

ЩЕЛОЧНЫЕ АНГИДРИТСОДЕРЖАЩИЕ СИЕНИТЫ ОШУРКОВСКОГО МАССИВА (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

В.Я. Шабашев¹, А.В. Никифоров²

¹ ООО «Агроэко», Люберцы? Московская область, Россия

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия



Представлены результаты изучения жильных сульфатсодержащих пород, выявленных в пределах Ошурковского щелочно-габброидного массива. Основными породообразующими минералами данных образований являются ортоклаз-пертит, эгирин-авгит, ангидрит. Присутствуют апатит, алланит, сфен, кальцит, реже биотит, целестин, гипс, кварц. Результаты изотопных исследований сульфатной серы свидетельствуют о ее эндогенной природе. Предполагается генетическая связь ангидритсодержащих сиенитов и карбонатитов Ошурковского массива.

Ключевые слова: Ошурковский массив, щелочные габбро, ангидрит, сульфаты, изотопия серы.

Введение

Со времени своего открытия Ошурковский щелочно-габброидный массив привлекает внимание многих исследователей не только как одно из крупнейших в Сибири апатитовых месторождений, но и как объект, который по своему геологическому строению, минералогическим и петрохимическим особенностям слагающих его пород заметно отличается от большинства известных формационных аналогов, например ельтозерского (Карело-Кольский регион) или сайженского (Забайкалье) комплексов [Магматические..., 1979]. Наиболее широко распространенными породами массива являются различные по составу и структуре щелочные габброиды, в ассоциации с которыми встречаются щелочно-полевошпатовые сиениты и жильообразные тела кальцитовых карбонатитов. Наиболее характерной минералогической особенностью, обуславливающей своеобразие пород Ошурковского массива, является присутствие в них в качестве типоморфных минералов апатита и гомеиленита. В генетическом аспекте интерес представляют также данные результатов детальной разведки, свидетельствующие о присутствии в отдельных разновидностях ошурковских пород барита. Повышенные содержания барита и баритоцелестина установлены также в карбонатитах [Никифоров и др. 2000].

В последнее время в пределах массива выявлены жилы щелочных сиенитов, в составе которых содержание ангидрита достигает 50% и более, при этом, несмотря на обилие информации, посвященной геологии данного объекта, никаких публикаций о подобного рода образованиях нам не известно. Детальные петрографические исследования этих пород показали, что они являются характерной составной частью всего сообщества магматических дифференциатов, встречающихся в Ошурковском массиве. Отметим, что в геологической литературе сведения о сульфатсодержащих породах магматического генезиса встречаются крайне редко и связаны в основном с карбонатитами или современны-

ми вулканитами. В настоящей статье приводятся результаты изучения таких необычных ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива.

Геологическая характеристика Ошурковского массива

Ошурковский щелочно-габброидный массив, находящийся на территории Бурятии, занимает площадь около 12 км². Возраст его, по данным новейших геохронологических исследований, составляет 125–136 млн лет [Рипп и др., 2011; Царев, Батуева, 2013]. Геотектоническое положение массива определяется приуроченностью к зоне позднемезозойских грабенов, расчленяющих северо-восточную часть раннедокембрийского Хамар-Дабанского антиклинория [Никифоров и др., 2000]. В пределах самой зоны размещение массива контролируется долгоживущим субмеридиональным тектоническим разломом, секущим горстовый борт Удинского грабена. Вмещающие его породы представлены различными по составу докембрийскими гранито-гнейсами и гранитоидами [Рипп и др., 2013].

Данные о геологическом строении массива приведены в достаточно большом количестве публикаций, число которых в настоящее время достигает шестидесяти. При этом почти все они отражают различные взгляды на условия формирования слагающих его пород и связанного с ними апатитового оруденения [Ковальский, Костромин, 1968; Егорова, Новикова, 1970; Андреев и др., 1972; Залуцкий, 1979; Кузнецов, 1980; Смирнов, 1980; Яценко 1982; Тяжелов, 1986; Литвиновский и др., 1998а, б; Занвилевич и др. 1999; Литвиновский и др., 2005; Рипп и др., 2013; Царев, Батуева, 2013] и др. Большинство исследователей Ошурковского массива относят его к числу слабо дифференцированных многофазных образований, сформированных в два основных этапа.

Породы первого главного этапа, занимающие около 90% объема интрузии, представлены щелочными габброидами, идентичными бесфелдшпатоидным эссекси-

там [Шабашев, 1977]. Наблюдающееся их внешнее разнообразие обусловлено совокупностью различных по минеральному составу и структуре петрографических разновидностей. Наиболее широким распространением пользуется разновидность, в которой в ассоциации с плагиоклазом (олигоклазом) и калиевым полевым шпатом встречаются роговая обманка, клинопироксен, биотит. Доля ее оценивается приблизительно в 55–60%. В меньших объемах, составляющих соответственно 30 и 5%, в массиве присутствуют породы биотит-роговообманкового и биотит-пироксенового состава, выделяющиеся на фоне биотит-пироксен-роговообманковых эссекситов в виде тел линзо- и пластообразной формы (рис. 1). Простираие большей части подобных тел имеет северо-северо-западную ориентировку (340–350°), относительно пологое (50–55°) падение в центральной части месторождения и более крутое (до 70°) на его восточном фланге. Размеры их по ширине варьируют от десятков до сотен метров, в длину достигают 1,5–2 км. Характерной особенностью внутреннего строения отдельных тел является присутствие многочисленных шлиров, обогащенных темноцветными минералами.

В границах выделенных фациальных разновидностей наиболее широко представлены среднезернистые разности, менее распространены крупнозернистые и мелкозернистые. В зависимости от содержания темноцветных минералов породы Ошурковского массива подразделяются на мезократовые – заметно преобладающие, мелано- и лейкократовые. К числу редких, но периодически встречающихся в разрезе месторождения пород относятся ультрабазиты (пироксениты, горнблендиты), габбро-пегматиты, а также тела апатит-полевошпатовых и сливных гомеильтменитовых руд. Все вышеперечисленные фациальные разновидности щелочных габброидов и рудных пород являются генетически родственными образованиями, возникшими в процессе кристаллизационной дифференциации внедрившегося магматического расплава. Контакты между ними обычно достаточно четкие, без сколько-нибудь заметных признаков температурного и химического воздействия одних пород на другие. Подобные взаимоотношения являются, как известно, характерной особенностью стратифицированных комплексов. Имеют место и постепенные переходы между различающимися по составу и структуре разностями пород с проявлением в них признаков ритмичности, обусловленной вариациями количественного и видового состава темноцветных минералов.

Распределение основной массы апатита в пределах Ошурковского массива и находящихся в тесной ассоциации с ним рудных минералов также подчиняется закономерностям, характерным для расслоенных комплексов. Их относительно повышенные концентрации установлены в пироксенсодержащих разностях бесфелдшпатоидных эссекситов, а в пределах представленных ими тел связаны с разностями, обогащенными темноцветными минералами. Подобная закономер-

ность находит отражение в частом чередовании участков с различными содержаниями пятиоксида фосфора и полностью коррелируется с особенностями геологического строения месторождения. В то же время имеет место перераспределение апатита в результате преобразования щелочных габброидов в постмагматический этап развития Ошурковской интрузии с образованием достаточно крупных его скоплений.

На заключительной стадии становления пород первого этапа происходило внедрение многочисленных даек лампрофиров, эссексит-порфиров и мелкозернистых сиенитов, являющихся типичными сининтрузивными образованиями, связанными с небольшими очагами остаточного расплава, сохранившимися после кристаллизации основной массы пород.

Второй этап формирования Ошурковского массива характеризуется внедрением относительно крупных (до 2 км²) штоко- и дайкообразных тел щелочно-полевошпатовых сиенитов, локализованных вблизи его юго-западного и западного флангов, и сингенетических им жильных образований – лампрофиров и мелкозернистых сиенитов. В результате воздействия щелочно-полевошпатовых сиенитов на породы первой фазы имеет место проявление контактового метасоматоза, сопровождающегося преобразованием основных породообразующих и рудных минералов щелочных габброидов. К числу основных изменений, обусловленных данным процессом, относятся калишпатизация плагиоклаза, замещение бурой роговой обманки буровато-зеленой, а основного рудного минерала – гомеильтменита рутилом и титанитом.

Завершается формирование массива внедрением жильных тел мезозойских пегматитов и гранитоидов [Литвиновский и др., 2005]. Их размещение контролируется обычно зонами разноориентированных тектонических нарушений и сопровождается отчетливо выраженными гидротермальными изменениями вмещающих их щелочных габброидов.

В пределах Ошурковского массива известны также жилы кальцитовых сульфатсодержащих карбонатитов, которые пересекают габброиды главного этапа и в свою очередь секутся гранитными пегматитами. Другими, ранее не диагностированными сульфатсодержащими породами в массиве является объект наших исследований – щелочные сиениты с ангидритом.

Результаты исследования

Настоящая работа обобщает данные по изучению вещественного состава даек сульфатсодержащих щелочных сиенитов. Она основана на результатах детальных петрографических исследований подобного типа образований, рентгеноспектральных анализах слагающих их минералов, а также изотопных исследований серы сульфатов.

Химический состав минералов определялся в прозрачно-полированных шлифах с помощью рентгеновского энергодисперсионного спектрометра Oxford INCA 450 на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV в ИГЕМ РАН (аналитик Л.О. Магазина).

