

Н.А. Пуляев

СВФУ им. М.К. Аммосова. г. Якутск, Россия

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И МЕТАМОРФИЗМ ПОРОД ЧАРО-ТОККИНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье приводится материал по геологическому строению, структурам, тектонической позиции и метаморфизму горных пород, развитых в пределах Чаро-Токкинского железорудного района, выявленного в западной части Алдано-Станового щита. Большинство исследователей сходятся на том, что Чаро-Токкинский железорудный район приурочен к троговому прогибу, образовавшемуся на месте одной из долгоживущих глубинных зон разломов меридионального простирания. Эта зона получила различные названия (Дербегеляхская, Чаро-Ималыкская, Тарынахская и др.). В настоящее время зону разломов, так и троговый прогиб называют Чаро-Токкинским, по названию железорудного района. Предполагается, что южнее к продолжению этого трогового прогиба приурочены железорудные месторождения Чарской группы (Сулуматское, Нижне-Сакуканское).

О характере и условиях метаморфизма можно судить по минеральным ассоциациям некоторых пород осадочного продуктивного комплекса, таким, как метапелиты или железистые кварциты. Отмечается, что особенно важны для этого метапелиты, представленные гнейсами и слюдястыми сланцами с высокоглиноземистыми минералами. На основе их характерных минеральных ассоциаций в Чаро-Токкинском железорудном районе выделено три температурные фации: ставролитовая, биотит-мусковитовых гнейсов и ортоклаз-биотит-силлиманитовая.

Внутренняя структура Чаро-Токкинского железорудного поля в достаточной мере не изучена и крайне дискуссионная. Границы метаморфических зон в основном параллельны общему простиранию структур и лишь в редких случаях пересекают полосы продуктивных осадочных пачек.

После температурного максимума прогрессивного метаморфизма и прошедшей гранитизации, начался значительный по времени период остывания прогретой и местами пропитанной послойными инъекциями мигматитов и телами гранитов борсалинской толщи. Постепенное охлаждение сопровождалось регрессивным метаморфизмом с образованием низкотемпературных минералов за счет более высокотемпературных.

Считается, что железистые кварциты западной части Алдано-Станового щита входят в состав осадочно-вулканогенных комплексов пород, заполняющих шовные прогибы или трог, приуроченные к долгоживущим глубинным зонам разломов. Процессы регрессивного метаморфизма наиболее интенсивно проявились в тектонических зонах. Характер процессов зависит от состава вмещающих пород. Регрессивные явления сплошной хлоритизации и эпидотизации связаны с местным перемещением компонентов, главным образом кальция.

Ключевые слова: Чаро-Токкинский железорудный район, троговые комплексы, метаморфизм, фации метаморфизма, прогрессивный и регрессивный метаморфизм, вторичные изменения горных пород.

N. A. Puliaev

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

TECTONIC POSITION AND METAMORPHISM OF ROCKS IN THE CHARA-TOKKO IRON ORE REGION

Abstract. The article provides the material on the geological structure, structures, tectonic position and metamorphism of rocks developed within the Chara-Tokko iron ore region, identified in the western part of the Aldan-Stanovoy shield. Most researchers agree that the Chara-Tokko iron ore region is confined to a trough that

