

## Палеозойские щелочные интрузии в восточном обрамлении Сыдо-Ербинской впадины (геология и петрография)

© *О. Ю. Перфилова*<sup>1</sup>, *А. А. Воронцов*<sup>2</sup>, *Б. М. Лобастов*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Россия. E-mail: perfil57@mail.ru, lbm02@ya.ru

<sup>2</sup> Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: voront@igc.irk.ru

Рассмотрены особенности геологии и петрографии пород палеозойских щелочных интрузий юго-восточного горного обрамления Минусинского межгорного прогиба (Восточный Саян).

**Ключевые слова:** щелочные породы; фойяиты; нордмаркиты; щелочные сиениты; умереннощелочные граниты.; Сайбарский массив; Буровский массив; Высокогорский массив; Восточный Саян.

## The Paleozoic alkaline intrusions in the Eastern frame of the Sydo-Yerbinskaya depression (geology and petrography)

*O. Yu. Perfilova*<sup>1</sup>, *A. A. Vorontsov*<sup>2</sup>, *B. M. Lobastov*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: perfil57@mail.ru, lbm02@ya.ru

<sup>2</sup> Institute of Geochemistry A. P. Vinogradova, SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: voront@igc.irk.ru

In this work authors analysed the peculiarities of the Geology and petrography of the Paleozoic alkaline intrusions of the South-Eastern mountain framing of the Minusinsk intermountane trough (Eastern Sayan mountains).

**Keywords:** alkaline rocks; foyaites; nordmarkites; alkaline syenites; peralkalin microgranites; Saibarsky intrusion; Burovsky intrusion; Vysokogorsky intrusion; the Eastern Sayan mountains.

Щелочные палеозойские интрузии Восточного Саяна в восточном обрамлении Сыдо-Ербинской впадины (Сайбарский, Буровский, Высокогорский, Идринский, Адрихинский, Лутагский, массивы) почти 100 лет привлекают пристальное внимание многочисленных исследователей, среди которых были Я.С. Эдельштейн, Ю.А. Кузнецов, И.В. Лучицкий, Г.М. Саранчина, А.Э. Изох. Эти массивы входили в состав различных интрузивных комплексов: сайбарского, идринского и лутагского, с возрастом от раннего до среднего девона. В современных серийных легендах Госгеолкарт все они отнесены к сайбарскому комплексу, возраст петротипа которого — Сайбарского массива, определенный А.Э. Изохом, оказался равным  $457 \pm 10$  Ма (U-Pb, Zr), что соответствует позднему ордовику [1–4]. Вмещающими породами являются разнообразные по составу эффузивы и туфы раннекембрийского, поздеордовикско-раннесилурийского и раннедевонского возраста (часть из них может оказаться более молодыми породами, налегающими на размытую поверхность кровли интрузий), а также раннекембрийские известняки (интенсивно мраморизованные на контакте) и хлорит-серицитовые сланцы. Ряд исследователей указывает на наличие среди вмещающих пород более древних раннепалеозойских гранодиоритов [1, 3, 4].

В составе некоторых из вышеупомянутых массивов присутствуют своеобразные нефелиновые породы (по составу близкие к фойяитам), которые в середине прошлого века даже рассматривались как потенциальное сырье для производства глинозема [3, 4]. Но основной объем этих интрузий сложен призматически-зернистыми щелочными сиенитами (близкими по составу к тенсбергитам) и нордмаркитами. Образования завершающей фазы представлены сравнительно маломощными дайками кварцевых микросиенитов, граносиенитов и умеренно-щелочных микрогранитов, содержания кварца в которых достигают 25–30%.