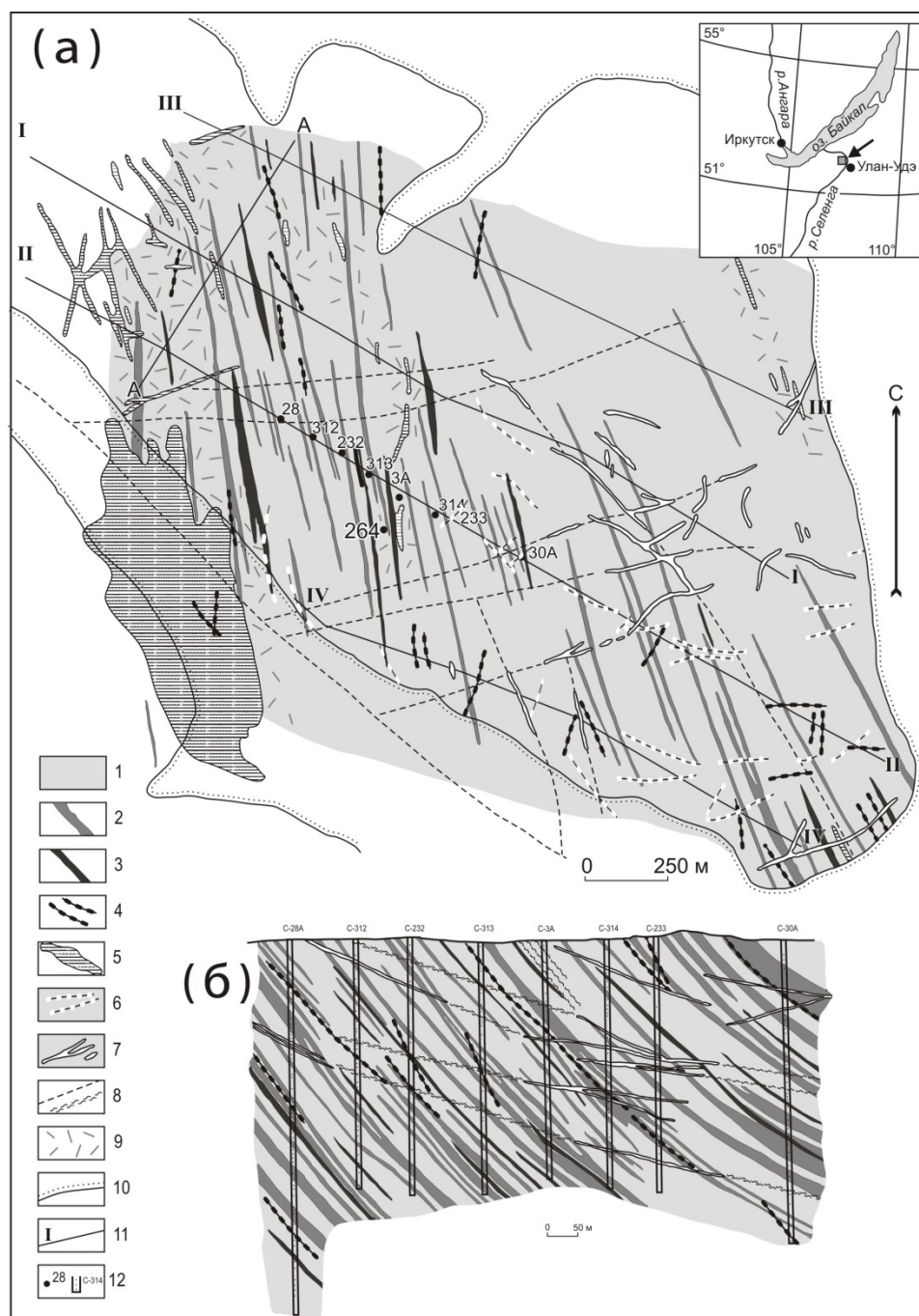


Рис. 1. Карта распределения основных петрографических разновидностей пород (а) и фрагмент геологического разреза (б) центральной части Ошурковского месторождения (составлена В.Я. Шабашевым с использованием материалов по разведке месторождения 1968, 1983 гг.)

1–3 – разновидности бесфельдшпатоидных эссекситов: 1 – биотит-пироксен-роговообманковая; 2 – биотит-роговообманковая; 3 – биотит-пироксеновая; 4 – дайки лампрофиров (наиболее крупные); 5 – сиениты, щелочно-полевошпатовые сиениты; 6 – пегматиты; 7 – мелкозернистые граниты; 8 – зоны наиболее крупных минерализованных тектонических нарушений; 9 – участки сиенитизации щелочных габброидов; 10 – внешний контур распространения четвертичных отложений мощностью более 3 м; 11 – линии разведочных профилей и их номера; 12 – скважины и их номера

Fig. 1. The distribution scheme of the main petrographic species of rocks (a) and a fragment of geological section (b) of the central part of the Oshurkovskoye apatite field (compiled by V.Ya. Shabashev using exploration materials from the field of 1968, 1983)

1–3 – types of essessit: 1 – biotite-pyroxene-hornblende; 2 – biotite-hornblende; 3 – biotite-pyroxene; 4 – lamprophyre dikes (largest); 5 – syenites, alkaline-feldspar syenites; 6 – pegmatites; 7 – fine-grained granites; 8 – zones of the largest mineralized tectonic disturbances; 9 – areas of syenitization of alkaline gabbroids; 10 – external contour of distribution of Quaternary deposits with a capacity of more than 3 m; 11 – lines of exploration profiles and their numbers; 12 – wells and their numbers

Составы приведены к 100%. Часть зерен полевых шпатов, пироксена и ангидрита в виде монофракций, запрессовывалась в шашки и была проанализирована на приборе Camebax-Microbeam (ФГУП ИМГРЭ, аналитики И.М. Куликова и О.А. Набелкин). Всего выполнено около 500 определений состава породообразующих и рудных минералов, слагающих дайки и вмещающие их породы, из них 66 определений касаются непосредственно сульфатов.

Сульфатсодержащие щелочные сиениты установлены в одной из глубоких скважин (скв. 264), пройденной в центральной части Ошурковского месторождения. Здесь в интервале глубин 628,5–1024,0 м зафиксировано более

двух десятков жильных тел, сложенных относительно устойчивыми по количественно-минеральному составу породами (рис. 2). Мощность их варьирует от 5 до 40 см, в редких случаях достигает одного-двух метров.

Контакты жил с вмещающими эссекситами, как и у большинства разновидностей щелочных габброидов, достаточно четкие (рис. 3), но без зон закалки характерных для даек лампрофиров. Углы падения контактов относительно оси керна составляют 30–45°, т.е. залегание этих тел в целом согласуется с общей структурой вмещающих их разновидностей пород дифференцированного комплекса. Контакты отдельных жил осложнены тектоническими брекчиями.

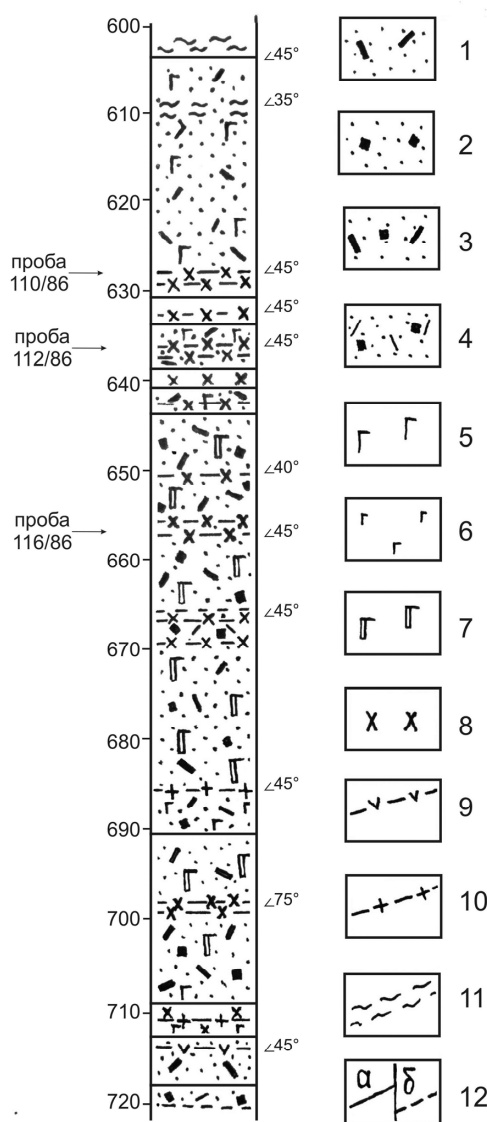


Рис. 2. Фрагмент геологической колонки скважины № 264 (Ошурковский массив)

1–4 – разновидности эссекситов: 1 – биотит-роговообманковая; 2 – биотит-пироксеновая; 3 – биотит-пироксен-роговообманковая; 4 – биотит-роговообманково-пироксеновая; 5–7 – структурные особенности пород: 5 – среднезернистые, 6 – мелкозернистые, 7 – крупнозернистые; 8 – щелочные ангидрит-содержащие сиениты; 9 – дайки лампрофиров; 10 – дайки аплитов; 11 – зоны дробления; 12 – характер контактов: а) четкие, б) постепенные

Fig. 2. Fragment of geological column of well No. 264 (Oshurkovsky massif)

1–4 – types of essexites: 1 – biotite-hornblende; 2 – biotite-pyroxene; 3 – biotite-pyroxene-hornblende; 4 – biotite-hornblended pyroxene; 5–7 – structural features of rocks: 5 – medium-grained, 6 – fine-grained, 7 – coarse-grained; 8 – alkaline anhydrite-containing syenites; 9 – lamprophyre dikes; 10 – dikes of aplites; 11 – crushing zone; 12 – the nature of contacts: a) clear, b) gradual

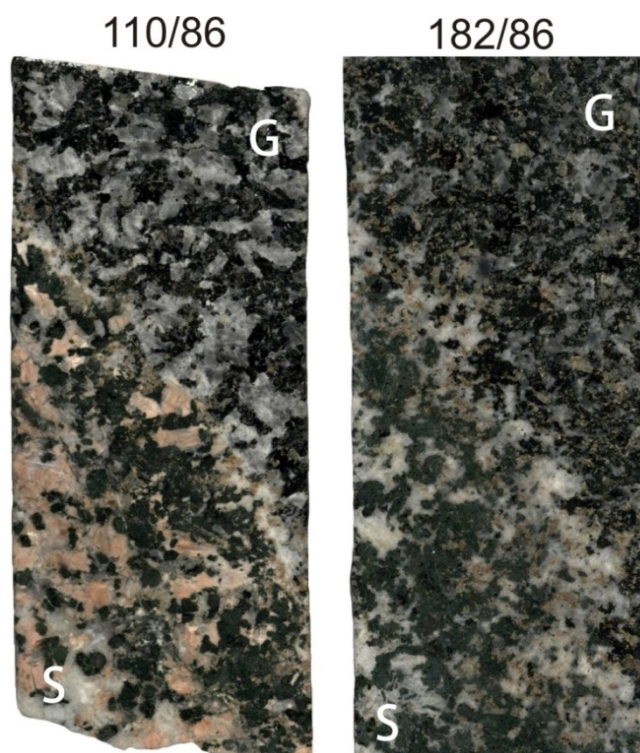


Рис. 3. Характер контакта даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов (S) Ошурковского массива с вмещающими биотит-пироксен-роговообманковыми эссекситами (G)
Скважина 264, пробы: 110/86 глубина 628,3 м; 182/86 – 1 024 м

Fig. 3. The nature of the contact of the dikes of alkaline anhydrite-containing syenites (S) of the Oshurkovsky massif with the host biotite-pyroxene-hornblended essexites (G)
Well 264, samples: 110/86 depth 628.3 m; 182/86 – 1,024 m

Сульфатсодержащие щелочные сиениты представляют собой массивные крупнозернистые породы, сложенные таблитчатыми кристаллами розоватого полевого шпата (ортоклаз-пертита), в промежутках между которыми располагаются субидiomорфные кристаллы пироксена (эгирин-авгита) и агрегаты зерен ангидрита. Суммарное содержание сульфата в различных жилах варьирует в пределах от 5 до 50%.

Судя по взаимоотношениям с основными породообразующими минералами, образование ангидрита происходило на завершающей стадии кристаллизации сиенитов. В породе он распределен неравномерно. В эндоконтактных зонах жил ангидрит присутствует обычно в виде неправильных зерен, выполняющих промежутки между агрегатами силикатных минералов. В центральных их частях он образует достаточно крупные скопления, содержащие включения кристаллов калиевого полевого шпата, клинопироксена, титанита и апатита. Размеры отдельных зерен сульфата достигают нескольких миллиметров, а границы срастания их друг с другом и с другими породообразующими минералами часто прямолинейные. Внешне картина наблюдающихся взаимоотношений идентична шпировым обособлениям пегматитов гранитных интрузий. По-види-

мому, механизм их формирования может быть перенесен на сульфатсодержащие образования Ошурковского массива.

На контакте с дайками щелочных сиенитов вмещающие породы заметно изменены. Наиболее интенсивные преобразования щелочных габброидов наблюдаются висячем боку жильных тел. Причем интенсивность их зависит от мощности и состава даек. В висячем боку маломощных даек имеют место лишь незначительная калишпатизация плагиоклаза, относительно интенсивная их серицитизация, появляются зеленая роговая обманка и титанит. На участках изменения темноцветных минералов наблюдается присутствие гнезд карбоната и мелкой сыпи рудных минералов. Иногда в связи с микротрещинами отмечается появление мелких выделений ангидрита.

