

**ОБРАЗОВАНИЕ КИАНИТОВЫХ ГНЕЙСОВ
ПРИ АЛЛОХИМИЧЕСКОМ СТРЕСС-МЕТАМОРФИЗМЕ
(БЕЛОМОРСКИЙ КОМПЛЕКС ПОРОД БАЛТИЙСКОГО ЩИТА)**

Ручьев А.М.

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, ruchyov@krc.karelia.ru

Западное Беломорье – один из районов проявления высокобарического регионального метаморфизма, причины которого не вполне изучены. Особенности метаморфизма кианитового типа (термин «метаморфизм» употребляется в широком смысле для обозначения эндогенного преобразования пород в твердом состоянии) рассматриваются на примере гнейсов чупинской свиты. Их разновидности, классифицируемые на основе физико-химических представлений о минеральном парагенезисе и естественной минеральной фации, – продукты полиэтапного архей-протерозойского (2,9-1,75 млрд лет назад) эндогенного изменения граувакк однородного протолита [2, 3]. Объект обсуждения – неоархейские кианитовые гнейсы и служившие исходным веществом при их образовании наиболее древние гранат-биотитовые плагиогнейсы.

I тектоно-метаморфический этап. Формирование ныне реликтового гнейса-1 с минеральным парагенезисом $9,96\text{Grt}_{72\pm 10}^{26\pm 10} + 20,40\text{Bt}_{37\pm 4} + 34,32\text{Pl} + 34,32\text{Qtz} \pm \text{Gr} + 0,98$ рудный (Bt – биотит, Grt – гранат, Qtz – кварц, Ky – кианит, Kfs – калиевый полевой шпат, Pl – плагиоклаз, Gr – графит; цифры перед символами – среднее содержание, объемные %; индексы после символов: подстрочные – средний коэффициент общей железистости и его стандартное отклонение, надстрочные – средняя доля пиропового минала в гранате и ее стандартное отклонение), образующимся при снижении температуры (t_1) от 645 до 480°C и давления (P_1) от 8,2-8,0 до 7,5 кбар, согласно принятой схеме классификации [1], в диапазоне tP-условий перехода от низкотемпературной области кианит-биотит-ортоклазовой к кианит-биотит-мусковитовой и ставролитовой метаморфической фации.

II тектоно-метаморфический этап. Наиболее значительное по региональному проявлению и объему переработанного материала преобразование гнейса-1 в бластомилонитовый гнейс-2 парагенезисом $2,54\text{Ky} + 10,51\text{Grt}_{70\pm 4}^{30\pm 9} + 24,02\text{Bt}_{38\pm 4} \pm \text{Kfs} + 26,49\text{Pl} + 35,82\text{Qtz} \pm \text{Gr}$ + рудный в tP-условиях кианит-биотит-ортоклазовой метаморфической фации (усредненные значения: $t_2 = 705^\circ\text{C}$, $P_2 = 9,4$ кбар).

Трансформация гнейса-1 в гнейс-2 имела аллохимический (основной с отчетливо повышенным потенциалом калия) характер. Оценка изменения усредненного химического состава пород с учетом объемных эффектов свидетельствует о привносе, мас.% к содержанию компонентов в гнейсе-1: TiO_2 – 6,55; Al_2O_3 – 18,69; FeO – 21,81; MnO – 14,56; MgO – 30,55; K_2O – 42,53; H_2O – 12,74; Li_2O – 53,86; Rb_2O – 63,48; Cs_2O – 215,31; BaO – 43,89; V_2O_5 – 39,07; Cr_2O_3 – 37,49; CoO – 11,52; NiO – 15,30; CuO – 4,68; ZnO – 33,06 и о выносе: SiO_2 – 2,05; Fe_2O_3 – 14,12; CaO – 23,74; Na_2O – 9,82; SrO – 16,87. Судя по особенностям гнейсов-1 и -2, столь значительные изменения возможны лишь при флюидном массопереносе. На восстановленный характер флюида указывают: обогащение гнейса-2 графитом; уменьшение Fe^{3+} при росте содержания Fe^{2+} ; возникновение отрицательных европиевых аномалий в спектрах лантаноидов, характеризующих породу в целом; наличие в гнейсе-2 самородных железа, никеля, цинкистой меди, оловянистого свинца, серебра и других металлов. Специфика преобразований вещества позволяет ставить вопрос об астеносферном (мантийном) источнике флюидов.