Взаимоотношения между фойяитами и кварцсодержащими породами в составе интрузивных тел остаются остро дискуссионными в связи с недостаточной обнаженностью и пространственной разобщенностью этих петрографических разновидностей. Присутствие в тенсбергитах Сайбарского массива многочисленных небольших округлых шпиров (до 30 см в поперечнике) фойяитов, по структурно-текстурным особенностям и минеральному составу сходных с породами, слагающими сравнительно крупные площади (до нескольких сотен квадратных метров) в северо-восточной и южной частях этой интрузии, может свидетельствовать о несколько более раннем формировании нефелинсодержащих пород по сравнению с безнефелиновыми. Но иногда наблюдаются и постепенные переходы между фойяитами и тенсбергитами, а также между последними и нордмаркитами (кварцсодержащими щелочными сиенитами) [3, 4]. Изученные авторами массивы — Сайбарский, Буровский, Высокогорский и горы Косматой имеют различные размеры и форму в современном эрозионном срезе.

Петротип сайбарского комплекса в плане имеет вытянутые в субмеридиональном направлении очертания и занимает площадь около 40 км<sup>2</sup>. Вытянутый в субширотном направлении Буровский массив значительно крупнее (около 75 км<sup>2</sup>), хотя обнажен хуже Сайбарского. Сравнительно небольшие по площади Высокогорский массив и массив горы Косматой обнажены слабо [1, 3].

По данным петрографического изучения (поляризационный микроскоп Axioskop-40 Pol Carl Zeiss) по минеральному составу и текстурно-структурным особенностям породы из разных интрузий очень близки между собой, что хорошо согласуется с данными предыдущих исследователей [1 — 4].

Фойяиты состоят из калиево-натриевого полевого шпата, нефелина и эгирина или эгиринавгита, иногда присутствуют рибекит и арфведсонит [3, 4]. Содержания нефелина и щелочного пироксена варьируют в широких пределах (7–35%). Окраска богатых нефелином фойяитов — светло-серая, а обогащенных темноцветами — зеленовато-серая до темно-серой. Часто отмечается расслоенная текстура. Светлые прослои мощностью от нескольких сантиметров до 0,5 м чередуются с прослоями, относительно обогащенными темноцветами. Для последних характерны линейные текстуры, обусловленные закономерной субпараллельной ориентировкой кристаллов эгирина. Структуры пород различны в разных прослоях — от равномерно-мелкозернистых до отчетливо порфириовидных со среднезернистой структурой основной массы. Фенокристаллы представлены крупными (до 3–5 см) розовыми или розовато-серыми лейстами калиево-натриевого полевого шпата, идиоморфными выделениями нефелина, реже — крупными длиннопризматическими кристаллами почти черного щелочного пироксена и содалитом. Наблюдаются линзовидные тела пегматитов (размер выделений минералов до 5 см), мощностью до 0,8 м. Нефелин на поверхности фойяитов легко выщелачивается, в результате возникают многочисленные мелкие каверны. Содалит (нередко частично или полностью замещающий нефелин) ярко светится малиново-красным в ультрафиолетовом свете. При микроскопическом изучении установлено, что выделения пироксена обычно зональны. В их центре — эгиринавгит, плеохроирующий от светло-желтого до травяно-зеленого, а по периферии — более интенсивно окрашенный эгирин (C:Np=1–5°). Щелочные пироксены иногда замещаются рибекитом и арфведсонитом. Ортоклаз-пертит неравномерно (вплоть до образования полных псевдоморфоз) замещается альбитом. Нефелин неравномерно замещается содалитом, альбитом и цеолитами, в составе которых преобладает натролит, а также либнеритом.

Щелочные сиениты (тенсбергиты) состоят преимущественно из ортоклаз-пертита (интенсивно пелитизированного и в различной степени альбитизированного) и альбита (80–95%), а также щелочных пироксенов (преимущественно эгиринавгит) и амфиболов (рибекит и арфведсонит), по оптическим свойствам аналогичных наблюдавшимся в фойяитах. Суммарное содержание темноцветов 1–15%. Они в разной степени замещаются актинолитом, биотитом, эпидотом, хлоритом, альбитом, магнетитом, гематитом и гётитом, вплоть до образования полных псевдоморфоз). Структура средне- или крупнозернистая, часто отчетливо порфириовидная (размер фенокристаллов, представленных удлиненными лейстами калиево-натриевого полевого шпата, достигает 7–10 см). Очень характерна трахитоидная текстура, обусловленная субпараллельной ориентировкой лейст полевого шпата.

