

Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Бородина Н.С. Гранитоидный магматизм северной части Магнитогорской мегазоны: петрогенезис, геохимическая и металлогеническая эволюция (Ац, Мо, W и др.) // Вестник Уральского отделения РМО. 2009. № 6. С. 3–29.

Morimoto N. Nomenclature of pyroxenes // Mineralogy and Petrology. 1988. Vol. 39. P. 55–76.

Petrík I., Broska I., Lipka J., Šiman P. Granitoid allanite-(Ce) substitution relations, redox conditions and REE distributions (on an example of I-type granitoids, Western Carpathians, Slovakia) // Geologica Carpathica. 1995. Vol. 46. P. 79–94.

А.Б. Немов, Е.В. Медведева

*Южно-Уральский федеральный научный центр
минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс, Россия
ya.andrew808@yandex.ru*

Тектониты апосиенитовой пластины Центральной щелочной полосы Ильмено-Вишневогорского полиметаморфического комплекса, Южный Урал

А.В. Nemov, E.V. Medvedeva

*South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS,
Miass, Russia*

Tectonites of an after-syenite sheet of Central alkaline band of the Imeny-Vishnevogorsky polymetamorphic complex, South Urals

Abstract. The work presents the results of studies of tectonites from an after-syenite tectonic sheet from the Central alkaline band of the Imeny-Vishnevogorsky polymetamorphic complex, South Urals. The varying composition of mineral assemblages of tectonites indicates the replacement of high-temperature by low-temperature assemblages. The replacement processes in minerals and geochemical features of rocks indicate the redistributions of elements in rocks under continental crustal conditions with the change in regimes silicic-alkaline metasomatism.

Введение. Ильмено-Вишневогорский полиметаморфический комплекс (ИВПК) на Южном Урале широко известен в мире богатством минерального разнообразия, которое, прежде всего, связано с породами щелочно-карбонатитовой ассоциации с миаскитовыми массивами (Ильменогорским и Вишневогорским) и породами Центральной щелочной полосы (ЦЩП), где выделяют щелочные метасоматиты, автохтонные миаскиты и сиениты, меланократовые карбонатно-силикатные породы и карбонатиты [Левин и др., 1997]. В пределах Ильменогорского массива в вертикальном разрезе выделяют подинтрузивный, интрузивный и надинтрузивный субкомплексы. Породы ЦЩП расположены в зоне максимального давления Уфимского субширотного выступа. Существуют представления о том, что оба миаскитовых массива слагали единое тело, которое при коллизионных процессах было разьединено и растянуто в осевой части ИВПК. В районе ЦЩП проявлено чешуйчато-блоковое строение, обусловленное широким развитием преимущественно субширотных меридиональных разрывных нарушений [Юрецкий и др., 1982; Баженов и др., 1992; Петров и др., 2015], наиболее крупные из которых (с запада на восток) – Селянкинско-Вишневогорский и Таткульский. Исследование вещественного состава пород и их структурно-текстурных особенностей позволило установить присутствие меридионально вытянутых пластин, сложенных породами, испытывавшими динамометаморфизм. По вещественному составу выделяются апосиенитовая, апогнейсовая, гранодиоритовая и другие пластины. Цель данной работы – определение сте-

пени динамометаморфических процессов в апосиенитовой пластине ЦЩП и изучение геохимических особенностей пород. Работа основана на материалах, отобранных авторами за период 2014–2018 гг.

Геологическое положение. Породы апосиенитовой пластины (аз. пад. 110–100° / ∠ 80–75°) вскрыты субширотной дорожной врезкой длиной 230 м. Западная часть пластины сложена апомиаскитовыми, а восточная – апосиенитовыми милонитами. Породы имеют светло-серый цвет, грубо- и тонкоплитчатую отдельность. В апомиаскитовой части пластины вдоль плоскости отдельности расположены тонкие (от 1 до 5 см) пропластки черных тонкозернистых биотит-нефелин-полевошпатовых пород, а в апосиенитовой части отмечаются будины (10–50 см) метамафитов.