formed on the site of one of the long-lived deep fault zones of meridional strike. This zone received various names (Derbegelakhskaya, Charo-Imalykskaya, Tarynakhska, etc.). Currently, the fault zone and the trough are called Chara-Tokko after the name of the iron ore region. It is assumed that to the south, the iron ore deposits of the Chara group (Sulumatskoye, Nizhne-Sakukanskoye) are confined to the continuation of this trough. The nature and conditions of metamorphism can be judged by the mineral associations of some rocks of the sedimentary productive complex, such as metapelites or ferruginous quartzites. It is noted that metapelites, now represented by gneisses and mica schists with high-alumina minerals, are especially important for this. Based on their characteristic mineral associations, three temperature facies were identified in the Chara-Tokko iron ore region: staurolite, biotite-muscovite gneiss and orthoclase-biotite-sillimanite. The internal structure of the Chara-Tokko iron ore field were not sufficiently studied and is extremely controversial. The boundaries of metamorphic zones are mainly parallel to the general strike of the structures and only in rare cases intersect the stripes of productive sedimentary units. After the temperature maximum of progressive metamorphism and past granitization, a significant period of cooling began, which was heated and in some places impregnated with layer-by-layer injections of migmatites and bodies of granites of the Borsala sequence. Gradual cooling was accompanied by regressive metamorphism with the formation of low-temperature minerals at the expense of higher-temperature ones. It is believed that ferruginous quartzites of the western part of the Aldan-Stanovoi shield are part of sedimentary-volcanogenic rock complexes that fill suture troughs or troughs confined to long-lived deep fault zones. The processes of regressive metamorphism manifested themselves most intensively in tectonic zones. The nature of the processes depends on the composition of the host rocks. The regressive phenomena of continuous chloritization and epidotization are associated with the local movement of components, mainly calcium.

Keywords: Chara-Tokko iron ore region, trough complexes, metamorphism, metamorphic facies, progressive and regressive metamorphism, secondary changes in rocks.

Введение

Узкие синклиновые зоны сложноскладчатых осадочно-вулканогенных пород, залегающих между жесткими глыбами в древних платформах, известны как зеленокаменные пояса. К таким зонам часто приурочены месторождения железистых кварцитов. Предполагается, что эти узкие синклинали возникают на месте долгоживущих глубинных зон разломов и являются шовными прогибами или троговыми структурами. В пределах Алдано-Станового щита (АСЩ) троговые структуры отмечаются многими авторами.

Е. П. Миронюк и другие [1] считают, что образование троговых структур знаменует собой самостоятельную предплатформенную фазу геотектонического развития. Характерной особенностью этих структур является накопление пород вулканогенно-кремнисто-железистой формации. Заполняющие троговые структуры толщи на западе АСЩ многими авторами выделяются как борсалинская серия, которую относят к верхнему архею. Протяженные рифтоподобные прогибы, тяготеющие к зонам глубинных разломов, наложены с несогласием на складчатые структуры олекминской и более древних серий архея. Меридиональное направление троговых структур на севере западной части щита сменяется субширотным на юге.

Породы борсалинской серии метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций и прорваны гранитоидами чародаканского комплекса.

В работах Е. В. Павловского, А. М. Лейтеса, В. С. Федоровского для района хребтов Кодар и Удокан породы, заполняющие троговые структуры, относятся к троговому комплексу. По данным этих авторов, отложения трогового комплекса принадлежат нижнему протерозою и составляют основание горизонтально лежащей удоканской серии пород. Верхняя часть разреза трогового комплекса хорошо сопоставляется с нижней частью разреза удоканской серии. Троговой комплекс испытывает тот же метаморфизм и рвется теми же гранитами, что и породы удоканской серии (чуйско-кодарскими, по Е. П. Миронюку [1]).

По-видимому, речь идет об одном и том же комплексе пород, характерными членами которого являются амфиболиты и железистые кварциты. Разногласия сводятся к различному тол-

кованию временного положения этих пород (верхнеархейские или нижнепротерозойские) и их соотношения с нижнепротерозойской удоканской серией (значительный перерыв и несогласие или отсутствие перерыва). Незначительное количество определений возраста надежными методами не позволяет сделать однозначный вывод. Не исключено, что в западной части АСЦ существуют троговые структуры двух (или более) возрастов, и со всеми этими структурами связано накопление вулканогенных пород и железисто-кремнистых осадков. На других щитах тоже известны разновозрастные однотипные структуры. Во всяком случае, эти вопросы нуждаются в дополнительном изучении.

Тектоническая позиция и геологическое строение Чаро-Токкинского железорудного района

Большинство исследователей сходятся на том, что Чаро-Токкинский железорудный район приурочен к троговому прогибу, образовавшемуся на месте одной из долгоживущих глубинных зон разломов меридионального простирания. Эта зона получила различные названия (Дербегеляхская, Чаро-Ималыкская, Тарынахская и др.). В настоящее время как зону разломов, так и троговый прогиб называют по названию железорудного района Чаро-Токкинским [2].

