo i mineral'nogo sostava charoitovykh porod Murunskogo massiva* [Features of chemical and mineral composition of charoite rocks of Murun massif]. *Vestnik IrGTU = Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2014, I. 84 (1), pp. 34–40.

6. Dokuchits E.Yu., Vladykin N.V. *Rare earth elements in charoite rocks, Murun complex. Shchelochnoi magmatizm Zemli i svyazannye s nim mestorozhdeniya strategicheskikh metallov: materialy XXXII Mezhdunar. konf.* [Earth alkaline magmatism and associated deposits of strategic metals: Materials of XXXII International

Conference]. Apatity, 7–14 August 2015. Apatity, 2015.

7. Rozhdestvenskaya I. The structure of charoite, $(K,Sr,Ba,Mn)_{15-16}(Ca,Na)_{32}$

$[(Si_{70}(O,OH)_{180})](OH,F)_{4.0}nH_2O$, solved by conventional and automated electron diffraction. *Mineralogical Magazine*, 2010, V. 74, I. 1, p. 159–177.

Статья поступила 27.01.2016 г.

Article received 27.01.2016.