Нордмаркиты отличаются от щелочных сиенитов почти полным отсутствием (менее 1–2 %) темноцветных минералов, представленных рибекитом и полущелочной роговой обманкой, редко — эгиринавгитом, а также присутствием кварца (до 10%). Щелочной пироксен и амфиболы интенсивно замещаются эпидотом, биотитом и хлоритом, нередко в ассоциации с тонкодисперсным магнетитом, гематитом, лимонитом, альбитом и карбонатом.

Акцессорные минералы во всех вышеописанных породах представлены титанитом (часто образующим крупные футляровидные кристаллы), апатитом, цирконом, редко — монацитом. Рудные минералы — магнетит и титаномагнетит (обычно окружен тонкими оторочками лейкоксена).

Среди дайковых пород преобладают кварцевые микросиениты, микрограносиениты и умереннощелочные микрограниты. Для них характерны розовые, серовато-розовые или буровато-розовые окраски, обусловленные резким преобладанием в их составе ортоклаз-пертита (75–95%) и почти полное отсутствие темноцветных минералов. Темноцветы часто почти полностью разложены. Лишь изредка отмечаются мелкие реликты рибекита и эгиринавгита. Содержания кварца — от 7% в кварцевых микросиенитах до 30% в умеренно-щелочных микрогранитах. Сходные с дайковыми кварцсодержащие породы отмечены и в эндоконтактной (апикальной) зоне Сайбарского массива.

Фигуративные точки составов фойяитов и щелочных сиенитов на петрохимических диаграммах образуют практически непрерывные тренды. Содержания SiO<sub>2</sub> варьируют от 52 % в фойяитах до 66,4% в щелочных сиенитах. Суммарное содержание щелочей снижается в том же направлении от 14% до 9%, но возрастает относительная роль калия в составе щелочей. В умеренно-щелочных гранитах содержание SiO<sub>2</sub> более 68%. Отчетливый закономерный тренд наблюдается также в распределении вы-

сокозарядных катионов (Zr и Hf) и REE. Фойяиты и щелочные сиениты обогащены  $P_2O_5$  по сравнению с дайковыми породами.

Особенности петрографического состава пород Сайбарского, Буровского, Высокогорского массивов и массива горы Косматой, наряду с петрохимическими и геохимическими данными свидетельствуют о комагматичности всех вышеописанных пород. Образование обогащенных калием исходных расплавов происходило в условиях растяжения сравнительно мощной континентальной коры при участии мантийного плюма [1, 2]. Вероятно, исходный расплав возник в результате смешения мантийных и анатектических коровых расплавов. В результате дифференциации этого расплава в магматической камере во время становления интрузий (при преобладании механизмов кристаллизационной дифференциации) практически одновременно сформировались две серии пород — нефелинсодержащие и кварцсодержащие.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект 16-05-00181.*

#### *Литература*

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье издание). Лист N-46 (Абакан) Объяснительная записка / В. В. Беззубцев [и др.]. СПб: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2008. 391 с.
2. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии / Изох А. Э. [и др.] // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. В 2-х томах. Т.1. С. 106–108.
3. Лучицкий И. В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского прогиба. М.: АН ССР, 1960. 276 с.
4. Саранчина Г. М. Щелочные породы массива Сайбар (Западная Сибирь, Красноярский край) // Учёные записки ЛГУ, 1940. № 45. 26 с.

**Перфилова Ольга Юрьевна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры Института Горного дела, Сибирского федерального университета, г. Красноярск.