Прогиб, к которому приурочено железорудное поле, протягивается в междуречьи Чары и Токко на расстояние более 60 км. На севере он уходит под платформенные отложения верхнего протерозоя и кембрия, а на юге характер его окончания неясен из-за сильной гранитизации. Предполагается, что южнее к продолжению этого прогиба приурочены железорудные месторождения Чарской группы (Сулуматское, Нижне-Сакуканское).

Чаро-Токкинский прогиб заполнен образованиями борсалинской серии, представленными метаморфизованными вулканогенными и осадочными породами. На карте он выражен меридиональной полосой шириной 8-12 км. От более древней олекминской серии эта полоса отделена тектоническими зонами либо телами гранитоидов. Судя по повсеместно наблюдаемым крутым залеганиям пород (углы 70-90°) и интенсивной складчатости, первоначальный бассейн был значительно (в 2-3 раза) шире.

Чаро-Токкинская зона разломов возникла в позднем архее (или раннем протерозое) [2]. Вдоль разломов зоны происходило опускание, сопровождающееся излиянием основных и в меньшей степени кислых эффузивов и отложением терригенных и химических осадков. Движения по продольным разломам продолжались и во время складчатости и воздымания. Они послужили путями внедрения ультраосновных интрузий, а позже способствовали развитию мигматизации и внедрению гранитоидов. В настоящее время отмечается широкое развитие в Чаро-Токкинском районе субмеридиональных продольных нарушений, по которым наблюдается перемещение блоков на десятки и сотни метров. Эти нарушения выражены развитием тектонитов (бластомилонитов и бластокатаклазитов), а частью заполнены гранитоидами.

Внутренняя структура Чаро-Токкинского железорудного поля в достаточной мере не изучена и крайне дискуссионна. Основная часть полосы борсалинской серии сложена биотитовыми и амфиболовыми среднезернистыми плагиогнейсами и амфиболитами. На этом фоне в виде сравнительно узких (до 330 м) полос протягиваются железоносные (или продуктивные) горизонты, имеющие многопластовое строение. На 50-70 % они состоят из пластов железистых кварцитов мощностью от 1 до 80 м, переслаивающихся с безрудными породами. Среди последних встречаются амфиболовые (главным образом куммингтонитовые) сланцы и кварциты, кварц-слюдистые сланцы, мелкозернистые биотитовые гнейсы (лептиты), сланцы и гнейсы с высокоглиноземистыми минералами. Продуктивные горизонты, резко отличающиеся от остальной толщи борсалинской серии, могли бы использоваться как маркирующие, однако до сих пор остается неясным, один это горизонт или несколько [3].

Все породы борсалинской серии подверглись интенсивной складчатости. Среди складок выделено несколько морфологических типов. Крупные складки, дешифрируемые на средне-масштабных картах, по-видимому, близки к изоклинальным с круто подающими крыльями.

В большинстве случаев продуктивные полосы взаимно параллельны, замыкания складок не прослежены. Данные, полученные путем бурения, чаще всего допускают несколько различных равновероятных толкований складчатого строения вскрытых толщ.

При продолжении изучения Чаро-Токкинского железорудного поля разведочными работами будут получены новые данные для расшифровки его внутреннего строения.

Проявления прогрессивного метаморфизма

О характере и условиях прогрессивного метаморфизма можно судить по минеральным ассоциациям некоторых пород осадочного продуктивного комплекса, таким, как метапелиты или железистые кварциты. Залегающие между продуктивными пачками монотонные среднезернистые плагиогнейсы или амфиболиты гораздо менее благоприятны в этом отношении. Особенно важны для этого метапелиты, представленные сейчас гнейсами и слюдистыми сланцами с высокоглиноземистыми минералами. На основе их характерных минеральных ассоциаций в Чаро-Токкинском железорудном районе выделено три температурные фации [4]. Их названия даны в соответствии с системой фаций метапелитов, предложенной С. П. Кориновским (в порядке повышения температуры): ставролитовая, биотит-мусковитовых гнейсов и ортоклаз-биотит-силлиманитовая. Зональность граната с обедненным марганцем внешними зонами, признаки замещения ставролита гранатом, свидетельствующие о сужении поля ставролита, и другие данные указывают на прогрессивный характер регионального метаморфизма [5]. Присутствие в некоторых слюдистых сланцах одновременно трех силикатов алюминия (андалузита, силлиманита и кианита) говорит об умеренных давлениях при метаморфизме, вероятно, приблизительно одинаковых для всего железорудного поля и близких к 4 кбар.