В зоне экзоконтакта более крупных даек наблюдаются признаки тектонических деформаций вмещающих бесфельдшпатоидных эссекситов и, как следствие, более интенсивные изменения последних. У большинства присутствующих здесь зерен полевого шпата проявлена зональность. В центральных их частях наблюдается полисинтетически сдвойникованный плагиоклаз, краевые зоны характеризуют-

ся наличием вростков калиевого полевого шпата. Крупные зерна имеют волнистое погасание, блоковое строение и часто интенсивно серицитизированы. Зерна роговой обманки зачастую также раздроблены, частично биотитизированы и хлоритизированы. В агрегатах полевого шпата и роговой обманки нередко содержатся мелкие, неправильные включения ангидрита и титанита. В межзерновых промежутках отмечено также присутствие хлорита, титанита, карбоната, рудной сыпи, гидроксидов железа. Агрегаты апатита, присутствующие в породе, часто несут признаки дробления. В отдельных дайках встречены в значительной степени измененные ксенолиты вмещающих щелочных габброидов. В составе их наблюдаются реликты зерен плагиоклаза с явными признаками калишпатизации и повышенное содержание биотита и актинолитовой роговой обманки. Основным рудным минералом ксенолитов является гематит в качестве вторичного минерала, по которому обычно развиваются рутил и титанит.

Химический состав сульфатсодержащих сиенитов Ошурковского массива представлен в табл. 1. Из-за высокого содержания сульфата кальция, концентрация SiO_2 не поднимается выше 55%, при этом сумма щелочей высокая – от 4,8 до 8,4%. По соотношению $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ породы относятся к калиевой серии, что обближает их с составом сиенитов второго этапа.

Спектральным анализом в щелочных сульфатсодержащих сиенитах установлен характерный для пород Ошурковского массива набор микроэлементов (%): Mn (0,04–0,0045), Cu (0,016–0,0005), Ni (0,0085–0,0007), Cr (0,017–0,0025), Ga (0,003–0,0005), Sn (0,0005); Pb (0,005–0,0005); Mo (0,00092–0,0005); Co (0,01); Ag (0,0005); Zn (0,004–0,0015). Количественным спектральным анализом в них зафиксировано

повышенное содержание стронция (от 0,9 до 3,0%) и бария (от 0,9 до 1,2%). Концентрация последнего связана с разностями, в минеральном составе которых присутствует в заметном количестве калиевый полевой шпат. В пробах, не содержащих полевого шпата и имеющих апатит-пироксен-ангидритовый состав, содержание бария не превышает 0,08%.

Характеристика минералов, слагающих дайки щелочных сульфатсодержащих сиенитов

Отличительной особенностью даек сульфатсодержащих щелочных сиенитов является непостоянство их минерального состава. Встречаются тела, в которых в повышенном количестве содержатся полевые шпаты и эгирин-авгит (проба 110/86), кальцит (проба 182/86), кварц (проба 137/86), апатит и титанит (проба 114/86). В качестве акцессорных минералов постоянно фиксируются алланит и магнетит. В составе отдельных даек присутствуют биотит и такие вторичные минералы, как гипс, амфибол, баритоцелестин, серицит и гидроокислы железа (табл. 2).

Полевой шпат представлен довольно крупными (1–3 мм) неправильной формы агрегатами, содержание которых в различных дайках меняется в достаточно широких пределах. В телах с повышенным содержанием кальцита на долю минерала приходится не более 10%. В составе даек, обогащенных ангидритом, содержание полевого шпата варьирует в интервале 30–70%. В результате петрографического изучения установлено, что полевой шпат сульфатсодержащих щелочных сиенитов по составу и структурным особенностям соответствует типичному ортоклазу-пертиту. Основная часть зерен последнего сложена ортоклазом, содержащим вростки альбита.

Таблица 1
Химический состав даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива, мас. %

Table 1
Chemical composition of the dikes of alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif, wt. %

№ пробы	112/86	114/86	137/86	153/86	182/86
SiO_2	41,4	42,9	54,3	34,5	2,2
TiO_2	0,2	3,6	0,0	0,35	0,1
Al_2O_3	7,5	1,8	10,6	6,5	17,0
Fe_2O_3	0,6	0,9	0,8	0,7	0,35
FeO	1,54	0,91	3,02	3,23	0,62
MnO	0,02	n.d.	0,04	0,04	0,03
MgO	0,75	0,2	2,05	2,5	0,5
CaO	18,8	16,2	12,7	22,7	40,3
Na_2O	2,4	3,1	3,45	2,5	n.d.
K_2O	3,4	5,3	4,8	2,3	0,1
P_2O_5	1,4	6,5	0,7	0,7	0,4
SO_3	20,6	17,0	6,5	23,1	30,4
CO_2	0,2	0,55	n.d.	n.d.	4,0
LOI	1,3	1,5	0,5	0,8	4,7
Сумма	100,11	100,46	99,86	99,92	100,7

Примечание. здесь и в табл. 3–6 n.d. – ниже пределов обнаружения; аналитик М.П. Дмитриева (ГИГХС).

Note. Here and in Tables 3–6 n.d. – not determined; analyst M.P. Dmitrieva (GIGHS).

Таблица 2

**Количественно-минералогический состав даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов
Ошурковского массива (об. %)**

Table 2

The mineral composition of the dykes of alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif

Минерал	№ образца / интервал в метрах						
	110/86 620,3–629,5	112/86 638,8–636,9	114/86 643,0–643,4	123/86 697,5–699,5	137/86 764,5–765,2	153/86 881,0–881,5	182/86 1024,0–1024,3
Ортоклаз-пертит	40–50	25–30	40–45	55–60	60–70	25–30	5
Эгирин-авгит	20	15	–	5–10	2–10	15	5
Альбит	10–15	5–10	25–30	20–25	5	5–6	1
Ангидрит, гипс	15	50	1	10–12	5	50–55	50–55
Апатит	1–1,5	3	1,5	2	2	1–2	1–1,5
Биотит	–	1	0,5	0,5–1	r.g.	1	2–3
Кальцит	r.g.	0,5–1	0,5	0,3–0,5	–	r.g.	30–35
Кварц	–	2–3	–	–	6–8	5	r.g.
Титанит	r.g.	r.g.	10	2–3	3	r.g.	r.g.
Цеолит	до 0,5	0,5–1	–	до 0,5	–	–	–
Магнетит	r.g.	r.g.	r.g.	0,5	0,5	r.g.	r.g.
Алланит	r.g.	r.g.	r.g.	r.g.	r.g.	r.g.	r.g.
Роговая обманка	–	r.g.	–	r.g.	r.g.	r.g.	–

Примечание. «–» – минерал не обнаружен; r.g. – единичные знаки.

Note. «–» – mineral not observed; r.g. – rare grains.

В эндоконтактных зонах даек наряду с ортоклаз-пертитом встречаются зерна микропертита, реже микроклина. С целью установления структурных взаимоотношений различных по составу компонентов зерен полевого шпата было проведено травление шлифов в парах фтористой кислоты с последующим воздействием на них кобальтнитрита натрия. При этом наблюдалось окрашивание участков сложенных калиевым полевым шпатом в желтовато-бурый цвет, выделения натриевого полевого шпата не испытывали каких-либо изменений. Данные рентгено-спектрального анализа в целом подтвердили результаты оптической диагностики. Установлено, что наряду с ортоклазом, в котором практически нет бария, в породе встречаются зерна калиевого полевого шпата, содержание BaO в которых достигает 3,38–4,17%. Таким образом, можно говорить о присутствии в сиенитах, наряду с обычным калиевым полевым шпатом и барийсодержащего, богатого цельзиевым миналом.

В результате проведенных петрографических исследований установлено, что характерные для преобладающей массы зерен калиевого полевого шпата пертитовые структуры представлены различными морфологическими типами. В составе одних индивидов присутствует волокнистый пертит, образованный очень тонкими (от 0,005 до 0,05) параллельно ориентированными выделениями альбита, обычно выклинивающимися вблизи краевых зон. На долю их приходится от 20 до 25% площади зерен.

Широким распространением в составе щелочных сиенитов пользуется также жилковатый пертит. Вы-

деления его, составляющие до 25–50% объема отдельных агрегатов, образуют различной толщины жилки (0,01–0,1 мм), ориентированные в разном направлении. Последние то утолщаются, то становятся более тонкими, нередко соединяясь и переходя в другой тип пертита. Жилки альбита чаще всего пересекают зерна ортоклаза от одного края до другого. Достаточно часто альбит в них полисинтетически сдвойникован, причем ориентировка двойников обычно перпендикулярна удлинению востков. Границы жилок четкие, но неровные. В отдельных случаях востки альбита выходят за пределы зерен ортоклаз-пертита и соединяются с индивидами альбита, локализованными в промежутках между агрегатами калинатриевого полевого шпата.

Наряду с волокнистым и жилковатым типами пертита в породе достаточно широко распространен пятнистый пертит. В большинстве случаев содержание пятен альбита составляет до 25–30%, местами на долю их приходится до 50%. Во всех случаях альбит в них имеет одинаковую ориентировку. Размер сложенных им пятен варьирует от сотых долей миллиметра до 0,5 мм.

Волокнистая пертитовая структура однозначно является следствием распада твердого раствора. Жилковатый и пятнистый морфологические типы пертита скорее всего следует отнести к структурам замещения. Ортоклаз-пертит отдельных жил претерпевает изменение, выражающееся в появлении буроватых продуктов выветривания и пелитизации.

В составе всех даек щелочных сиенитов встречается также альбит, являющийся самостоятельным

породообразующим минералом. Присутствует он в виде зерен неправильной или округлой формы, размеры которых редко превышают сотые доли миллиметра. Альбит данной генерации обычно локализуется вдоль границ агрегатов ортоклаз-пертита и пироксена. В редких случаях он выполняет микротрещинки в зернах силикатов. Существенных различий в химическом составе различных морфологических типов и генераций альбита не отмечается.

Пироксен является одним из основных породообразующих минералов щелочных сиенитов. Среднее содержание его в различных дайках варьирует пределах 15–20%. К тому же распределен он в них довольно неравномерно. В некоторых дайках пироксен встречается лишь в виде редкой вкрапленности, обычно в сростках с ортоклаз-пертитом. Иногда образует практически мономинеральные шлировидные скопления на фоне развития существенно полевошпатовых агрегатов. Представлен как неправильными со сложными заливообразными границами зернами, так и призматическими, таблитчатыми образованиями размером от 1 до 3,5 мм. Кристаллографически оформленные индивиды связаны чаще всего с участками развития полевых шпатов. Неправильные, угловатые агрегаты пироксена более характерны для участков с преобладающим развитием сульфатов кальция. Зерна пироксена имеют зеленую окраску. Характерной особенностью их является отчетливо выраженный плеохроизм от травяно-зеленого до желтовато-зеленого тонов. Большинство зерен пироксена содержат многочисленные включения магнетита. В отдельных индивидах присутствуют вросстки апатита, иногда отмечаются кальцит, сульфаты и полевой шпат. Микротрещины, секущие зерна пироксена, нередко залечены сульфатами кальция или карбонатом. По данным микрозондового анализа, пироксен характеризуется повышенным содержанием Mg и Ca, пониженным Fe и Al. От пироксена, распространенного в габброидах ошурковского массива, он отличается более высоким содер-

жанием эгиринового минала и этим весьма схож с пироксеном щелочных сиенитов [Рампилов, Ласточкин, Рипп, 2013]. По химическому составу минерал диагностирован как эгирин-авгит (табл. 3).