Структурно-текстурные особенности. Структуры светло-серых апосиенитовых пород характерны для протомилонитов, реже, милонитов. Протомилониты имеют средне-крупнозернистую, а милониты – мелкозернистую структуру матрикса, среди которой расположены σ -порфиорокласты [Passchier, Trouw, 1996] калиевого полевого шпата, амфибола и нефелина (для апомиаскитовых протомилонитов). Матрикс сложен рекристаллизованным агрегатом альбита, калиевого полевого шпата, биотита и нефелина (для апомиаскитовых протомилонитов). Минеральный состав апомиаскитовых (апосиенитовых) протомилонитов (об. %): К-Na-полевой шпат – 40–45, нефелин – 25–30, альбит – 20–30, биотит – 10–20, кварц – 15–20, амфибол – 5–15. Акцессорные минералы: апатит, титанит, циркон, алланит, пироклор, ильменит, магнетит, минералы РЗЭ – 2–3.

Биотит-нефелин-полевошпатовые пропластки среди апомиаскитовых протомилонитов имеют тонкозернистый альбит-биотитовый матрикс, в котором расположены округлые порфиорокласты калиевого полевого шпата и нефелина. Текстура матрикса плоскопараллельная, микрополосчатая со следами течения [Дашкова, Полеховский, 1997]. По текстурно-структурным особенностям они соответствуют милонит-ультрамилонитам. Минеральный состав (об. %): К-Na-полевой шпат 30–40, альбит 15–30, биотит 20–30, нефелин 5–10. Акцессорные минералы: апатит и титанит >5–8, циркон, алланит, пироклор, ильменит, магнетит, минералы РЗЭ – 8–10.

Будины метамафитов среди апосиенитовых протомилонитов характеризуются мелко-среднезернистой структурой с линзовидными порфиробластами граната, которые окружены оторочкой плагиоклаз-амфиболового агрегата. Под микроскопом в них отмечается гранобластовая, немаготетерогранобластовая, а в краевой части лепидогетерогранобластовая структуры. Текстура изменяется от массивной в центре до полосчатой в краевой части будины. Минеральный состав (центр (край) (об. %)): амфибол 30–45 (15–25), плагиоклаз 25–30 (10–20), К-Na-полевой шпат 10–15 (20–30), скаполит 0–30 (0–10), кварц – 0–5 (10–20), гранат 5–15 (0–5), пироксен 0–15, биотит 0–5 (5–10). Акцессорные минералы: апатит, титанит, циркон, алланит, пироклор, ильменит, магнетит, минералы РЗЭ – 3–5.

Петрогеохимические особенности пород. Химический состав метамафитов в апосиенитовых протомилонитах в центральной части будин соответствует габбродиоритам нормального и умеренно-щелочного ряда, а в краевой – монцонитам. Биотит-нефелин-полевошпатовые милонит-ультрамилониты из апомиаскитовых протомилонитов соответствуют полевошпатовым ийолитам. В ряду милонит-ультрамилониты → апомиаскитовые протомилониты и будины метамафитов → апосиенитовые протомилониты увеличиваются содержания К, Na, Si и Al и уменьшаются – Ti, Fe, Mn, Mg, Ca и P. В породах матрикса апомиаскитового и апосиенитового составов ЛРЗЭ преобладают над ТРЗЭ (рис. а), что характерно для континентальной коры. Высокие концентрации РЗЭ зафиксированы для биотит-нефелин-полевошпатовых милонит-ультрамилонитов ($\Sigma\text{РЗЭ} = 1260$ г/т) и пород из будин метамафитов ($\Sigma\text{РЗЭ} = 810$ г/т) [Немов, Медведева; 2023].