Ставролитовая фация характеризуется устойчивостью в метапелитах ставролита. Вместе с ним в недосыщенных калием породах встречаются кордиерит и гранат. Важно отметить также ассоциацию кордиерита с антофиллитом и магнезиальным куммингтонитом. Эти и другие парагенезисы метапелитов указывают на силлиманит-биотит-ставролитовую субфацию ставролитовой фации, температура которой оценивается в 530 °C [4].

Для железистых кварцитов, находящихся в этой же фации, характерна ассоциация высокожелезистого куммингтонита (грюнерита) с еще более железистым гранатом. В других железистых кварцитах можно отметить присутствие первичного гематита и местами прогрессивно-метаморфического талька.

Ставролитовая фация метапелитов приблизительно отвечает эпидот-амфиболитовой фации по традиционному делению фаций [4]. Определение температуры показало в большинстве случаев значение 530-570° C, что согласуется с приведенной выше оценкой [6].

Фация мусковит-биотитовых гнейсов отличается, неустойчивостью ставролита и устойчивостью мусковита. Изучение минеральных ассоциаций метапелитов здесь затруднено из-за сильного наложения процессов гранитизации. Для железистых кварцитов этой температурной фации типично широкое развитие нормальной глиноземистой роговой обманки вместо куммингтонита и актинолита, которые сохраняются лишь при недостатке глинозема в породах. Фация мусковит-биотитовых гнейсов соответствует низкотемпературной части амфиболитовой фации в традиционных системах фаций.

Силлиманит-биотит-ортоклазовая фация характеризуется присутствием в недосыщенных калием метапелитах гиперстена в ассоциации с относительно магнезиальным гранатом и кордиеритом. Железистые кварциты этой фации представлены гиперстеновыми и двупироксеновыми разновидностями, однако в них присутствуют и амфиболы: роговая обманка, жедрит и куммингтонит. Последний имеет железистость не выше 63 %; в более железистых породах встречается только гиперстен.

В традиционных системах фаций силлиманит-биотит-ортоклазовую фацию можно коррелировать с верхней частью амфиболитовой фации (силлиманит-ортоклазовая субфация). Условия гранулитовой фации в Чаро-Токкинском железорудном районе не достигались. На это указы-

вает повсеместное присутствие в железистых кварцитах куммингтонита, недостаточно магнетитовый состав граната и отсутствие гиперстена в ассоциации с калиевым полевым шпатом.

Температурная зональность прогрессивного метаморфизма

В Чаро-Токкинском железорудном поле зональность определяется распространением в его пределах трех выделенных метаморфических фаций [4]. Установлено, что самая низкотемпературная ставролитовая фация господствует во второй (с востока) полосе в северной части железорудного поля. Первая (самая восточная) залежь представлена породами фации биотит-мусковитовых гнейсов. Самые западные тела (рудопоявление Снежное) сложены гиперстеновыми и двупироксеновыми железистыми кварцитами, относящимися к наиболее высокотемпературной силлиманит-биотит-ортоклазовой фации. Плохо вскрытая третья залежь в северной половине поля содержит гиперстеновые породы и отнесена к высокотемпературной фации. В южной половине железорудного поля ставролитовая фация отсутствует [6]. Самая восточная полоса (Горкитское месторождение), так же, как и на севере, отвечает фации биотит-мусковитовых гнейсов; железистые кварциты представлены роговообманковыми разностями. Вторая залежь Горкитского месторождения, так же, как и лежащие к западу залежи Ималыкского месторождения и небольших рудопоявлений, содержит гиперстеновые железистые кварциты, а метapelиты должны быть отнесены к силлиманит-биотит-ортоклазовой фации.