Минеральный парагенезис гнейса-2 контролируется системой дискретных субравномерно распределенных в породах чупинской толщи сдвиговых плоскостей и зон сланцеватости, наложенных на гнейс-1 и на интрузивные тела гранитоидов. Подобное объемное развитие деформации реализуется при дифференцированном напряжении в условиях квазипластического поведения пород, которое могло быть обусловлено соответствующими фоновым тепловым потоком и (или) литостатическим давлением. Последние, однако, не были определяющими факторами метаморфизма, о чем свидетельствует хорошая сохранность многочисленных реликтов гнейса-1 в гнейсе-2, а также близость палеогеотермических градиентов I и II эндогенных этапов (24 и 25°C/км соответственно). Статистический геометрический анализ пространственной ориентировки плос-

костей бластомилонитовой сланцеватости, маркируемых сингенетичным минеральным парагенезисом гнейса-2, показывает, что в тектонофизическом аспекте они являются структурными элементами многочисленных сдвиговых парагенезисов [3]. На каждом из обследованных участков развития гнейса-2 выявлено несколько десятков (до семидесяти-восемидесяти) таких структурных парагенезисов, отвечающих самостоятельным эпизодам «разрядки» девиаторных напряжений и деформации. Сложная «пульсационная» зональность граната гнейса-2, отражает циклическое изменение tP -параметров от «фоновых», характерных для гнейса-1, до экстремальных, свойственных гнейсу-2. Следовательно, прогрессивный метаморфизм гнейсов стимулировался сдвиговой деформацией, обусловившей многократную деструкцию пород, локальное изменение температуры и давления, возможность флюидного энерго- и массопереноса.

Природные особенности гнейса-2 явно не «укладываются» в классификационные рамки, установленные действующим «Петрографическим кодексом». Учитывая роль и специфику деформационного процесса в генезисе гнейса-2, его следует рассматривать как продукт аллохимического стресс-метаморфизма – проявления физических и химических эффектов релаксации девиаторных напряжений в горных породах. Именно эти проявления инициируют, определяют возможность петрогенеза: они уже сами по себе являются существенными факторами минералообразования [5 и др.], они же создают условия для функционирования флюидного потока и метасоматического изменения состава минералов. Метасоматоз в таких обстоятельствах является одним из многих действенных механизмов метаморфизма горных пород.

Свойственная беломоридам на всех этапах их эндогенного преобразования реализация тектонической деформации в доминирующей форме сдвиговых дислокаций [3, 4], а также характер обусловленных ею процессов петрогенеза, позволяют говорить об аллохимическом стресс-метаморфизме, как о наиболее существенной особенности развития беломорского комплекса пород, выделяющей его среди прочих образований Балтийского щита.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кориковский С. П.* Фации метаморфизма метапелитов. М., Наука, 1979. 263 с.
2. *Ручьев А. М.* О протолите северокарельских гнейсов чупинской свиты беломорского комплекса. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 2. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 12-25.
3. *Ручьев А. М.* Аллохимический стресс-метаморфизм пород беломорского комплекса Балтийского щита. // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М. В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Материалы докладов Всероссийской конференции – в 2-х томах. Т.2. М.: ИФЗ. 2009. С. 142-147.
4. *Ручьев А. М.* Структурные особенности сдвиговых дислокаций, контролирующих благороднометалльную минерализацию и пегматитогенез в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс пород Балтийского щита) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 12. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 65-87.
5. *Чиков Б. М.* Об основах теоретической концепции стресс-метаморфизма (применительно к линиamentным зонам земной коры) // Структура линиamentных зон стресс-метаморфизма. Новосибирск, 1990. С. 6-31.