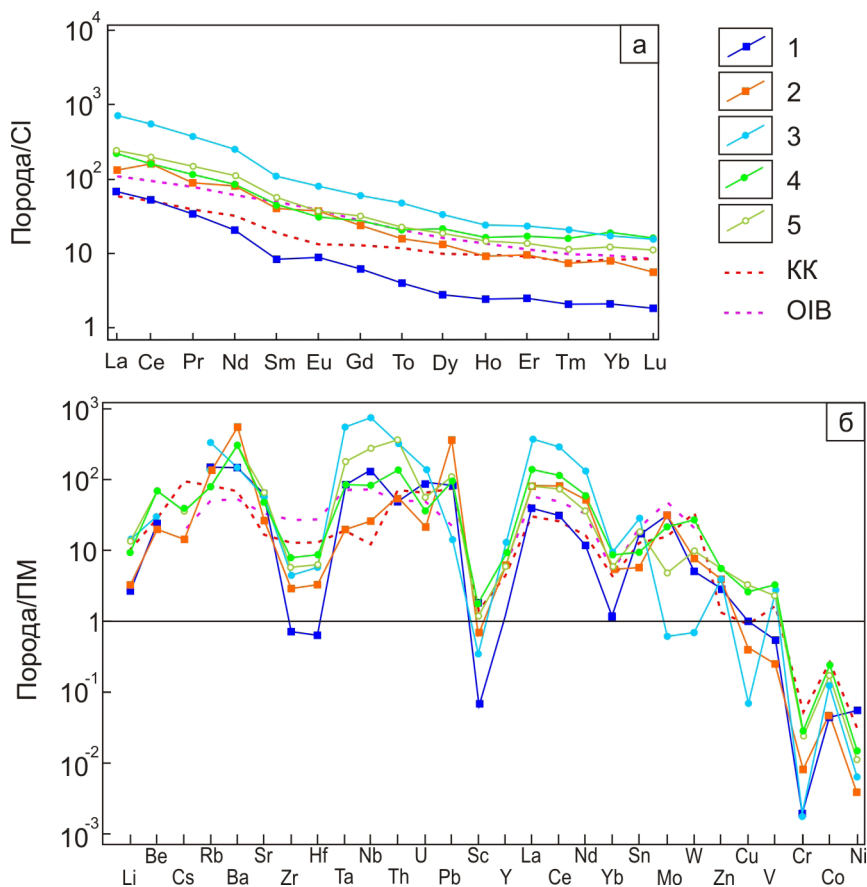


Рис. Распределение содержаний РЗЭ (а) и элементов-примесей (б) в тектонитах Центральной щелочной полосы Ильмено-Вишневогорского полиметаморфического комплекса, нормированных к углистому хондриту (CI) (а) и примитивной мантии (ПМ) (б), по [McDonough, Sun, 1995].

Протомилониты: 1 – апомиаскитовые; 2 – апопсиенитовые. 3 – биотит-нефелин-полевошпатовый милонит-ультрамилонит. Породы будин мафитового состава: 4 – центр тела; 5 – край тела. Пунктирные линии: красная – средние содержания континентальной коры (KK, [Rudnick, Gao, 2003]); пурпурная – базальты океанических островов (OIB, [McDonough, Sun, 1995]).

Для пород апопсиенитовых протомилонитов (рис. б) характерны высокие содержания крупно-ионных литофильных (Ba), высокочargedных (Zr, Hf, Pb) и редких (REE, Sc) элементов и Cr, а для апомиаскитовых протомилонитов – высокочargedных (Ta, Nb, U, Sn) и транзитных (Cu, V, Ni) элементов. От метамафитов к апопсиенитовому протомилонитовому матриксу и от биотит-нефелин-полевошпатовых милонит-ультрамилонитов к апомиаскитовому протомилонитовому матриксу увеличиваются содержания крупно-ионных литофильных (Rb, Ba, Sr) и высокочargedных (Pb, Mo, W) элементов и снижаются – крупно-ионных литофильных (Li, Be, Cs), высокочargedных (Ta, Nb, Th, U, Zr, Hf), транзитных (Cu, V, Cr, Co, Ni) и редких (REE, Sc) элементов. Близкие содержания транзитных (Cu, V, Cr, Co, Ni) элементов и Sc в меланократовых породах свидетельствуют о едином протолите для этих пород.