Таким образом, границы метаморфических зон в основном параллельны общему простиранию структур и лишь в редких случаях пересекают полосы продуктивных осадочных пачек. Градиенты температур метаморфизма значительно выше в широтном, перпендикулярном простиранию структур направлении, чем в меридиональном. Это может указывать на хорошую проницаемость толщ в продольном и плохую в поперечном направлении. Несомненно, во время метаморфизма преобладали продольные нарушения, служившие каналами для горячих метаморфизирующих растворов. Возможно, что в настоящее время на поверхности обнажены узкие длинные блоки борсалинской серии, метаморфизованные на разных глубинах при различных температурах и попавшие на один уровень в результате последующих тектонических движений.

Явления гранитизации проявились как в форме мигматизации, так и в образовании интрузивных гранитных тел и пегматитов. Интенсивная мигматизация проходила в краевых частях северной половины железорудного поля и почти повсеместно в южной половине. Тела однородных гранитоидов (интрузивные или образовавшиеся путем расплавления субстрата на месте) встречаются как внутри полосы борсалинской серии, так и за ее пределами [5]. Граниты двуполевошпатовые, мусковит-биотитовые или роговообманковые. Структуры их разнообразны: от аплитовых до пегматоидных и порфириовидных, текстуры – от гнейсовидных и шлирово-полосчатых, до массивных.

Различные породы борсалинской серии в разной степени поддаются мигматизации. Легче всего мигматизируются гнейсы и слюдястые сланцы, труднее – амфиболиты и железистые кварциты. Последние часто сохраняются тогда, когда вмещающие их породы, включая и амфиболиты, превратились в разнообразные гранитоиды. При гранитизации железистых кварцитов можно выделить следующие ступени [2; 4; 6]:

1. Домигматитовое изменение минерального и химического состава железистых кварцитов. Куммингтонитовые и гиперстеновые их разновидности сменяются роговообманковыми и биотитовыми еще до появления в них кварц-полевошпатовых послойных жил. Железистые кварциты при этом обогащаются щелочами, кальцием и глиноземом.

2. Метасоматическое образование кварц-полевошпатовых послойных жил (собственно мигматизация). Такие послойные жилы образуются на месте безрудных и малорудных прослоев в железистых кварцитах, при этом рудные прослои как бы концентрируются: происходит местное обогащение магнетитом за счет перемещения кремнезема. Появляются небольшие прослои богатых магнетит-роговообманковых руд. Далее происходит постепенное увеличение числа и мощности кварц-полевошпатовых прослоев и местами их расплавление.

3. Более или менее полное расплавление большей части породы с ограниченным перемещением расплавленных масс и возможной гравитационной отсадкой нерасплавленных частиц (фрагментов железистых кварцитов, зерен магнетита). Граниты, лежащие на продолжении прослоев железистых кварцитов, значительно (несколько процентов) обогащены магнетитом.

Гранитизация проходила на уровне амфиболитовой фации, так же, как и прогрессивный метаморфизм. Оба эти процесса в Чаро-Токкинском железорудном районе проходили одновременно и вызваны одними и теми же растворами [5]. Гранитизация осуществлялась в тыловых зонах, в то время как во фронтальных шел прогрессивный региональный метаморфизм. Внедрение гранитной магмы, образовавшейся на глубине, в верхние уровни привело к возникновению отдельных интрузивных массивов гранитов.

Регрессивный метаморфизм (диафторез)

После температурного максимума прогрессивного метаморфизма и прошедшей гранитизации, начался значительный по времени период остывания прогретой и местами пропитанной послойными инъекциями мигматитов и телами гранитов борсалинской толщи. Постепенное охлаждение сопровождалось регрессивным метаморфизмом (диафторезом) с образованием низкотемпературных минералов за счет более высокотемпературных [5]. К этому процессу не относятся гораздо более поздние явления диафтореза (палеозойские и мезозойские), связанные с последующими этапами активизации района. Здесь они не рассматриваются.