Сульфатные минералы представлены ассоциацией ангидрита, целестина, баритоцелестина, гипса – минералов, находящихся в тесной пространственной и генетической связи. Одним из наиболее широко распространенных минералов даек щелочных сиенитов является ангидрит. Анализ данных оптических и микрозондовых исследований свидетельствует о присутствии как минимум двух его генераций. К наиболее ранней, предположительно, относится достаточно редко наблюдающийся ангидрит, который диагностирован только оптически. Минерал образует пойкилитовые включения в зернах пироксена и полевого шпата. Обычно это неправильные по форме или округлые образования размером не более сотых долей миллиметра.

Наиболее широким развитием в породе пользуется ангидрит, представленный таблитчатыми и пластинчатыми агрегатами, выполняющими промежутики между зернами полевого шпата и пироксена (рис. 4). Нередко он включает в себя апатит и титанит. Судя по взаимоотношениям с основными породообразующими минералами, образование ангидрита происходило на заключительной стадии формирования даек. Зерна его внешне бесцветные, иногда с голубоватым оттенком, размером от 0,3 до 2 мм, часто содержат характерные, пересекающиеся по трем направлениям трещины совершенной спайности. В породах, не имеющих отчетливо выраженных признаков метасоматических и гидротермальных преобразований, агрегаты ангидрита имеют довольно однородную структуру. Рентгеноспектральным анализом в составе их установлено присутствие повышенного содержания окиси стронция и бария. В контурах отдельных зерен значения их варьируют соответственно в пределах 3,56–4,12 и 0–0,53 мас. % (табл. 4).

Таблица 3
Химический состав пироксенов ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива (мас. %)

Table 3
Chemical composition of pyroxenes from anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif (wt. %)

Компонент	137/86				182/86			
SiO ₂	50,44	50,79	49,87	50,83	51,00	51,06	51,11	51,43
TiO ₂	1,05	0,15	0,1	0,15	2,97	2,07	1,40	1,4
Al ₂ O ₃	1,25	1,06	1,49	1,13	2,14	2,02	1,95	1,98
Fe ₂ O ₃ ^{total}	12,75	13,33	14,02	14,5	12,68	12,66	13,21	13,17
MnO	0,43	0,57	0,52	0,57	0,34	0,34	0,37	0,35
MgO	10,0	9,57	9,1	9,09	9,88	9,63	9,4	9,39
CaO	19,7	19,53	19,32	18,96	17,69	17,45	17,27	17,38
Na ₂ O	2,12	2,41	2,31	2,58	3,22	3,45	3,65	3,52
BaO	0,86	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,90	2,28
SrO	n.d.	0,01	0,02	0,10	0,02	0,11	n.d.	n.d.
Сумма	98,60	97,44	96,74	97,91	99,94	98,79	99,26	100,9

Примечание. Аналитик И.М. Куликова (ФГУП ИМГРЭ).

Note. Analyst I.M. Kulikova, FSUE IMGRE.

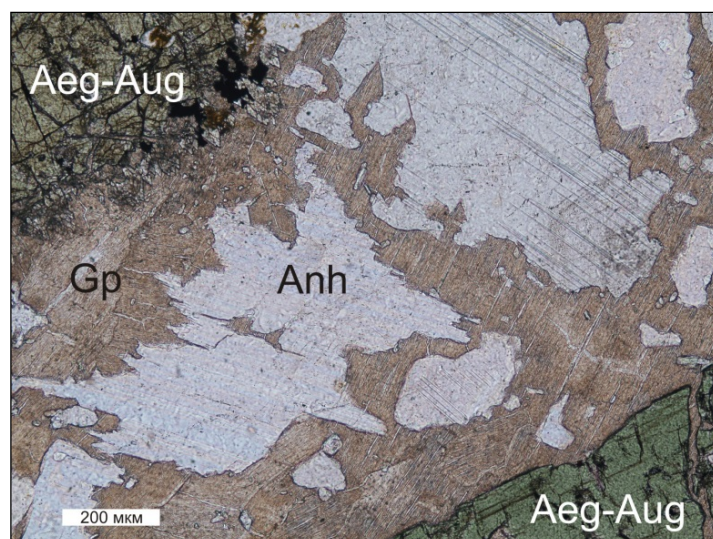


Рис. 4. Характер взаимоотношений ангидрита (Anh) с гипсом (Gp) и эгирин-авгитом (Aeg-Aug) в дайках щелочных сиенитов Ошурковского массива

Проба 110/86. Николи II. Шлиф обработан парами HF и прокрашен в растворе кобальтнитрита натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$

Fig. 4. The nature of the relationship of anhydrite (Anh) with gypsum (Gp) and aegirine-augite (Aeg-Aug) in the dykes of alkaline syenites of the Oshurkovsky massif

Sample 110/86. Nicoles are parallel. The section is treated with HF vapor and dyed in sodium cobalt nitrite solution $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$

Таблица 4

Химический состав неизмененного ангидрита из даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива, вес. %

Table 4

Chemical composition of unaltered anhydrite from the dykes of alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif, wt. %

Компонент	112/86						182/86					110/86
SO ₃	60,08	60,09	59,76	59,31	58,33	60,74	59,20	58,70	57,84	57,52	57,58	59,74
CaO	36,21	37,09	36,30	37,57	38,00	38,22	37,80	38,33	37,17	37,77	38,38	37,22
SrO	3,59	3,56	4,04	4,12	3,08	4,15	4,21	3,88	4,45	4,16	4,23	4,15
BaO	0,53	n.d.	0,45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Сумма	100,41	100,74	100,55	101,0	99,41	103,11	101,21	100,91	99,46	99,45	100,19	101,11

Примечание. Аналитики И.М. Куликова (ФГУП ИМГРЭ), Л.О. Магазина (ИГЕМ РАН).

Note. Analyst I.M. Kulikova (FSUE IMGRE), L.O. Magazina (IGEM RAS).

В связи с тем, что визуально наблюдающихся включения стронций- и барийсодержащих минеральных фаз в них не встречено, можно предположить, что данные компоненты присутствуют в ангидрите в виде изоморфной примеси. В дайках, затронутых гидротермальными процессами, проявившимися в замещении ангидрита гипсом, пироксена хлоритом и роговой обманкой, развитии карбоната и цеолита, наблюдаются четко выраженные признаки собирательной перекристаллизации и переотложения стронция, присутствующего в ангидрите. Результатом отмеченных процессов является образование в пределах зерен ангидрита, а также вдоль их границ разнообразных по форме, мелких (сотые и тысячные доли иллимметра) выделений целестина. Количество, размеры и характер распределения по-

добных образований в значительной степени зависят от интенсивности вторичных преобразований сульфатсодержащих сиенитов (рис. 5).

В зависимости от процентного содержания включений целестина меняется химический состав вмещающего их ангидрита (табл. 5). Участки зерен ангидрита, содержащие многочисленные мелкие или редкие, но относительно крупные вроски целестина, характеризуются либо пониженным содержанием SrO, либо полным ее отсутствием. На участках минерала, не включающих целестин, содержание окиси стронция достигает максимальных значений. Многочисленные мелкие неправильной формы выделения целестина распространены также на участках распространения гипса, развивающегося по ангидриту в качестве вторичного минерала.

Таблица 5

Химический состав измененного ангидрита из даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов
Ошурковского массива, мас. %

Table 5

Chemical composition of altered anhydrite from the dikes of alkaline anhydrite-containing syenites
of the Oshurkovsky massif, wt. %

Компонент	Слабоизмененный ангидрит, 182/86					Существенно измененный ангидрит, 112/86				
SO ₃	59,44	60,00	59,98	59,07	59,67	59,31	58,86	60,29	59,91	59,79
CaO	40,38	39,70	40,93	38,94	39,32	40,77	40,41	41,11	41,48	40,55
SrO	1,50	1,61	1,68	2,23	2,34	n.d.	n.d.	n.d.	0,16	0,34
Сумма	101,32	101,31	102,59	100,24	101,33	100,08	99,27	101,40	101,55	100,68

Примечание. Аналитики И.М. Куликова (ФГУП ИМГРЭ), Л.О. Магазина (ИГЕМ РАН).

Note. Analyst I.M. Kulikova (FSUE IMGRE), L.O. Magazina (IGEM RAS).

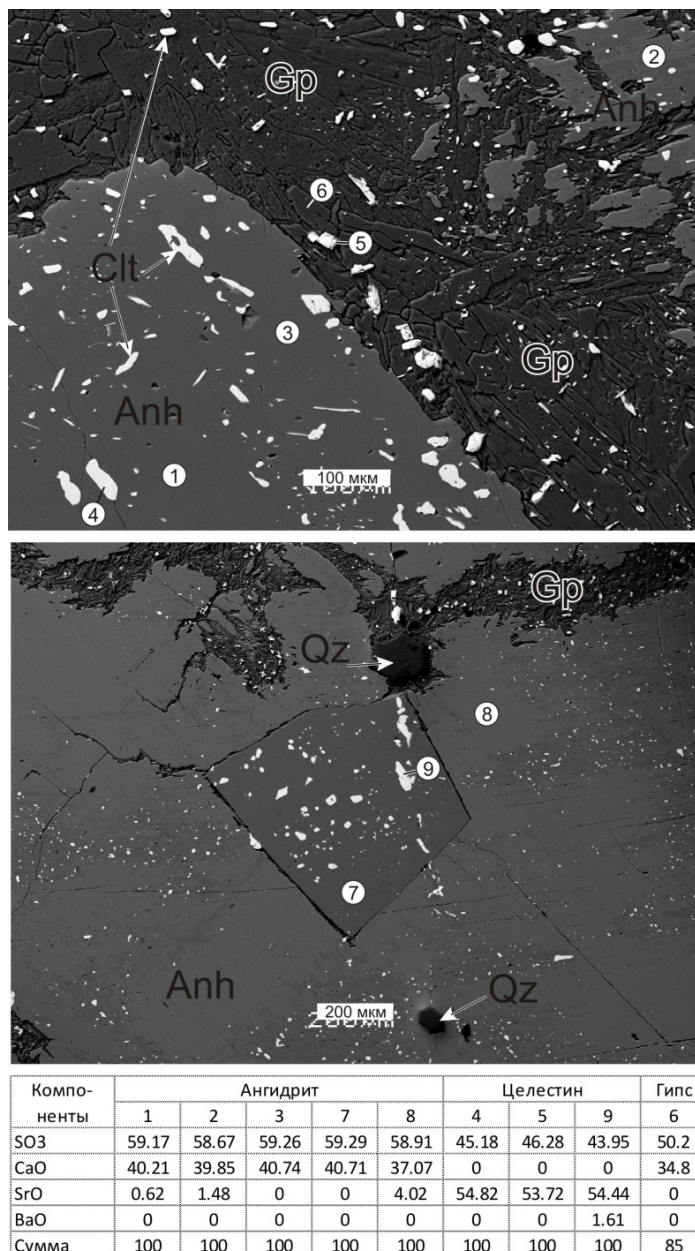


Рис. 5. Выделение сульфатов в дайках щелочных сиенитов Ошурковского массива

Скв. 264, проба 112/86; скв. 264, глубина 636,9 м. Фотографии в отраженных электронах. Anh – ангидрит, Clt – целестин, Gp – гипс, Qz – кварц. Номера точек соответствуют номерам в таблице

Fig. 5. Isolation of sulphates in dykes of alkaline syenites of the Oshurkovsky massif

Well 264, Sample 112/86; Well 264, depth 636,9 m. Photographs in backscattered electrons. Anh – anhydrite, Clt – celestine, Gp – gypsum, Qz – quartz. Point numbers correspond to the numbers in the table

Таблица 6

Химический состав целестина из даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива, вес. %

Table 6

Chemical composition of celestine from the dikes of alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif, wt. %

Компонент	Морфологические типы и точки анализа целестина									
	Микровключения в ангидрите			Прожилковидные		Самостоятельные зерна				
SO ₃	46,41	44,76	45,30	43,76		45,30	43,55	41,08	41,92	43,30
CaO	n.d.	0,49	n.d.	n.d.		1,12	1,33	1,24	1,24	1,17
SrO	56,31	55,82	55,04	54,21		48,51	44,43	44,52	44,78	41,43
BaO	n.d.	1,31	n.d.	1,60		6,63	10,88	7,29	8,88	14,13
Сумма	102,72	102,38	100,34	99,57		101,56	100,19	94,13	96,82	100,03

Примечание. Аналитик Л.О. Магазина (ИГЕМ РАН).