Минералогические особенности. В минералах из протомилонитов, а также из метамафитов и биотит-нефелин-полевошпатовых милонит-ультрамилонитов широко проявлены процессы замещения.

В метамафитах клиноферросилит замещается диопсидом, в краевой части тела диопсид замещается феррочермакитом и паргаситом, в апосиенитовом протомилонитовом матриксе кальциевые амфиболы замещаются слюдой флогопит-аннитового ряда. Состав плагиоклаза изменяется от An_{27-33} до An_{14-20} , иногда замещается скаполитом. В краевой части тела появляются калиевый полевой шпат, кварц, а в матриксе апомиаскитовых протомилонитов плагиоклаз замещается альбитом. Гранат представлен мелкими округлыми идиобластами гроссуляр-альмандинового ряда, которые оторочены агрегатом олигоклаза и феррочермакита.

Акцессорные минералы представлены фторапатитом, титанитом и алланитом-Се. Во фторапатите и титаните отмечены $\Sigma P3Э$ до 1.3 мас. %. В алланите-Се от центра к краю зерен отмечается рост $\Sigma P3Э$ (от 10 до 25 мас. %), Ti, Fe^{II}, Mn и уменьшение Al и Ca.

В биотит-нефелин-полевошпатовых милонит-ультрамилонитах при переходе к апомиаскитовым протомилонитам возрастает доля нефелина, слюда становится более железистой (f от 0.6 до 0.8) и глиноземистой (al' от 0.3 до 0.4). Калиевый полевой шпат замещается альбитом. В составе фторапатита от центра к краю зерна зафиксирован рост $\Sigma P3Э$ (от 1.5 до 3.5 мас. %). В титаните от центра к краю зерна отмечается снижение $\Sigma P3Э$ (от 1.3 до 0.0 мас. %), Fe, Ti, при незначительном увеличении – Ca, Al и F. В алланите-Се зафиксированы высокие $\Sigma P3Э$ (26–27 мас. %). В апомиаскитовом протомилонитовом матриксе и биотит-нефелин-полевошпатовом милонит-ультрамилоните обнаружены пирохлор, бастнезит, эшинит, монацит богатые P3Э ($\Sigma P3Э$ от 6 до 60 мас. %). По титаниту и алланиту часто развивается мелкозернистый агрегат бастнезита, а по апатиту – монацита [Немов, Медведева, 2023].

Выводы. Породы апосиенитовой пластины ЦЩП являются тектонитами. Породы апосиенитового и апомиаскитового матрикса имеют текстурно-структурные характеристики протомилонитов. Биотит-нефелин-полевошпатовые породы в апомиаскитовом матриксе соответствуют милонит-ультрамилонитам. Мафитовые породы среди апосиенитового матрикса соответствуют бластомилонитам. Изменения состава минеральных ассоциаций и минералов в ряду от метамафитов к апосиенитовым протомилонитам указывают на смену высокотемпературных минеральных ассоциаций низкотемпературными. Петрогеохимические характеристики пород свидетельствуют о том, что несмотря на отличия в минеральном и химическом составе биотит-нефелин-полевошпатовые милонит-ультрамилониты и будины метамафитов, вероятно, имеют единый протолит. На это указывают концентрации транзитных (V, Cr, Co, Ni, Sc) элементов в этих породах. Процессы замещения в минералах характеризуют процессы перераспределения элементов в породах в коровых условиях, при которых кремнекислый метасоматоз (увеличение содержаний Si и Al) сменяется щелочным (увеличение содержаний K, Na, Rb, Ba, Sr, Nb, Ta и др.).