Хотя охлаждение толщ пород после прогрессивного метаморфизма было повсеместным процессом, регрессивный метаморфизм проявлялся далеко не везде [5]. Вероятно, это связано с неравномерной пропиткой пород растворами, служившими средой для реакций минералообразования. При отсутствии растворов сохранились минеральные ассоциации прогрессивного метаморфизма. Наиболее распространены малоинтенсивные регрессивные процессы, при которых образовалось небольшое количество более низкотемпературных минералов, не изменивших существенно состав породы. Реже регрессивное изменение породы проявляется столь интенсивно, что этот процесс надо классифицировать как метасоматоз (например, сплошная эпидотизация мигматитов или полная хлоритизация куммингтонит-гранатовых сланцев). Характер регрессивного метаморфизма обычно зависит от состава исходной породы, но в некоторых случаях сильное влияние оказывают, по-видимому, особые условия прохождения процесса, например, состав растворов. Малоинтенсивные процессы не ведут к существенному изменению химического состава пород, а меняются лишь содержания воды, углекислоты и щелочей.

Среди регрессивных процессов в породах Чаро-Токкинского железорудного района наиболее распространены такие вторичные изменения как мусковитизация, хлоритизация, оталькование, карбонатизация, образование стильпномелана, альбитизация, эпидотизация, актинолитизация, щелочной метасоматоз [5; 6].

Все перечисленные процессы являются признаками процессов регрессивного метаморфизма и метасоматоза. В большинстве случаев они комбинируются между собой. Так, например, хлоритизация и образование стильпномелана или альбитизация, эпидотизация и актинолитизация в амфиболитах. В зависимости от состава исходной породы преобладают те или иные из перечисленных процессов. Рассмотрим каждый из них отдельно.

Мусковитизация наиболее заметно и интенсивно проявлена в высокоглиноземистых сланцах и гнейсах, где мусковит развивается за счет силикатов алюминия, кордиерита и полевых шпатов. Мелкопластинчатый мусковит образует грубые псевдоморфозы по перечисленным минералам. В небольших количествах он развивается во всех полевошпатсодержащих породах: амфиболитах, гнейсах, гранитоидах. В породах ставролитовой фации иногда трудно различить первичный и вторичный мусковиты. Особенно четко регрессивная мусковитизация проявлена на высокотемпературных участках прогрессивного метаморфизма, где первичный мусковит отсутствовал.

Хлоритизация выражает наиболее распространенный регрессивный процесс. Хлорит развивается по куммингтониту, биотиту, гранату, роговой обманке (вместе с карбонатом) и

некоторым другим минералам. При интенсивной хлоритизации биотит-гранатовых и куммингтонит-гранатовых сланцев образуются почти мономинеральные хлоритовые породы, часто с магнетитом или кварцем. В этих породах встречаются псевдоморфизы хлорита по гранату и биотиту.

Карбонатизация развита весьма неравномерно. По интенсивности она меняется от рассеянной вкрапленности в массе породы до сплошной карбонатизации, распространяющейся в виде секущих зон. Образующийся карбонат обычно относится к кальциту. В куммингтонитовых и роговообманковых железистых кварцитах и сланцах карбонат часто представлен анкеритом.

Стильпномелан – минерал характерный для диафторированных роговообманковых и биотитовых железистых кварцитов. Обычно он не образует псевдоморфоз по первичным минералам (иногда только вместе с хлоритом по зернам граната), а развивается в виде тонких мечевидных пластинок разнообразной ориентировки светло-зеленого или зеленовато-бурого цвета в массе породы или заполняет маломощные трещинки тонкопластинчатой неориентированной массой. Он отличается от биотита высокой железистостью и меньшим содержанием калия и глинозема.