Note. Analyst L.O. Magazina (IGEM RAS).

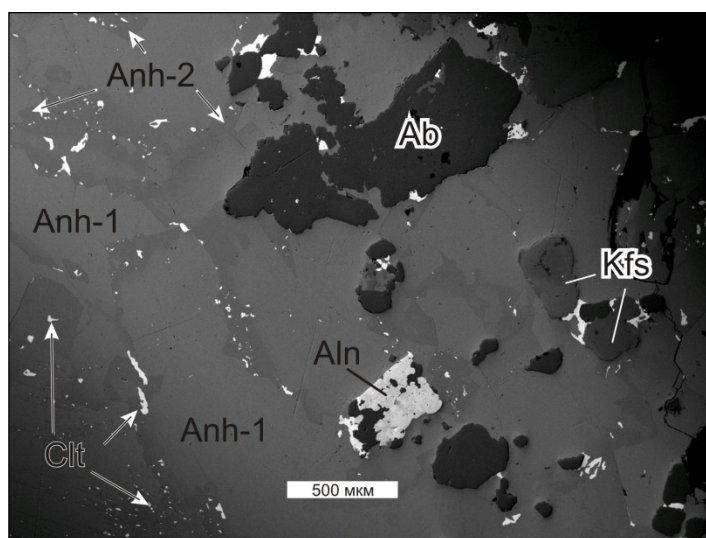


Рис. 6. Особенности распределения целестина (Clt) в слабо измененных щелочных ангидритсодержащих сиенитах Ошурковского массива

Проба 112/86. Светло-серый фон соответствует неизмененному высокостронциевому ангидриту (Anh-1), серый – частично перекристаллизованному ангидриту (Anh-2). Ab – альбит, Kfs – ортоклаз, Aln – алланит

Fig. 6. Features of the celestine (Clt) distribution in weakly modified alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif

Sample 112/86. The light gray background corresponds to unaltered high-Sr anhydrite (Anh-1); gray – to partially recrystallized anhydrite (Anh-2). Ab – albite, Kfs – orthoclase, Aln – allanite

Отличительной особенностью данного морфологического типа целестина является отсутствие или сравнительно низкое содержание в составе его BaO (табл. на рис. 5, табл. 6). Присутствующий в породе гипс представлен обычно тонковолокнистыми агрегатами, находящимися в типичных коррозионных взаимоотношениях с ангидритом. Характерной особенностью его химического состава является наличие в нем окиси стронция (до 0,46 мас. %).

В породах, затронутых относительно слабыми гидротермальными преобразованиями, наблюдается локализация микровключений целестина вдоль границ зерен ангидрита и других породообразующих минералов. Обычно это неправильной формы выде-

ления, размер которых варьирует в пределах от сотых до десятых долей миллиметра (рис. 6). Образование их также может быть следствием перекристаллизации агрегатов ангидрита. Характерной особенностью этого целестина является присутствие в составе его повышенного содержания окиси бария – от 6,63 до 16,28% (табл. 6). К образованиям данного морфологического типа может быть отнесен и целестин, выполняющий микротрещинки в массивном ангидрите и ортоклаз-пертите. В составе его, как и в целестине, представленном самостоятельными зернами, также присутствует барий, но в заметно меньшем количестве. Наблюдаются тональные различия в окраске участков зерен ангидрита, не затро-

нутых перекристаллизацией, и участков, содержащих включения целестина. Можно предположить, что перекристаллизация ангидрита с выделением целестина происходила одновременно с распадом К-На полевого шпата, сопровождавшегося выделением пертитовых вростков альбита. Свидетельством этому являются наблюдающиеся вариации содержаний бария в зернах сульфата стронция в зависимости от места их расположения. В целестине, локализующимся на участках развития ангидрита, значения их минимальны, на участках, сложенных ортоклаз-пертитом, достигают десяти и более процентов.

Кальцит, присутствующий в щелочных сиенитах является основным минералом группы карбонатов. Диагностирован в результате прокрашивания шлифов ализарином и на электронном микроскопе с ЭДС. В большинстве даек минерал представлен мелкими (сотые – десятые доли миллиметра) неправильной формы выделениями, связанными с участками замещения пироксена хлоритом, ортоклаз-пертита альбитом и оксидов титанитом. Повышенная вкрапленность кальцита присутствует также в поле развития ангидрита и гипса. При этом, в одних случаях, он обособляется в виде включений в зернах массивного ангидрита, в других – представлен мелкими скоплениями неправильной и линзовидной формы в массе гипса.

Встречена дайка (обр. 182/86, инт. 1024–1024,3 м), где содержится повышенное количество кальцита, который, по-видимому, относится к двум генерациям. Основное количество кальцита, наряду с ангидритом, выступает в качестве глвного породообразующего минерала, с неравномерным распределением его по массе породы, вплоть до образования почти мономинеральных гнезд или послойного чередования с агрегатами ангидрита и гипса. В виде включений в карбонатно-сульфатной массе присутствуют редкие зерна пироксена, апатита, рудных минералов, биотита, алланита, полевого шпата. Сами же зерна кальцита обычно чистые. В них не наблюдается посторонних включений и вростков доломита, образующихся в результате распада твердых растворов, что иногда встречалось в карбонатитах Ошуркова.

Появление второй генерации кальцита связано с тектонической зоной вдоль лежащего контакта дайки, где имеют место дробление и милонитизация карбонатно-сульфатной массы с образованием мелких будин в центральных частях, с многочисленными обломками пироксена, полевого шпата, апатита и кварца. Многочисленные трещины, пронизывающие породу, выполнены гидроокислами железа. Кальцит данной генерации выполняет деформационные трещинки в зернах биотита (рис. 7), апатита и обособляется в виде прожилков в гипсовом цементе.

Биотит в составе даек щелочных сиенитов пользуется ограниченным распространением. В большинстве даек содержание его не превышает 1–3%. Встречается он в виде листоватых, чаще всего неправильной формы агрегатов размером от десятых долей до 3–5 мм. В отличие от широко распространенного в породах Ошурковского массива биотита, имеет более светлую окраску и отчетливый плеохроизм от зеленовато-желтого до желтовато-бурого цвета. В основной своей массе минерал связан с участками развития ангидрита, иногда содержит последний в виде включений. Кроме того в биотите отмечаются вростки апатита, альбита и рудных минералов.

Наряду с отдельными крупными зернами биотита встречаются скопления мелкочешуйчатых его образований. В породах с повышенным содержанием кальцита зерна биотита несут признаки тектонических деформаций. Следствием последних являются отрыв и сгиб отдельных пластинок минерала, появление волнистого погасания у крупных его зерен, развитие многочисленных микротрещин. Последние обычно выполняются кальцитом или гипсом (рис. 7). При этом в шлифах наблюдается замещение отдельных зерен бурого биотита вторичным зеленым.

По химическому составу биотит практически не отличается от биотита габброидов. Отметим незначительное уменьшение содержания TiO_2 , BaO и возрастание доли Fe в сравнении с Mg (табл. 7).

Апатит в щелочных сиенитах имеет различный характер выделения. В большинстве даек он распространен в виде редкой вкрапленности мелких кристаллов, с неровными скругленными гранями располагающихся в промежутках между зернами силикатов. Реже наблюдаются пойкилитоподобные вростки апатита округлой или гексагональной формы в кристаллах клинопироксена и ортоклаз-пертита.

В зонах эндоконтакта отдельных тел апатит образует заметные скопления столбчатых, округлых зерен размером от десятых долей до 1–2 мм. Минерал здесь встречается в сростках с клинопироксеном, полевым шпатом, сфеном и ангидритом. В отдельных дайках наблюдаются скопления зерен апатита, сцементированные ангидрит-гипсовой массой (рис. 8).

Рентгеноспектральным анализом в апатите установлено присутствие SrO в количестве 0,67 мас. %.

Алланит является характерным аксессуарным минералом щелочных сульфатсодержащих сиенитов.

Чаще всего представлен зернами неправильной формы, размером 0,1–0,3 мм, которые встречаются в поле распространения силикатных минералов и на участках скопления зерен ангидрита. Минерал плеохрирует от буровато-красного до темного красноватого тонов. Присутствуют также сложной формы выделения алланита, развивающиеся на границе зерен ортоклаз-пертита с ангидритом.

В отличие от алланита, обособляющегося в виде самостоятельных зерен, агрегаты его являются либо изотропными, либо имеют слабо выраженный плеохроизм. По составу изученный алланит нечем существенным не отличается от алланитов, карбонатитов и габбро-пегматитов Ошурковского массива [Рипп, Избродин, Ласточкин, 2013].

Титанит также относится к числу характерных типоморфных минералов сульфатсодержащих щелочных сиенитов. Содержание его, однако, значительно варьирует. В отдельных телах он имеет статус не более чем акцессорной примеси, в других

приобретает значение самостоятельного порообразующего минерала (см. табл. 2). Обычно представлен агрегатами неправильной формы (до 2 мм), реже обособляется в виде клиновидных и чечевицеобразных зерен, размером от десятых долей до 1–1,5 мм. Вкрапленность титанита связана преимущественно с участками развития силикатных минералов. Повышенные концентрации минерала нередко отмечаются в эндоконтактных зонах даек. По данным рентгеноспектрального анализа, в составе минерала присутствуют (мас. %): FeO (1,7–1,9), Al₂O₃ (0,8–1,9), Ce₂O₃ (до 1,2).

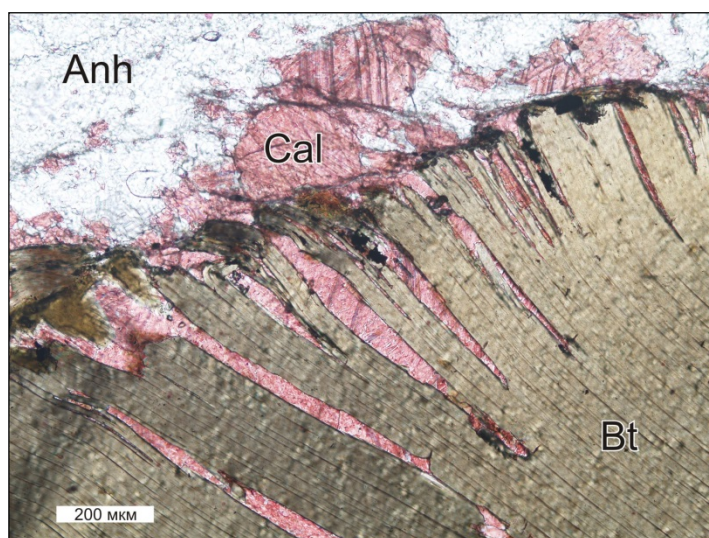


Рис. 7. Характер взаимоотношений ангидрита (Anh) с биотитом (Bt). В виде неправильной формы зерен в ангидрите и линзовидных включений во флогопите присутствует кальцит (Cal)
Проба 182/86. Николи II. Кальцит прокрашен ализарином

Fig. 7. The nature of the relationship of anhydrite (Anh) with biotite (Bt). Calcite (Cal) is present as irregular grains in anhydrite and as lenticular inclusions in phlogopite
Sample 182/86. Nicol are parallel. Calcite is stained with alizarin (C₁₄H₈O₄)

Таблица 7

Химический состав флогопита из даек щелочных ангидритсодержащих сиенитов Ошурковского массива, мас. %

Table 7

Chemical composition of phlogopite from the dikes of alkaline anhydrite-containing syenites of the Oshurkovsky massif, wt. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	40,06	39,64	39,39	38,79	40,25	39,73	39,46	39,31	39,08
TiO ₂	2,21	2,25	2,41	2,30	1,85	1,93	2,31	1,98	2,21
Al ₂ O ₃	15,88	15,63	15,59	15,34	15,17	15,46	15,09	15,21	15,34
FeO	15,06	15,30	15,67	15,64	14,85	14,67	16,02	15,33	15,21
MnO	0,21	0,25	0,19	0,22	0,22	0,20	0,24	0,22	0,21
MgO	17,75	17,44	16,84	16,05	18,21	17,89	16,8	16,93	16,76
CaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,01	n.d.
SrO	0,01	n.d.	0,04	0,02	0,01	0,01	0,06	n.d.	n.d.
BaO	0,57	0,51	0,37	0,58	0,39	0,48	0,43	0,40	0,45
Na ₂ O	0,18	0,12	0,21	0,21	0,07	0,09	0,11	0,08	0,13
K ₂ O	8,77	9,28	9,59	8,96	8,87	8,4	8,43	8,85	9,3
Rb ₂ O	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,05	0,09	0,06	0,08
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nb ₂ O ₅	0,03	0,06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Сумма	100,79	100,52	100,35	98,15	99,95	98,92	99,04	98,38	98,77

Примечание. Аналитик О.А. Набелкин (ФГУП ИМГРЭ).

Note. Analyst O.A. Nabelkin (FSUE IMGRE).

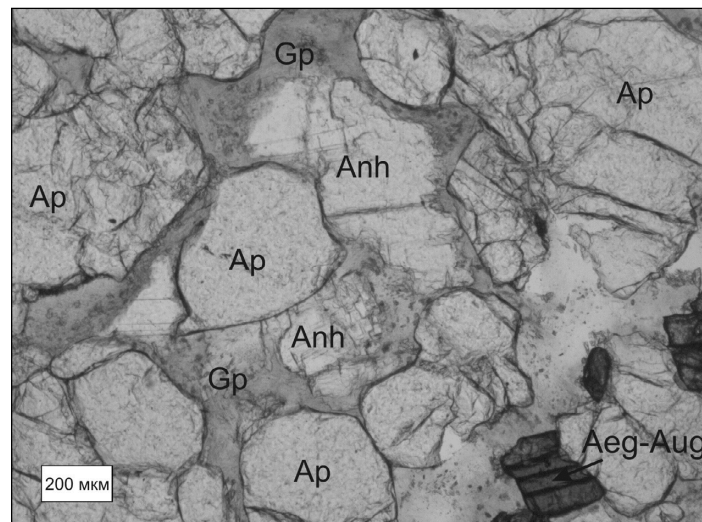


Рис. 8. Взаимоотношения в щелочных ангидритсодержащих сиенитах апатита (Ap) с ангидритом (Anh) и гипсом (Gp)

Скв. 264, проба 116/86, глубина 657,5 м. Николи II. Aeg-Aug – эгирин-авгит

Fig. 8. Interrelations of apatite (Ar) with anhydrite (Anh) and gypsum (Gp) in alkaline alkaline anhydrite-containing syenites

Well 264, sample 116/86, depth. 657.5 m. Nicoles are parallel. Aeg-Aug – aegirine-augite

Магнетит является обычным рудным компонентом сульфатсодержащих щелочных сиенитов и представлен различными морфологическими образованиями. Относительно небольшой объем приходится на долю самостоятельных индивидов, образующих рассеянную вкрапленность. Размеры их не превышают 0,05–0,1 мм. Данная морфологическая разновидность представлена преимущественно ксеноморфными агрегатами, реже наблюдаются зерна с характерными для магнетита кристаллографическими формами.

Преобладающая часть магнетита присутствует в виде мелких, иногда достаточно многочисленных, неправильной формы включений в зернах клинопироксена. В значительно меньшем объеме они встречаются в полевоом шпате, биотите, ангидрите. В составе ксенолитов щелочных габброидов, захваченных дайками, наблюдаются срастания магнетита с гематитом и рутилом. Границы между этими рудными минералами сложные, зубчатые. Характерной особенностью магнетита является наличие в составе его V_2O_5 (до 0,49 мас. %).

Цеоцит в качестве второстепенного минерала установлен в составе отдельных даек. Обычно выполняет мелкие гнезда и тонкие прожилки в поле развития сульфатных минералов. Представлен шестоватыми, радиально-лучистыми агрегатами размером от десятых долей до 1,5 мм. Имеет светлую окраску. По особенностям взаимоотношения с основными породообразующими минералами и характеру поведения в шлифах идентичен агрегатам десмина, достаточно часто встречающегося в гидротермальных зонах Ошурковского массива.

Кварц встречается в отдельных дайках. Наличие его диагностировано оптически и с помощью ЭДС. В одних случаях он присутствует в виде единичных мелких округлой формы зерен, приуроченных либо к участкам развития ангидрита, либо располагающихся на стыке агрегатов последнего с зернами силикатов и в связи с микротрещинами. Зафиксированы также прожилковидные образования серого кварца, приуроченные к центральной части одной из даек (скв. 264, инт. 764,5–765,2 м). Мощность их достигает 2 см. Представлены они сростками отдельных ксеноморфных зерен с характерным волнистым погасанием. Границы прожилков довольно четкие. В массе кварца изредка встречаются включения полевого шпата, пироксена и других минералов. В зонах экзоконтактов прожилков имеют место амфиболизация пироксенов, карбонатизация, пелитизация полевых шпатов и появление титанита. Взаимоотношения с породообразующими минералами даек свидетельствуют о том, что образование кварца является результатом проявления гидротермального процесса. Многочисленные мелкие агрегаты кварца имеющие форму неправильных обломков, встречаются в тектонически ослабленных зонах, нарушающих структуру отдельных даек.

Серпикит – минерал поздних наложенных процессов. Встречается в виде тонких включений и небольших скоплений внутри отдельных зерен калиевого полевого шпата. Более значительные образования его наблюдаются в связи с агрегатами плагиоклаза, являющимися самостоятельными породообразующими минералами ксенолитов, захваченных ще-

лочными сиенитами. В целом пользуется ограниченным распространением.

Роговая обманка относится к числу редких вторичных минералов. Диагностирована только оптически. В виде удлинённых шестоватых агрегатов развивается по периферии отдельных зерен эгирин-авгита. Имеет светло-зеленую окраску с голубоватым оттенком и слабый плеохроизм от голубовато-зеленого по Ng до желтовато-зеленого по Np. Единичные мелкие зерна минерала встречаются в виде включений в ангидритовом цементе. Предположительно, является минералом из группы рихтерита.

Гидроокислы железа пропитывают массу ангидрита и выполняют трещины в зоне дробления сульфатсодержащих щелочных сиенитах.

Хлорит имеет локальное распространение. Развивается по пироксену, в том числе в ассоциации с зернами магнетита. Реже образует крупные (до 0,2 мм) самостоятельные выделения. По составу аналогичен хлориту ($\text{SiO}_2 \sim 27\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 25\%$, $\text{MgO} \sim 18\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 18\%$), встречающемуся во вмещающих габброидах [Кузнецова, Василенко, Холодова, 1995].

Результаты изотопных исследований сульфатов Ошурковского массива

При решении вопросов происхождения сульфатсодержащих сиенитов Ошурковского массива важную роль могут играть изотопные исследования серы. До недавнего времени в литературе, посвященной Ошурковскому массиву, фигурировали данные лишь по изотопному составу серы барита карбонатитов, а также сульфидов железа и меди из гидротермальных прожилков, встречающихся в габброидах [Никифоров и др., 1998; Рипп и др., 2014]. Нами проведены исследования изотопного состава серы четырех отобранных с различной глубины образцов ангидрита, присутствующего в сиенитах. Кроме того определен изотопный состав серы пирита, образующего небольшие скопления в габброидах, по-видимому, имеющие гидротермальную природу.

Исследование изотопного состава серы проводилось по методике, представленной в работе [Dubinin et al., 2014]. Измерения проведены на масс-спектрометре DELTA V+, работающем в непрерывном потоке гелия. Разложение сульфатов проведено на элементном анализаторе Flash-HT.

В результате проведенного анализа образцов ангидрита установлен относительно узкий, характерный для них диапазон величин $\delta^{34}\text{S}$, соответствующий 10,3–11,7 ‰, отличающийся от изотопного состава серы барита из карбонатитов Ошурковского массива (6,5–8,2 ‰) повышенным содержанием тяжелого изотопа серы (табл. 8, рис. 9, а). Аналогичные значения величин $\delta^{34}\text{S}$ зафиксированы в барите и баритоцелестине из карбонатитов Забайкалья и Тувы (рис. 9, б) [Никифоров и др., 2000; Никифоров и др., 2006; Рипп и др., 2014]. В целом все наблюдаемые вариации величин $\delta^{34}\text{S}$ не выходят за рамки диапазона, характерного для сульфатов карбонатитов мира (рис. 9, в), и, соответственно, не исключают мантийную природу серы в породах Ошурковского массива.

Величины $\delta^{34}\text{S}$ в изученных нами образцах пирита варьируют в пределах от +2 до –2 ‰. Близкими положительными значениями (1,36 ‰) характеризуется пирит из гидротермально измененных пород [Рипп и др., 2014].

Полученные данные позволяют предположить, что барит и ангидрит Ошурковского массива являются продуктами неполного окисления серы, остатки которой в восстановленной форме участвуют в формировании поздних сульфидов. В этом случае образование ангидрита сиенитов могло происходить в интервале температуры 570–680°C (в среднем – около 630°C), а формирование барита карбонатитов – в интервале 850–950°C. Данный расчет сделан исходя из условия, что изотопный состав серы источника не испытывал изменений, связанных с релеевским исчерпанием. То есть предполагается, что сера магматических сульфатов, как и сера поздних сульфидов, буферировалась бесконечным резервуаром серы источника.