Литература

Баженов А.Г., Белогуб Е.В., Ленных В.И., Рассказова А.Д. Уфимская широтная структура Урала. Путеводитель экскурсий. Миасс: ИМин УрО РАН, 1992. 89 с.

Дашкова А.Д., Полеховский Ю.С. Атлас структур и текстур тектонитов в зонах разломов докембрийских щитов. СПб: СПбГУ, 1997. 64 с.

Левин В.Я., Роненсон Б.М., Самков В.С. и др. Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. Екатеринбург, 1997. 244 с.

Немов А.Б., Медведева Е.В. Тектониты Ильмено-Вишневогорской зоны сдвига (Южный Урал, Россия). Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии // Мат. XXXIV Молодежной науч. школы-конф., посвящ. памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. РАН Ф.П. Митрофанова. СПб: Свое издательство, 2023. С. 146–149.

Петров В.И., Шалагинов А.Э., Пунегов Б.Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Изд. 2. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-VII. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015.

Юрецкий В.Н., Петров В.И., Кузнецов Г.Г. и др. Отчет ильменогорского геологосъемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1:50000 Ильменогорской площади в Каслинском и Аргаяшском районах, территориях г.г. Кыштым, Карабаш, Миасс, Чебаркуль Челябинской области за 1976–1982 гг. Фонды ИГЗ, 1982, ПГО «Уралгеология», ЧГРЭ.

McDonough W.F., Sun S.S. The composition of the Earth // *Chemical Geology*. 1995. Vol. 120. № 3–4. P. 223–253.

Passchier C.W., Trouw R.A.J. *Microtectonics*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1996. 308 pp.

Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // *Treatise on Geochemistry – 3. The Crust*. Elsevier, 2003. P. 1–64.

Н.А. Антонишин

*Институт геологии и геохимии
им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
n.antonishin@yandex.ru*

**Геохимические особенности гранитоидов Южно-Сарышаганской интрузии
(Западное Прибалхашье, Республика Казахстан)
как инструмент для оценки типа субстрата
(научный руководитель – к.г.-м.н. Г.Ю. Шардакова)**

N.A. Antonishin

*Zavaritsky Institute of Geology and
Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia*

**Geochemical features of granitoids of the South Saryshagan intrusion (Western
Balkhash region, Kazakhstan) as a tool for evaluating of the substrate type**

Abstract. The object of the study, plagiogranitoids of the South Sary Shagan intrusion (Central Kazakhstan), is located within a heterogeneous accretion zone of the Early–Middle Paleozoic age. The analysis of petrogeochemical features indicates their subduction-related genesis and mixed (mantle-crustal) type of the source, which is typical of granitoids productive for porphyry Cu mineralization.

Объектом этой работы являются граниты Южно-Сарышаганской интрузии (ЮСИ) (Республика Казахстан), потенциально продуктивные на медно-порфировое оруденение. Цель исследования – уточнение геодинамического режима формирования интрузии и оценка возможного состава субстрата для выплавления гранитов ЮСИ. Задачей работы было изучение минералого-петрографических особенностей пород ЮСИ и их химического состава. Тип субстрата также оценен с использованием ключевых геохимических диаграмм. Для работы использован каменный материал, данные по полевой документации, полученные во время двух производственных практик на месторождении, материалы геологических отчетов 1957–1984 гг., а также хозяйственных работ, проведенных в 2020–2023 гг. Анализы на петрогенные (РФА) и редкие элементы (ИСП-МС) проводились в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург). Изучался керн, отобранный с разных глубин из двух скважин (до 300 м), пробуренных в ЮЗ части интрузии.

ЮСИ располагается в Западном Прибалхашье, в 12 км к ЮЗ от пос. Сарышаган и в 2 км к югу от крупного Сарышаганского массива, который вмещает одноименное Cu-порфировое