Оталькование развито в куммингтонитовых и гиперстеновых железистых кварцитах и сланцах. Тальк местами образует полные и неполные псевдоморфозы по призмам куммингтонита. В гиперстеновых породах он развивается по гиперстену, образуя каймы однообразно ориентированных чешуек вокруг зерен этого минерала. Следует иметь в виду, что в некоторых магнетитовых кварцитах и богатых железных рудах тальк имеет прогрессивно-метаморфическое происхождение. В богатых магнием породах этот минерал вполне устойчив в эпидот-амфиболитовой фации. Образование талька в метаультрабазах происходит, по-видимому, как при прогрессивном, так и при регрессивном метаморфизме.

Эпидотизация как процесс, проявляется в нескольких формах. В результате малоинтенсивного нормального регрессивного метаморфизма в амфиболитах происходит образование умеренного количества эпидота с одновременной альбитизацией плагиоклаза и актинолизацией роговой обманки. Следует иметь в виду возможность образования в зонах эпидот-амфиболитовой фации первично обогащенных эпидотом амфиболитов. В таких породах с эпидотом может сосуществовать как нормальная роговая обманка, так и основной плагиоклаз [4; 6].

Собственно эпидотизация проявлена в тектонических зонах, секущих амфиболиты, железистые кварциты и мигматиты. В результате интенсивного процесса такого рода образуются мономинеральные эпидотовые или эпидот-хлоритовые породы. Наиболее интенсивно эпидотизация развивается в зонах брекчирования, поэтому эпидотовые породы имеют неравномернозернистую, брекчиевую структуру. Этот процесс имеет, несомненно, метасоматический характер и требует значительного привноса кальция. Если учесть, что при хлоритизации роговообманковых железистых кварцитов и сланцев, протекающей часто в тех же зонах, происходит вынос большого количества кальция, то можно предположить, что при регрессивном интенсивном процессе имеет место перераспределение кальция с некоторым его перемещением [6].

Щелочной метасоматоз в железистых кварцитах Чаро-Токкинского района, выразившийся в образовании щелочного амфибола, установлен лишь в редких местах и плохо изучен. Отнесение щелочного метасоматоза к регрессивной стадии метаморфизма сделано по аналогии с материалами по Кривому Рогу и КМА [6]. Определение состава щелочного амфиболита в двух зернах одного образца с помощью зонда позволило отнести его к амфиболам, промежуточным между родузитом (ряд магнезиорибекит-рибекит) и актинолитом. Исследованный амфибол был замечен по необычно сильной дисперсии всех оптических элементов, плеохроизму в сине-фиолетовых тонах и большому углу угасания [3].

Небольшое содержание Al_2O_3 в щелочном амфиболе указывает на малое содержание глаукофановой составляющей (4,1 мол. %). Если из суммы Na, K и Ca вычесть часть Na, соответствующую глаукофану, оставшая часть покажет соотношение родузита (Na + K) и актинолита (Ca),

а именно 57,1 и 38,8 мол. % соответственно. Такого состава амфиболы, представляющие смесь родузита и актинолита, отмечались на КМА [2; 3; 6]. Для изучения щелочного метасоматоза требуется сбор дополнительных материалов.

Закключение

Установлено, что железистые кварциты западной части АСЩ входят в состав осадочно-вулканогенных комплексов пород, заполняющих шовные прогибы или трог, приуроченные к долгоживущим глубинным зонам разломов. Чаро-Токкинское железорудное поле представляет собой один из таких прогибов вдоль субмеридиональной тектонической зоны. Прогиб заполнен сложноскладчатым комплексом пород, получившим название борсалинской серии. Породы серии метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой, низкой и высокой частей амфиболитовой фации. Зоны метаморфизма протягиваются субмеридионально, параллельно общей структуре рудного поля. Гранитизация проходила одновременно с метаморфизмом на более глубоких уровнях или сильнее проработанных участках. Процессы регрессивного метаморфизма наиболее интенсивно проявились в тектонических зонах. Характер процессов зависит от состава вмещающих пород. Регрессивные явления сплошной хлоритизации и эпидотизации связаны с местным перемещением компонентов, главным образом кальция. Некоторые моменты, связанные как с прогрессивным, так и с регрессивным типами метаморфизма требуют уточнения.