Таблица 8

Изотопный состав серы в минералах из пород Ошурковского массива

Table 8

Sulfur isotope composition of minerals from rocks of the Oshurkovsky massif

№ образца	Проба	$\delta^{34}\text{S}$, ‰
Щелочные ангидритсодержащие сиениты		
112/86	Ангидрид ~95% + Целестин ~5%	10.30
112a/86	—/—	10.89
153/86	—/—	10.87
137/86	—/—	11.66
Эссекситы		
489/84ш	Пирит	1.88
151/82	—/—	–2.28
161/83	—/—	2.15
431/83	—/—	1.61

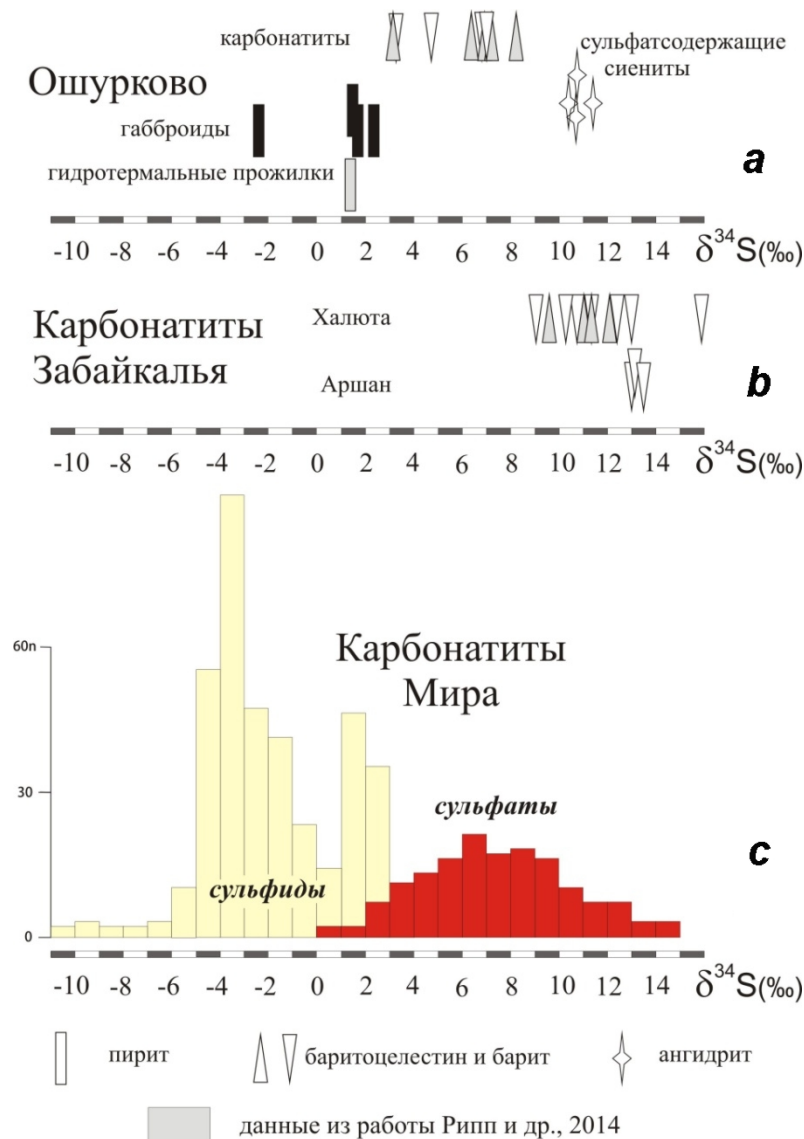


Рис. 9. Изотопный состав серы в минералах из пород Ошурковского массива (a), карбонатитов Забайкалья (b) и других регионов Мира (c)

Использованы данные из работ [Deines, 1989; Никифоров, Ярмолюк, Покровский, 2000, Рипп и др., 2014]

Fig. 9. Sulfur Isotopic composition in minerals from rocks of the Oshurkovsky massif (a), carbonatites of Transbaikalia (b) and other regions of the World (c)

Data from [Deines, 1989; Nikiforov, Yarmolyuk, pokrovsky, 2000, Ripp et al., 2014]

Обсуждение

В настоящее время дайки щелочных сульфатсодержащих сиенитов относятся к числу достаточно экзотических образований. Не исключено, однако, что роль этих пород в строении массива недооценивается. Подобное предположение напрашивается по причине внешнего сходства даек сульфатсодержащих щелочных сиенитов с жильными телами гранитных пегматитов. Поэтому при первичной документации горных выработок они обычно и характеризовались как последние.

Как показывают детальные петрографические исследования пород, вмещающих дайки ангидритсо-

держащих сиенитов, сульфатные минералы в качестве акцессорной примеси встречаются в них достаточно часто. При этом основная масса их присутствует в виде редких неправильной формы выделений, приуроченных к межзерновым промежуткам основных породообразующих минералов. Распределены они обычно неравномерно и более характерны для глубоких горизонтов месторождения. Косвенным свидетельством присутствия в породах массива сульфатной минерализации являются данные анализов SO_3 , полученные при изучении малообъемных технологических проб. Согласно им, среднее содержание данного компонента в мезократовых разно-

стях щелочных габброидов составляет 0,51%, в меланократовых – 0,42%, в лейкократовых – 0,23%. Установлено также, что достаточно часто сульфатные минералы присутствуют в виде включений в породообразующих минералах. Так, по данным А.Н. Занвилевич и соавт. (1999), содержание SO_3 в апатите из различных по составу пород Ошурковского массива колеблется в пределах 0,29–0,53%, достигая 0,85% в дайках микрогаббро. Нередко агрегаты сульфатных минералов, обособляющиеся в виде интерстиционных включений, образуют сростки с кальцитом.

Все вышеперечисленные данные позволяют рассматривать сульфатные минералы в качестве постоянно присутствующего компонента магматического расплава.

Заключение

В результате детальных петрографических исследований Ошурковского массива в его пределах выявлены жильные тела щелочных сиенитов, в составе которых в качестве породообразующих минералов присутствуют сульфаты. По своим петрохимическим характеристикам эти породы относятся к образованиям калиевой серии. Судя по взаимоотношениям с силикатными породообразующими минералами, слагающими дайки, образование сульфатов происходило на заключительной стадии кристаллизации сиенитов. Основным сульфатсодержащим минералом даек является ангидрит. Содержание его в отдельных жилах достигает 50% и более. Характерной типоморфной особенностью минерала является

наличие в нем повышенного содержания стронция, представленного изоморфной примесью. В результате гидротермальных преобразований сиенитов имели место перекристаллизация ангидрита и появление новообразований целестина, который оставался как в контурах зерен ангидрита, так и вдоль их границ, где минерал обособлялся нередко в качестве самостоятельных агрегатов.

Как показывают наши исследования, присутствие сульфатов в породах Ошурковского массива фиксируется достаточно часто. Так, ангидрит, находящийся в тесном сростании с минералами силикатной матрицы, без признаков каких-либо реакционных взаимоотношений с ними, встречается практически во всех петрографических разновидностях щелочных габброидов массива, что позволяет считать его компонентом магматического расплава.

Анализ изотопного состава сульфатной серы даек щелочных сиенитов не противоречит их эндогенному происхождению. Аналогичную природу имеют, как известно, и сульфатные минералы распространенных здесь же карбонатитовых жил. Наличие сульфатных минералов в щелочных габброидах, карбонатитах и дайках щелочных сиенитов Ошурковского массива, характеризующихся близкими параметрами изотопного состава серы, является важной предпосылкой доказательства единого источника для этих образований.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-05-00671.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев Г.В., Гордиенко И.В., Кузнецов А.Н., Кравченко А.И. Апатитоносные диориты Юго-Западного Забайкалья. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1972. 159 с.
- Егорова Н.Н., Новикова А.Н. Петрографические особенности метасоматически измененных сиенито-диоритовых и диоритовых пород Ошурковского месторождения апатита // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Улан-Удэ, 1970. Вып. XIII. С. 119–129.
- Залуцкий В.В. К геологии и генезису Ошурковского апатитоносного плутона Центральной Бурятии // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Иркутск, 1979. С. 30–44.
- Занвилевич А.Н., Карманов Н.С., Бурдуков И.В., Литвиновский Б.А. Оценки условий кристаллизации габбро-сиенитовой серии на основе химического состава минералов (Ошурковский массив, Забайкалье) // Записки Всероссийского Минералогического общества. 1999. Ч. СХХVIII, № 1. С. 25–47.
- Ковальский Ф.И., Костромин С.В. Геолого-экономическая характеристика Ошурковского апатитового месторождения // Апатиты. М. : Наука, 1968. С. 304–306.
- Костромина Л.Н. Апатитовая минерализация и генезис Ошурковского месторождения // Труды СНИИГГИМСа. Вып. 108: Проблемы агрономического сырья Сибири. Новосибирск, 1971. С. 93–101.
- Кузнецов А.Н. Минералогия и геохимия апатитоносных диоритов (Юго-Западное Забайкалье). Новосибирск : Наука, 1980. 103 с.
- Кузнецова Л.Г., Василенко В.Б., Холодова Л.Д. Особенности состава породообразующих минералов Ошурковского массива // Сб. Трудов СО РАН. Новосибирск : Изд. СО РАН, НИЦ ОИГГМСО РАН, 1995. Т. 11. С. 81–95.
- Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н., Бурдуков И.В., Карманов Н.С. Сиениты как продукт фракционной кристаллизации щелочно-базальтовой магмы Ошурковского массива, Забайкалье // Петрология. 1998а. Т. 6, № 1. С. 30–52.
- Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н., Посохов В.Ф. и др. Новые данные о строении и времени формирования Ошурковского массива щелочных габбро и сиенитов (Забайкалье) // Геология и геофизика. 1998б. Т. 39, № 6. С. 730–744.
- Литвиновский Б.А., Ярмолюк В.В., Занвилевич А.Н. и др. Источники и условия формирования гранитных пегматитов Ошурковского щелочно-монцонитового массива (Забайкалье) // Геохимия. 2005. № 12. С. 1251–1270.
- Магматические формации СССР. Л. : Недра, 1979. Т. 1. 319 с.
- Никифоров А.В., Ярмолюк В.В., Покровский Б.Г. и др. Позднемезозойские карбонатиты Западного Забайкалья: минеральный, химический и изотопный (О, С, S, Sr) состав и соотношения со щелочным магматизмом // Петрология. 2000. Т. 8, № 3. С. 309–336.

Никифоров А.В., Болонин А.В., Покровский Б.Г. и др. Геохимия изотопов (О, С, S, Sr) и Rb-Sr возраст карбонатитов Центральной Тувы // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48, № 4. С. 296–319.

Рампилов М.О., Ласточкин Е.И., Рипп Г.С. Пегматиты Ошурковского апатитоносного плутона // Отечественная геология. 2013. № 3. С. 65–73.

Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г., Посохов В.Ф. и др. Возраст карбонатитов и базитов (SHRIMP-II и Rb-Sr методы) Ошурковского апатитоносного массива (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 5. С. 666–675.

Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г., Ласточкин Е.И., Избродин И.А. Изотопно-геохимические особенности пород Ошурковского апатитоносного массива (Западное Забайкалье) // Геохимия. 2014. № 4. С. 302–3018.

Рипп Г.С., Избродин И.А., Ласточкин Е.И. и др. Ошурковский базитовый плутон: хронология, изотопно-геохимические и минералогические особенности, условия образования. Новосибирск : ГЕО, 2013. 163 с.

Смирнов Ф.Л. Геология апатитовых месторождений Сибири. Новосибирск : Наука, 1980. С. 23–40.

Тяжелов А.Г. Петрографическое своеобразие Ошурковского апатитоносного массива // Известия АН СССР. Сер. геологическая. 1986. № 7. С. 47–55.

Царев Д.И., Батуева А.А. Дифференциация компонентов базитов при гранитизации (на примере Ошурковского апатитового месторождения, Западное Забайкалье). Новосибирск : ГЕО, 2013. 135 с.

Шабашев В.Я. О формационной принадлежности Ошурковского апатитоносного массива // Промышленность горнохимического сырья. М. : НИИТЭХИМ, 1977. Вып. 6. С. 1–3.

Яценко Г.М. Об интрузиях Ошурковского типа в центральной части Западного Забайкалья // Рудоносность геологических формаций Забайкалья. Новосибирск : Наука, 1982. С. 93–99.

Deines P. Stable isotope variation in carbonatites // Carbonatites – genesis and evolution. London : Unwin Hyman, 1989. P. 301–359.

Dubinin A.V., Dubinins E.G., Detnidoва T.P., Kokryatskaya N.M., Rinskaya-Korsakova M.N., Kosova S.A., Yakushev E.V. Stable isotope evidence for the bottom convective layer homogeneity in the Black Sea // Geochim. Transact. 2014. V. 15, № 3. DOI: 10.1186/1467-4866-15-3

Авторы:

Шабашев Владимир Яковлевич, кандидат геолого-минералогических наук, советник, ООО «Агроэко», Люберцы, Московская область, Россия. E-mail: shabashev8842@mail.ru

Никифоров Анатолий Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, лаборатория редкометального магматизма, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия. E-mail: nikav@igem.ru; usn2007a@yandex.ru

Geosphere Research, 2019, 3, 50–68. DOI: 10.17223/25421379/12/5

V.Ya. Shabashev¹, A.V. Nikiforov²

¹ Agroeko LLC, Lyubertsy Russia

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry, RAS Moscow, Russia

ALKALINE ANHYDRITE-CONTAINING SYENITES OF THE OSHURKOVSKY MASSIF

The article presents results of investigation of vein sulfate-containing rocks were recently discovered / identified in the Oshurkovsky alkaline-gabbroid massif. The content of anhydrite in their composition sometimes reaches 50%. Detailed petrographic studies of these rocks showed that they are typical for the entire suite of igneous rocks of the Oshurkovsky massif.

More than 90% of the massifs' area is occupied by various alkaline and subalkaline gabbroids with different contents of amphibole, pyroxene, biotite, and a ubiquitous admixture of apatite. The second stage of the massif formation comprises large plug- (up to 2 km²) and dike-like bodies of alkaline-feldspar syenites. The final stage of the magmatism is represented by veins of calcite carbonatites with Ba and Sr sulphates and late granite pegmatites. Gabbroids accommodate the vein bodies of anhydrite-containing alkaline syenites. The veins are usually up to 0.4 m, more rarely up to 2 m thick. Relationships with other rock have not been observed.

Sulfate-containing alkaline syenites are massive, coarse-grained rocks composed of tabular orthoclase-perthite crystals. The intercrystalline space is filled by subidiomorphic aegirine-augite crystals and aggregates of anhydrite grains, which represent one of the latest stages of crystallization. The total content of sulfate in different veins varies from 5 to 50%. The rock contains small amounts of apatite, allanite, magnetite, sphene, calcite, less often biotite. Secondary minerals are celestine, chlorite, zeolite, quartz and gypsum. The inclusion of celestine are associated with post-magmatic recrystallization of primary strontium-containing anhydrite. Gypsum develops on decomposed anhydrite.

Sulfur isotopic composition of the anhydrite from four samples is characterized by a narrow range of values of $\delta^{34}\text{S}$ 10.3–11.7, which differs from the isotopic composition of sulfur of barite from the carbonatites of the Oshurkovsky massif (6.5–8.2).

In general, all observed variations in the $\delta^{34}\text{S}$ values do not exceed the range typical for the world carbonatite sulphates.

Keywords: Oshurkovsky massif, alkaline gabbro, anhydrite, sulfates, sulfur isotopic composition.

References

Andreev G.V., Gordienko I.V., Kuznetsov A.N., Kravchenko A.I. Apatitonosnyye diority Yugo-Zapadnogo Zabaykal'ya [Apatite-bearing diorites of South-West Transbaikalia]. Ulan-Ude, 1972. 157 p. In Russian

Egorova N.N., Novikova A.N. Petrograficheskiye osobennosti metasomatically izmenennykh syenito-dioritovykh i dioritovykh porod Oshurkovskogo mestorozhdeniya apatita [Petrographic features of metasomatically altered syenite-diorite and diorite rocks of the Oshurkovsky apatite field] // In the collection: Materials on geology and minerals of the Buryat ASSR. Issue XIII. Ulan-Ude. 1970. pp. 119–129. In Russian

Zalutsky V.V. *K geologii i genezisu Oshurkovskogo apatitonosnogo plutona Tsentral'noy Buryatii* [To the geology and genesis of the Oshurkovsky apatite-bearing pluton in Central Buryatia] // In Proc. "Geology, prospecting and exploration of ore deposits." Irkutsk. 1979. pp. 30–44. In Russian

Zanvilevich A.N., Karmanov N.S., Burdukov I.V., Litvinovsky B.A. *Otsenki usloviy kristallizatsii gabbro-siyenitovoy serii na osnove khimicheskogo sostava mineralov (Oshurkovskiy massiv, Zabaykal'ye)* [Estimates of the conditions of crystallization of the gabbro-syenite series based on the chemical composition of minerals (Oshurkovsky massif, Transbaikalia)] // Zapiski Vserossiyskogo Mineralogicheskogo obshchestva. 1999. V. CXXVIII(1). pp. 25–47. In Russian

Kovalsky F.I., Kostromin S.V. *Geologo-ekonomicheskaya kharakteristika Oshurkovskogo apatitovogo mestorozhdeniya* [Geological and economic characteristics of the Oshurkovsky apatite deposit] // In collection: "Apatity". Moscow: Nauka, 1968. pp. 304–306. In Russian

Kostromina L.N. *Apatitovaya mineralizatsiya i genezis Oshurkovskogo mestorozhdeniya* [Apatite mineralization and genesis of the Oshurkovskoe deposit] // Trudy SNIIGGIMSa, V. 108, Problemy agronomicheskogo syr'ya Sibiri [Problems of agronomic raw materials of Siberia]. Novosibirsk, 1971. pp. 93–101. In Russian

Kuznetsov A.N. *Mineralogiya i geokhimiya apatitonosnykh dioritov (Yugo-Zapadnoye Zabaykal'ye)* [Mineralogy and geochemistry of apatite-bearing diorite (South-West Transbaikalia)]. Novosibirsk: Nauka SB RAS, 1980. 103 p. In Russian

Kuznetsova L.G., Vasilenko V.B., Kholodova L.D. *Osobennosti sostava porodoobrazuyushchikh mineralov Oshurkovskogo massiva* [Composition features of rock-forming minerals of Oshurkovski massif] // Materials on genetic and experimental mineralogy. V. 11. Novosibirsk, 1995. No. 832. pp. 81–97. In Russian

Litvinovsky B.A., Zanvilevich A.N., Burdukov I.V., Karmanov N.S. Derivation of syenite by fractionation of alkali basalt magma: an example from the Oshurkovskoe pluton, Transbaikalia // Petrology. 1998a. V. 6. No. 1, pp. 25–46.

Litvinovsky B.A., Zanvilevich A.N., Posokhov V.F. et al. *Novyye dannyye o stroyenii i vremeni formirovaniya Oshurkovskogo massiva shchelochnykh gabbro i siyenitov. (Zabaykal'ye)* [New data on the structure and time of formation of the Oshurkovsky massif of alkaline gabbro and syenite. (Transbaikalia)] // Geology and Geophysics. V. 39. No. 6. 1998b. pp. 730–744. In Russian

Litvinovsky B.A., Yarmolyuk V.V., Zanvilevich A.N., Shadaev M.G., Nikiforov A.V., Posokhov V.F. Sources of material and genesis of granitic pegmatites of the Oshurkovskii alkaline monzonite massif, Transbaikalia // Geochemistry International. 2005. V. 43(12). pp. 1149–1167.

Magmatische formatsii SSSR [Magmatic formations of the USSR]. V.1, Leningrad: Nedra, LO, 1979, 319 p. In Russian

Nikiforov A.V., Yarmolyuk V.V., Pokrovsky B.G., et al. Late Mesozoic carbonatites of western Transbaikalia: Mineralogical, chemical, and isotopic (O, C, S, and Sr) characteristics and relationships to alkaline magmatism // Petrology. 2000. V. 8. No. 3. pp. 278–302.

Nikiforov A.V., Bolonin A.V., Pokrovsky B.G., Sugorakova A.M., Chugaev A.V., Lykhin D.A. Isotope Geochemistry (O, C, S, Sr) and Rb–Sr Age of Carbonatites in Central Tuva // Geol. Ore Deposits. 2006. V. 48. No. 4. pp. 256–276.

Rampilov M.O., Lastochkin E.I., Ripp G.S. *Pegmatity Oshurkovskogo apatitonosnogo plutona* [Pegmatites of the Oshurkovsky apatite-bearing massif] // Otechestvennaya geologiya. 2013. No. 3. pp. 65–73. In Russian

Ripp G.S., Doroshkevich A.G., Posokhov V.F., Izbrodin I.A., Konopel'ko D.L., Sergeev S.A. The age of carbonatites and mafic rocks (SHRIMP II and Rb–Sr dating) from the Oshurkovskoe apatite-bearing pluton (western Transbaikalia) // Russian Geology and Geophysics. 2011. V. 52. No. 5. pp. 517–525.

Ripp G.S., Doroshkevich A.G., Lastochkin E.I., Izbrodin I.A. Isotope and geochemical characteristics of rocks from the Oshurkovskoe apatite-bearing massif, Western Transbaikalia // Geochemistry International. 2014. V. 52. No. 4. pp. 271–286.

Ripp G.S., Izbrodin I.A., Lastochkin E.I., et al. *Oshurkovskiy bazitovyy pluton: khronologiya, izotopno-geokhimicheskiye i mineralogicheskiye osobennosti, usloviya obrazovaniya* [Oshurkovsky basic pluton: chronology, isotope-geochemical and mineralogical features, conditions of formation]. Novosibirsk. Academic publishing house "GEO", 2013. 163 p. In Russian

Smirnov F.L. *Geologiya apatitovykh mestorozhdeniy Sibiri* [Geology of apatite deposits of Siberia]. Novosibirsk: Nauka SB RAS, 1980. pp. 23–40. In Russian

Tyazhelov A.G. *Petrograficheskoye svoyeobraziye Oshurkovskogo apatitonosnogo massiva* [Petrographic originality of the Oshurkovsky apatite-bearing massif] // News of the Academy of Sciences of the USSR, geological series. No. 7. 1986. p. 47–55. In Russian

Tsarev D.I., Batueva A.A. *Differentsiatsiya komponentov bazitov pri granitizatsii (na primere Oshurkovskogo apatitovogo mestorozhdeniya, Zapadnoye Zabaykal'ye)* [Differentiation of the components of the basites during granitization (on the example of the Oshurkovsky apatite deposit, Western Transbaikalia)]. Novosibirsk: Academic publishing house "GEO", 2013. 135 p. In Russian

Shabashev V.Ya. *O formatsionnoy priinadlezhnosti Oshurkovskogo apatitonosnogo massiva* [On the formational affiliation of the Oshurkovsky apatite-bearing massif]. In collection: Industry of Mining – Chemical Raw Materials, Issue 6, Moscow: NIITEKHIM, 1977. pp. 1–3. In Russian

Yatsenko G.M. *Ob intruziyakh Oshurkovskogo tipa v tsentral'noy chasti Zapadnogo Zabaykal'ya* [About Oshurkovski type intrusions in central part of Western Transbaikalia] // Ore-bearing of geologic formations of Transbaikalia. Novosibirsk: Nauka, 1972. pp. 93–99. In Russian

Deines P. Stable isotope variation in carbonatites. Carbonatites – genesis and evolution. London: Unwin Hyman, 1989. pp. 301–359.

Dubinin A.V., Dubinins E.G., Detnidova T.P., Kokryatskaya N.M., Rinskaya-Korsakova M.N., Kosova S.A., Yakushev E.V. Stable isotope evidence for the bottom convective layer homogeneity in the Black Sea // Geochem. Transact. 2014. V. 15, No. 3.

Authors:

Shabashev Vladimir Ya., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Advisor, Agroeko LLC, Lyubertsy Moscow Region, Russia. E-mail: shabashev8842@mail.ru

Nikiforov Anatoliy V., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Laboratory of Rare Metal Magmatism, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: nikav@igem.ru; usn2007a@yandex.ru