Литература

1. МIRONЮК, Е.П. Геология западной части Алданского щита: Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт «ВСЕГЕИ». Якутское геологическое управление Министерства геологии СССР / Е.П. МIRONЮК, Б.К. ЛЮБИМОВ, Э.П. МАГНУШЕВСКИЙ. – Москва : Недра, 1971. – 238 с. – Текст : непосредственный.
2. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Петрографическая характеристика железистых кварцитов и других метаморфических пород Чаро-Токкинского железорудного района (западная часть Алданского щита) / А.А. Глаголев. – Текст : непосредственный // Железисто-кремнистые формации докембрия (формационные типы, условия метаморфизма и рудообразования). – Москва : Наука, 1979.
3. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Минеральные типы и метаморфизм железистых кварцитов Чаро-Токкинского района в западной части Алданского щита / А.А. Глаголев, Г.Н. Киселев, В.М. Кравченко, В.А. Воронихин – Текст : непосредственный // Геология рудных месторождений. – 1977. – № 2.
4. Добрецов, Н.Л. Фации регионального метаморфизма умеренных давлений: монография. / Н.Л. Добрецов, В.С. Соболев, В.В. Хлестов. – Москва : Недра, 1972. – 288 с. – Текст : непосредственный.
5. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Зональность прогрессивного метаморфизма в Чаро-Токкинском железорудном поле, Юго-Западная Якутия. / А.А. Глаголев. – Текст : непосредственный. / Проблемы физико-химической петрологии. – Москва : Недра, 1979. – С. 20-34.
6. КОРИКОВСКИЙ, С.П. Фации метаморфизма метapelитов: монография / С.П. Кориковский. – Москва : Наука, 1979. – 269 с. – Текст : непосредственный.

References

1. MIRONJUK, E.P. Geologija zapadnoj chasti Aldanskogo shhita: Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut «VSEGEI». Jakutskoe geologicheskoe upravlenie Ministerstva geologii SSSR / E.P. MIRONJUK, B.K. LJUBIMOV, Je.P. MAGNUSHEVSKIJ. – Moskva: Nedra, 1971. – 238 s. – Tekst: neposredstvennyj.
2. Glagolev, A. A. Petrograficheskaja harakteristika zhelezistykh kvarcitov i drugih metamorficheskikh porod Charo-Tokkinskogo zhelezorudnogo rajona (zapadnaja chast' Aldanskogo shhita) / A.A. Glagolev. – Tekst: neposredstvennyj // Zhelezisto-kremnistye formacii dokembrija (formacionnye tipy, uslovija metamorfizma i rudoobrazovanija). Moskva: Nauka, 1979.

3. Glagolev, A.A. Mineral'nye tipy i metamorfizm zhelezistyh kvarcitov Charo-Tokkinskogo rajona v zapadnoj chasti Aldanskogo shhita / A.A. Glagolev, G.N. Kiselev, V.M. Kravchenko, V.A. Voronihin – Tekst: neposredstvennyj // Geologija rudnyh mestorozhdenij. – 1977. – № 2.
4. Dobrecov, N.L. Facii regional'nogo metamorfizma umerennyh davlenij: monografija. / N.L. Dobrecov, V.S. Sobolev, V.V. Hlestov. – Moskva: Nedra, 1972. – 288 str. – Tekst: neposredstvennyj.
5. Glagolev, A.A. Zonal'nost' progressivnogo metamorfizma v Charo-Tokkinskom zhelezorudnom pole, Jugo-Zapadnaja Jakutija. / A.A. Glagolev. – Tekst: neposredstvennyj. / Problemy fiziko-himicheskoy petrologii. – Moskva: Nedra, 1979. – S. 20-34.
6. Korikovskij, S. P. Facii metamorfizma metapelitov: monografija / S.P. Korikovskij. – Moskva: Nauka, 1979. – 269 s. – Tekst: neposredstvennyj.

Сведения об авторе

ПУЛЯЕВ Николай Анатольевич – к.г.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной геологии СВФУ М.К. Аммосова, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

PULLIAEV Nikolay Anatolievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Applied Geology Department, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru