

УДК 551.24
DOI 10.19110/1994-5655-2020-6-49-60

И.Л. ПОТАПОВ, А.М. ПЫСТИН

**СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
ПОРОД ПАРИКВАСЬШОРСКОЙ СВИТЫ
ХАРБЕЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

*Институт геологии
им. академика Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

*ilpotapov@geo.komisc.ru
pystin@geo.komisc.ru*

I.L. POTAPOV, A.M. PUSTIN

**STRUCTURAL EVOLUTION OF ROCKS OF THE
PARIKVAS'SHOR SUITE OF THE KHARBEY
METAMORPHIC COMPLEX (POLAR URALS)**

**N.P. Yushkin Institute of Geology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Аннотация

В статье рассмотрен слабо изученный вопрос о структурных особенностях пород париквасьшорской свиты и их структурной эволюции в сравнении с породами ханмейхойской свиты, как наиболее хорошо изученного стратиграфического подразделения в составе харбейского комплекса. Показано, что начиная с этапа формирования изоклинальных складок с круто погружающимися шарнирами, структуры ханмейхойской и париквасьшорской свит развивались совместно. Складчатость сопровождалась высокотемпературным метаморфизмом пород. Механизмом образования складок являлось пластическое течение в обстановке горизонтального сжатия. Судя по данным о возрасте метаморфогенного циркона из гнейсов париквасьшорской свиты (1 896 млн лет) и структурно-геологическим взаимоотношениям стратиграфических подразделений, слагающих харбейский комплекс, все они, в том числе париквасьшорская свита, относятся к дорифейскому структурному этажу. Геологические взаимоотношения, различия в уровне метаморфизма пород и характере складчатости свидетельствуют о том, что париквасьшорская свита является наиболее молодым стратоном харбейского комплекса, слагающим Париквасьшорскую синклираль.

Ключевые слова:

Полярный Урал, харбейский комплекс, париквасьшорская свита, раннедокембрийский структурный этап, структурный анализ

Abstract

The Parikvas'shor suite is a component of the Kharbey gneiss-amphibolite complex and occupies its central part. Most researchers adhere to the idea of the Early Precambrian age of all the strata that make up the Kharbey complex, including the Parikvas'shor suite, but, at the same time, they express different points of view about their relationship in the section. Some researchers believe that the Parikvas'shor suite is the most ancient in the Kharbey complex and composes the Parikvas'shor uplift, while others adhere to an alternative idea of the synclinal occurrence of the Parikvas'shor suite, underlain by gneisses and amphibolites known as the Laptayugan and Khanmeykhoy suites. In recent years, based on new data on isotopic U-Pb dating of zircons, it has also been suggested that the formation of protoliths of crystalline schists of the Parikvas'shor suite, and, possibly, other stratigraphic units of the Kharbey complex, did not occur earlier than the Late Riphean.

As the experience of studying other Precambrian metamorphic complexes of the Urals shows, the structural characteristics of rocks and the features of the structural evolution of metamorphic strata can be used as one of the criteria for their relative age. Based on the results of the study of macro- and microstructures, it is shown that, starting from the stage of formation of isoclinal folds with

steeply dipping hinges, the structures of the Khanmeykhoy and Parikvas'shor suites developed jointly. Folding was accompanied by high-temperature metamorphism of rocks. The folding mechanism was plastic flow in a horizontal compression setting. According to the data on the age of metamorphogenic zircon from the gneisses of the Parikvas'shor suite (1896 Ma) and the structural-geological relationships of the stratigraphic units that make up the Kharbey complex, all of them, including the Parikvas'shor suite, belong to

the pre-Riphean structural stage. Geological relationships, differences in the level of metamorphism of rocks and the nature of folding indicate that the Parikvas'shor suite is the youngest stratum of the Kharbey complex, which composes the Parikvas'shor syncline.

Keywords:

Polar Urals, Kharbey complex, Parikvas'shor suite, Early Precambrian structural stage, structural analysis

Введение

Париквасьшорская свита является составной частью харбейского гнейсово-амфиболитового комплекса и занимает его центральную часть в виде расширяющегося с северо-запада на юго-восток полосы шириной 3–12 км при протяженности около 30 км (рис. 1). Свита была выделена А.В. Цымбалюком в 1954 г. со стратотипом на руч. Париквасьшор (левый приток р. Харбей). По мнению А.В. Цымбалюка [1], В.Н. Охотникова [2], О.А. Кондияйна [3] и других геологов париквасьшорская свита является наиболее древней в составе гнейсово-амфиболитового комплекса. На изданной в 2000 г. геологической карте России [4] и прилегающих акваторий масштаба 1:250000, фрагмент которой приведен на рис. 1, возраст отложений париквасьшорской свиты показан, как позднеархейско-раннепротерозойский, а окружающих свиту гнейсов и амфиболитов – раннепротерозойский. В то же время, после проведения первых геологических съемок масштаба 1:50000, выполненных в 50 – 60-х гг. прошлого столетия (А.Л. Клопов, В.Н. Воронов и др.), обосновывается альтернативное представление о синклинальном залегании париквасьшорской свиты, подстилаемой гнейсами и амфиболитами, известными как лаптаюганская и ханмейхойская свиты. Эта точка зрения была поддержана многими уральскими геологами (Л.Л. Подсосова, В.А. Душин, В.В. Бутин и др.) и нашла отражение в схеме IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания [5], в соответствии с которой в составе харбейского комплекса снизу вверх выделяются марункеуская, лаптаюганская, ханмейхойская и париквасьшорская свиты раннепротерозойского возраста. Раннепротерозойский возраст пород харбейского комплекса, и в том числе париквасьшорской свиты, был подтвержден Pb-Pb и U-Pb датировками цирконов [6, 7].

В последнее время сложившееся представление о харбейском гнейсово-амфиболитовом комплексе и слагающих его стратонах, в том числе париквасьшорской свиты, как нижнедокембрийских образований, подвергается ревизии. Так, на основании сравнительно недавно полученных изотопно-геохронологических данных Л.И. Зылева, А.Л. Коновалов и их коллеги [8, 9] пришли к заключению, что формирование протолитов плагиогнейсов и амфиболитов ханмейхойской свиты, а также кри-

сталлических сланцев париквасьшорской свиты происходило не раньше позднего рифея.

Таким образом, различное толкование геологических взаимоотношений, слагающих харбейский комплекс толщ и неоднозначность изотопно-геохронологических данных, оставляет дискуссионным вопрос о стратиграфической позиции париквасьшорской свиты и возрасте слагающих ее пород, как и возрасте других стратиграфических подразделений гнейсово-амфиболитового комплекса.

Цель настоящей статьи – рассмотреть слабо изученный вопрос о структурных особенностях пород париквасьшорской свиты и их структурной эволюции в сравнении с породами ханмейхойской свиты, как наиболее хорошо изученного стратиграфического подразделения в составе харбейского комплекса. Эти исследования могут внести определенный вклад в решение проблемы стратиграфической позиции париквасьшорской свиты и, возможно, косвенно, о ее принадлежности (или отсутствии таковой) к образованиям нижнедокембрийского структурного этажа.

Методы исследования

В работе используются данные, полученные авторами непосредственно при полевых наблюдениях обнажений в бассейне рек Харбей и Мал. Ханмей. Для более подробного изучения структурных особенностей пород использовались методы морфолого-геометрического анализа плоскостных и линейных элементов пород, а также микроструктурного анализа, который заключался в определении в шлифах ориентировок оптических осей кварца и спайностей слюд, с применением универсального четырехосного столика Федорова на поляризационном микроскопе. Результаты замеров микроструктур выносились на стереографические диаграммы (нижняя полусфера, равноугольная сетка).

Геологическая позиция и особенности строения париквасьшорской свиты

Париквасьшорская свита по современным представлениям [10] является стратоном, завершающим разрез нижнепротерозойского харбейского гнейсово-амфиболитового комплекса и слагает Париквасьшорскую синклиналь, заключенную между двумя брахиантиклинальными структурами: Ев-Юганской на юге и Лапта-Юганской на севере, сло-

женными гнейсами и амфиболитами лаптаюганской и ханмейхойской свит (рис. 1). По соотношению пород в разрезе свита подразделяется на три части. В нижней части преобладают гнейсы разного состава: биотитовые, двуслюдяные, гранат-биотит-мусковитовые и амфиболсодержащие слюдяные, иногда с гранатом. Среди гнейсов в виде прослоев и пачек отмечаются амфиболиты и кварциты. Средняя часть свиты сложена гранат-слюдяными, слюдяными и амфибол-слюдяными гнейсами. В верхней части свиты гнейсы имеют подчиненное

значение. Доминируют кристаллические сланцы, среди которых встречаются слюдяно-гранатовые, слюдяно-гранат-ставролитовые, кианит-ставролитовые, гранат-кианит-ставролитовые, кианит-слюдяные и другие разновидности. По данным последней геологической съемки [10] нижняя граница свиты в большинстве разрезов тектоническая; иногда отмечаются согласные взаимоотношения с амфиболитами и гнейсами нижележащей лаптаюганской свитой, как, например, в приустьевой части руч. Киргизшор. Здесь нижняя граница париквасьшор-

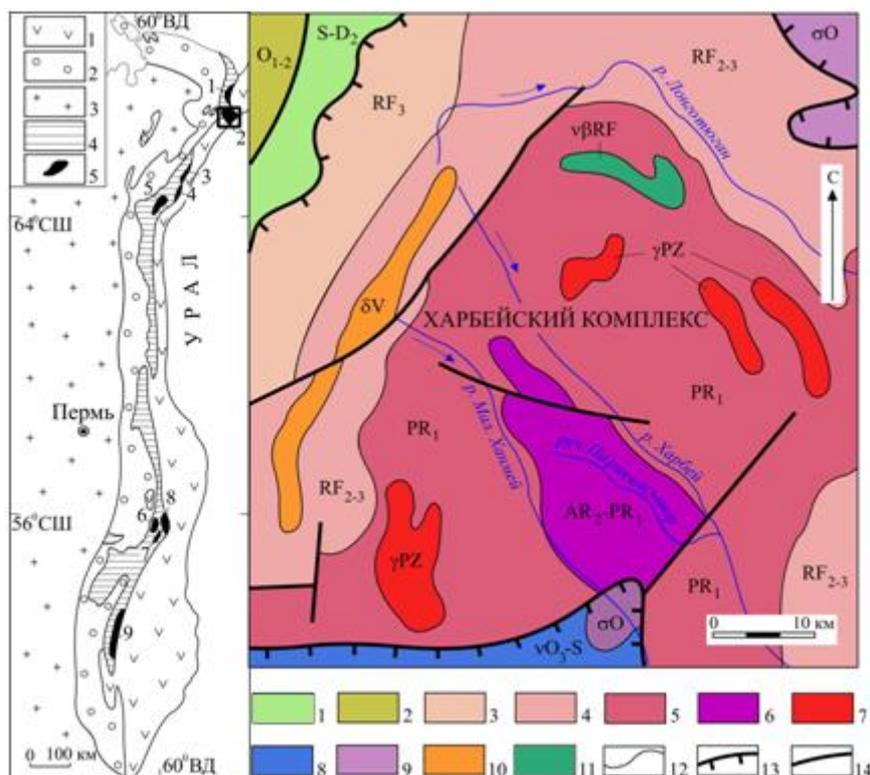


Рис. 1. Схематическая геологическая карта харбейского комплекса. Составлена с использованием Геологической карты России и прилегающих акваторий масштаба 1:2500000 / Главный редактор Б. А. Яцкевич. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000).

Условные обозначения к врезке: 1–2 палеозойские формации (1 – палеоокеанические; 2 – палеоконтинентальные); 3 – осадочный чехол Европейской платформы; 4 – верхнепротерозойские образования; 5 – нижнедокембрийские комплексы. Названия нижнедокембрийских комплексов: 1 – марункеуский, 2 – харбейский, 3 – хордьюский, 4 – неркаюский, 5 – няртинский, 6 – тараташский, 7 – александровский, 8 – уфалейский, 9 – максютовский. Квадратом показано расположение карты харбейского комплекса.

Условные обозначения к схематической геологической карте: 1 – силурийско-среднедевонские отложения; 2 – нижне-среднеордовикские отложения; 3 – верхнерифейские отложения; 4 – средне-верхнерифейские отложения нерасчлененные; 5–6 – харбейский метаморфический комплекс: 5 – лаптаюганская и ханмейхойская свиты нерасчлененные; 6 – париквасьшорская свита; 7 – граниты; 8 – габбро, нориты; 9 – перидотиты, дуниты, пироксениты, серпентиниты; 10 – диориты, кварцевые диориты; 11 – метагаббродолериты, метадолериты; 12 – границы стратиграфических подразделений и магматических тел; 13 – надвиги; 14 – крутопадающие разломы.

Fig. 1. Schematic geological map of the Kharbey complex. Compiled using the Geological Map of Russia and adjacent water areas, scale 1: 2500000 / Chief Ed. B.A. Yatskevich. St.Petersburg: VSEGEI, 2000.

Symbols for the inset: 1–2 Paleozoic formations (1 – paleo-oceanic; 2 – paleo-continental); 3 – sedimentary cover of the European platform; 4 – Upper Proterozoic formations; 5 – Lower Precambrian complexes. Names of the Lower Precambrian complexes: 1 – Marunkeu, 2 – Kharbey, 3 – Khordyus, 4 – Nerkey, 5 – Nyartin, 6 – Taratash, 7 – Aleksandrov, 8 – Ufaley, 9 – Maksyutov. The square shows the location of the map of the Kharbey complex.

Symbols to the schematic geological map: 1 – Silurian-Middle Devonian deposits; 2 – Lower-Middle Ordovician deposits; 3 – Upper Riphean deposits; 4 – undivided Middle-Upper Riphean deposits; 5–6 – Kharbey metamorphic complex: 5 – undivided Laptoyugansk and Nanmeikhoy formations; 6 – Parikvas'shor suite; 7 – granites; 8 – gabbro, norites; 9 – peridotites, dunites, pyroxenites, serpentinites; 10 – diorites, quartz diorites; 11 – metagabbrodolerites, metadolerites; 12 – boundaries of stratigraphic units and magmatic bodies; 13 – thrusts; 14 – steeply dipping faults.

ской свиты проводится по подошве последнего горизонта слюдястых кристаллических сланцев. В некоторых случаях отмечаются противоположные взаимоотношения свит, а именно, налегание лаптаюганской свиты на париквасьшорскую. Это связано с запрокинутым залеганием пород, что в целом типично для харбейского комплекса. Такая картина нами наблюдалась, например, в разрезе по безымянному левому притоку, впадающему в р. Мал. Ханмей в 12 км выше устья руч. Ев-Юган. Здесь в зоне контакта париквасьшорской и лаптаюганской свит слагающие их толщи находятся в запрокинутом залегании с крутым падением слоистости и полосчатости на север-северо-восток.

Вопросы метаморфизма пород харбейского комплекса, включая париквасьшорскую свиту, рассматривались в работах Ю.Е. Молдованцева, Г.А. Кейльмана, В.В. Бутина, В.А. Душина, И.И. Голубевой, Н.С. Уляшевой и других геологов. Мы считаем необходимым акцентировать внимание на этом вопросе, так как различия в степени и типе метаморфизма пород могут быть одними из критериев взаимного расположения сравниваемых геологических объектов в разрезе.

В породах ханмейхойской свиты Н.С. Уляшевой [11–13] установлено последовательное проявление нескольких метаморфических событий. Условия развития раннего метаморфического парагенезиса (чермакит-паргаситовая роговая обманка + олигоклаз) соответствовали высоким степеням амфиболитовой фации умеренных давлений ($T > 700^{\circ}\text{C}$, $P = 5.5\text{--}10$ кбар). Учитывая тот факт, что в гнейсах ханмейхойской свиты встречаются цирконы гранулитового типа (округлые многогранники) с изотопным Pb-Pb возрастом 2071 ± 25 млн лет [7], высока вероятность, что раннепротерозойский этап метаморфизма пород мог достигать условий гранулитовой фации, а парагенезисы амфиболитовой фации связаны с высокотемпературным диафорезом и гранитизацией. Термодинамические обстановки проявления последующих процессов диафореза, судя по наблюдаемым наложенным парагенезисам, отвечали условиям гранат-глаукофановой фации ($T = 580\text{--}640^{\circ}\text{C}$, $P = 8\text{--}12$ кбар). Они развиты локально, в основном в западной части харбейского комплекса. Н.С. Уляшева считает, что этот относительно высокобарный процесс метаморфизма проявился в интервале 1000–850 млн лет назад. Возрастной интервал 610–590 млн лет [14], по мнению Н.С. Уляшевой, датирует процессы диафореза эпидот-амфиболитовой фации, а более низкие возрастные значения (489, 434, 336 млн лет [15]) связаны с низкотемпературными изменениями в условиях зеленосланцевой фации. Аналогичные условия метаморфизма характерны для пород лаптаюганской свиты.

Степень метаморфизма пород париквасьшорской свиты также оценивается как относительно высокая, поскольку во всех разновидностях кристаллических сланцев присутствует гранат [16]. Отметим, что гранат отмечается и в прослоях амфиболитов. Это дает основание считать, что метаморфизм пород достигал, по крайней мере,

низких ступеней амфиболитовой фации. Но он, несомненно, был ниже, чем в ханмейхойской свите. Об этом, в частности, свидетельствует факт отсутствия в породах цирконов гранулитового типа. Но в то же время для пород париквасьшорской свиты очень характерны цирконовые сростки сложной формы, известные в литературе, как цирконы «типа цветной капуста» [17]. Опыт изучения уральских метаморфических комплексов показывает, что такие цирконы образуются в породах, метаморфизм которых не достигал уровня высоких ступеней амфиболитовой фации, когда возникают P-T условия для проявления процессов гранитизации. Установленный U-Pb возраст таких цирконов из париквасьшорских биотит-мусковитовых плагиогнейсов с гранатом и ставролитом 1 896 млн лет [7].

По данным И.И. Голубевой [16], в наиболее высокотемпературной ставролит-дистеновой зоне породы кристаллизовались при температуре 600–590 °C и давлении 5.5–6 кбар. При этом, по ее мнению, уровень метаморфизма пород снижается в северо-западном направлении с удалением от зоны Главного Уральского разлома, что фиксируется сменой изоград: кианит → ставролит → гранат. Ранее о связи метаморфизма пород с Главным Уральским разломом на Полярном Урале писали Ю.Е. Молдованцев и А.С. Перфильев [18].

По нашим наблюдениям, выполненным в разных частях распространения париквасьшорской свиты (руч. Парноеган, правобережье р. Харбей вблизи оз. Возейты, руч. Париквасьшор, руч. Изъяшор, левобережные безымянные притоки р. Мал. Ханмей), отсутствуют какие-либо закономерности в распространении гранат-, ставролит- и кианитсодержащих пород. По степени гранитизации породы в изученных нами разрезах также не различаются. Эти факты дают основание считать, что метаморфическая зональность, на которую указывает И.И. Голубева и другие исследователи, в пределах площади распространения пород париквасьшорской свиты отсутствует. Видимые различия в уровне метаморфизма пород связаны с разной степенью проявления в них процессов средне-низкотемпературного диафореза.

Таким образом, париквасьшорская свита отличается от окружающих ее ханмейхойской и лаптаюганской свит более низкой степенью метаморфизма пород и слабым проявлением процессов гранитизации. Это является косвенным признаком более высокого стратиграфического положения париквасьшорской свиты в сравнении с другими стратиграфическими подразделениями харбейского комплекса.

Результаты структурных исследований и обсуждение Анализ макроструктур

Для изучения структурных особенностей отложений стратиграфических подразделений харбейского комплекса в полевых условиях были проведены замеры структурных элементов. Структурные исследования пород ханмейхойской свиты прово-

дилься по ручьям Ольховый и Хабинсово-Шор, по рекам Мал. Харбей и Мал. Ханмей и их притокам, на обоих берегах р. Бол. Харбей. Отложения париквасьшорской свиты изучались на водоразделе в районе среднего течения руч. Париквасьшор, на левобережье р. Мал. Ханмей. На хорошо обнаженной возвышенности между оз. Возей-ты и р. Бол. Харбей был закартирован участок, сложенный породами париквасьшорской свиты (рис. 2).

Самыми ранними установленными структурными формами для ханмейхойской и париквасьшорской свит являются метаморфическая полосчатость, параллельные ей первичная сланцеватость, поверхности контактов, различающихся по составу пород. Полосчатость и первичная сланцеватость отложений ханмейхойской свиты в районе нижней

части руч. Мал. Харбей и его притоков падает по азимутам 175°–210° под углами от 30° до 55°, в районе устья руч. Париквасьшор, встречаются как северо-восточные азимуты падения 65°–85° под углами 30°–80°, так и юго-западные под углами от 5° до 50°.

Простираение вышеупомянутых плоскостных элементов для париквасьшорской свиты – северо-западное, в южной части участка – субширотное, зеркала полосчатости и ранней сланцеватости падают на северо-восток и юго-запад под углами от 60° до 90°. Поздняя сланцеватость встречается в двух генерациях. Первая падает на северо-восток и юго-запад под углами от 0° до 20°, вторая – на запад и восток под углами от 10° до 40°. Поздняя сланцеватость иногда сечет раннюю полосчатость или сланцеватость с образованием кливажа плейчатости (рис. 3, а).

Поскольку амфиболиты ханмейхойской свиты представляют собой массивные, главным образом, не расслоенные породы, то информацию о складках удается получить в основном при изучении гнейсов и сланцев, среди которых встречаются слои амфиболитов, а также смятые в складки полевошпат-кварцевые прослои и линзы гнейсов в амфиболитах. Выделяются четыре генерации складок.

Первая генерация складок F_{n+1}^h , которую можно считать наиболее ранней для ханмейхойской свиты, наблюдается в амфиболитах с полевошпат - кварцевыми слоями (жилами) (рис. 3, б) и в сланцах, контактирующих с амфиболитами. Это концентрические сжатые, иногда закрытые складки, с падением крыльев в основном на юго-запад под углами 40°–60°. На сферических диаграммах полюсов (рис. 4, а) крылья рассеиваются по дуге малого круга. Осевые поверхности круто падают на запад и юго-запад, шарниры погружаются главным образом на юго-запад под углами от 30° до 80°. На сферических диаграммах (рис. 4, с) шарниры рассеиваются по дуге большого круга, совпадающей с дугой распределения полюсов крыльев поздних складок F_{n+2}^h .

Вторая генерация F_{n+2}^h , морфологически представляет собой сильно сжатые подобные складки с круто падающими осевыми поверхностями. Крылья погружаются на юг, юго-запад и северо-восток под углами от 55° до 85°. Складки, главным образом, крупные. Их можно наблюдать в кристаллических сланцах при смятии слоев амфиболитов (рис. 3, с). На сферических диаграммах (рис. 4, б)

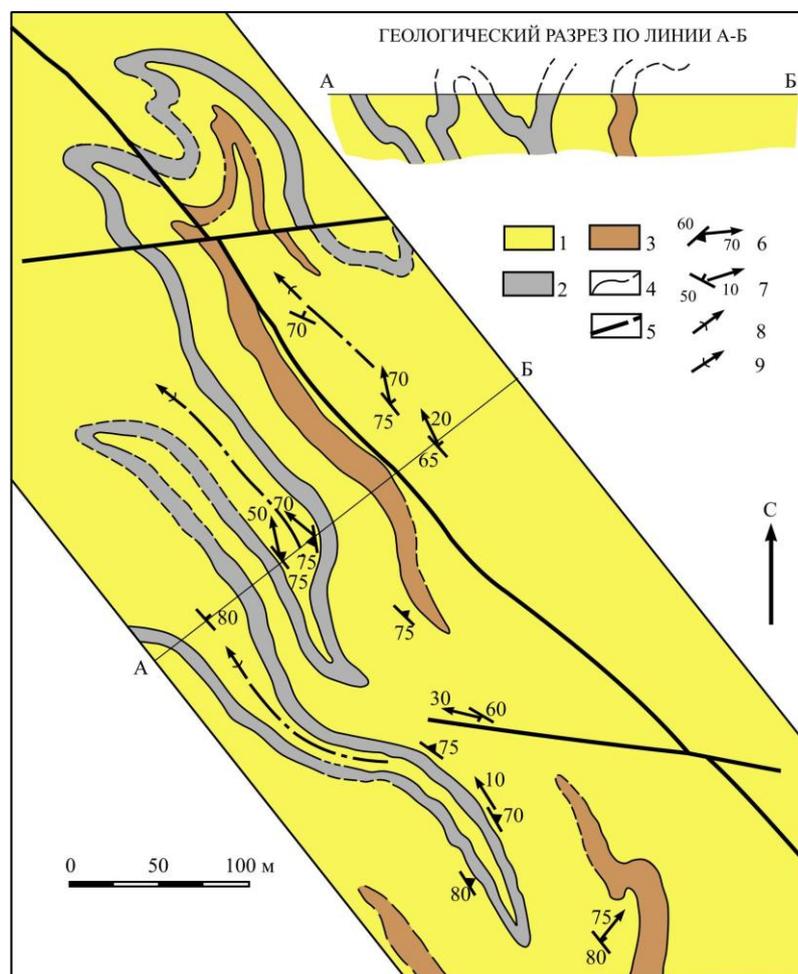


Рис. 2. Схема геологического строения участка Вазей-ты. 1 – гранат-мусковит-биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы; 2 – кварциты; 3 – мезо- и меланократовые слюдястые кристаллические сланцы со ставролитом, иногда мигматизированные; 4 – стратиграфические границы; 5 – тектонические границы; 6 – элементы залегания контактов с шарнирами складок; 7 – элементы залегания сланцеватости с шарнирами складок; (8–9) – оси складок: 8 – антиклинальных, 9 – синклинальных.

Fig. 2. Scheme of the geological structure of the Vazey-ty site. 1 – garnet-muscovite-biotite gneisses and crystalline schists; 2 – quartzite; 3 – meso- and melanocratic micaceous crystalline schists with staurolite, sometimes migmatized; 4 – stratigraphic boundaries; 5 – tectonic boundaries; 6 – elements of contacts bedding with fold bends; 7 – elements of schistosity bedding with fold bends; (8–9) – axes of folds: 8 – anticlinal, 9 – synclinal.

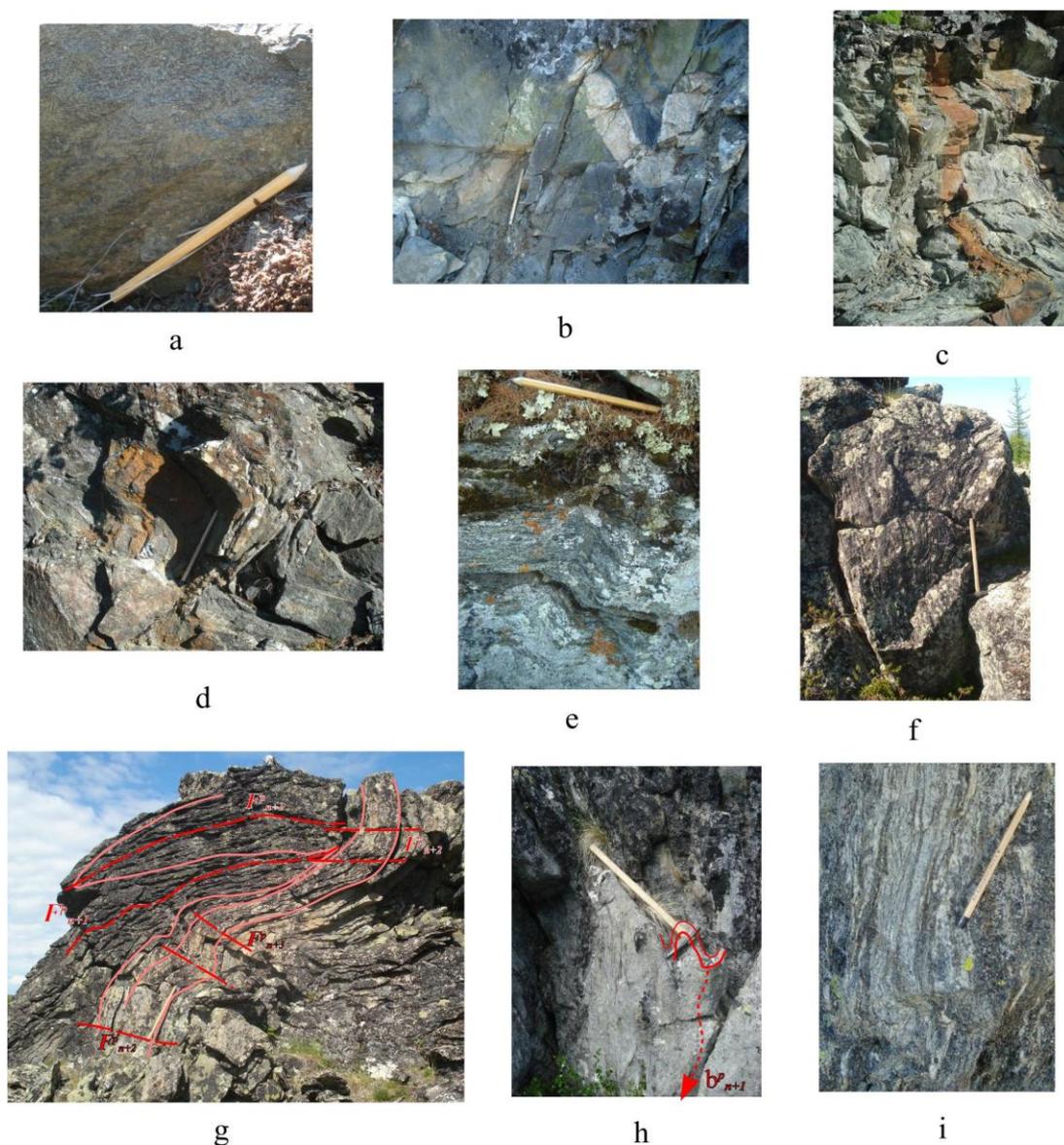


Рис. 3. Фото складок ханмейхойской (а–е) и париквасьшорской (f–i) свит харбейского комплекса.

(а) кливаж пльчатости, амфиболит, руч. Ольховый; (b) закрытая складка F_{n+1}^h , шарнир полого погружается на юго-восток, гранитогнейс в амфиболите, левый берег р. Бол. Харбей ; (c) сжатая складка F_{n+2}^h , с круто погружающимся шарниром, прослой амфиболита в гнейсах, левый берег р. Бол. Харбей ; (d) лежащая асимметричная складка F_{n+3}^h , в замке видны складки волочения, амфиболит с прослоями гнейсов, левый берег р. Бол. Харбей ; (e) асимметричная закрытая складка F_{n+3}^h , осевая поверхность падает под углом около 50° на восток, гнейс, правый берег р. Бол. Харбей; (f) сжатая складка F_{n+1}^p , кристаллический сланец, останец в районе оз. Вазей-ты; (g) сложная складка, крылья складок F_{n+1}^p сминаются в складки F_{n+2}^p и F_{n+3}^p , кристаллические сланцы, останец на водоразделе севернее руч. Париквасьшор; (h) сжатая складка F_{n+1}^p с круто погружающимся ундулирующим шарниром, кристаллический сланец, останец, водоразел севернее руч. Париквасьшор; (i) закрытая асимметричная складка F_{n+3}^p с падающей на восток осевой поверхностью под средним углом, кристаллический сланец, останец, водоразел севернее руч. Париквасьшор.

Fig. 3. Photo of the folds of the Khanmeykhoy (a-e) and Parikvas'shor (f-i) suites of the Kharbey complex.

(a) crenulation cleavage, amphibolite, Ol'khovy stream; (b) closed fold F_{n+1}^h , the bend plunges gently to the south-east, granite gneiss in amphibolite, left bank of the Bolshoy Kharbey river; (c) compressed fold F_{n+2}^h , with a steeply dipping bend, amphibolite interlayer in gneisses, left bank of the Bolshoy Kharbey river; (d) recumbent asymmetric fold F_{n+3}^h , lug folds are visible in the curve of fold, amphibolite with interlayers of gneisses, left bank of the Bolshoy Kharbey; (e) asymmetric closed fold F_{n+3}^h , axial surface falling at an angle of about 50° to the east, gneiss, right bank of the Bolshoy Kharbey river; (f) compressed fold F_{n+1}^p , crystalline schist, outlier in the area of the Vazey-ty lake; (g) complex fold, fold limbs F_{n+1}^p are crumpled into F_{n+2}^p and F_{n+3}^p folds, crystalline schists, an outlier on the watershed north of the Parikvas'shor stream; (h) compressed fold F_{n+1}^p with a steeply dipping undulating bend, crystalline schist, an outlier on the watershed north of the Parikvas'shor stream; (i) a closed asymmetric fold F_{n+3}^p with an axial surface dipping to the east at a mean angle, crystalline schist, an outlier on the watershed north of the Parikvas'shor stream.

полюса крыльев рассеиваются по двум дугам большого круга, скорее всего, из-за влияния поздних деформаций. Осевые поверхности круто погружаются как на северо-восток, так и на юго-запад. Шарниры наблюдаются редко, погружаются круто на юго-запад и северо-восток.

Складки третьей генерации F^h_{n+3} деформируют крылья и осевые поверхности ранних складок F^h_{n+1} и F^h_{n+2} . Складки цилиндрические, лежачие, асимметричные, подобные, чаще закрытые, но встречаются и открытые. В замках крупных складок иногда можно проследить развитие мелких складок волочения (рис. 3, d). Крылья круто падают на юго-запад и северо-восток. На сферических диаграммах полюса ложатся вдоль дуги большого круга (рис. 4, d), шарниры погружаются по азимутам от 100° до 120° под углами от 10° до 40° и также по азимутам от 265° до 285° под углами от 5° до 20° .

Четвертая генерация F^h_{n+4} представлена мелкими, асимметричными, иногда запрокинутыми, открытыми складками, а также флексурами (рис. 3, e). Складки развиты, главным образом, в сланцах и гнейсах. В амфиболитах они практически не встречаются. Осевые поверхности таких складок имеют «уральское» простирание осевых поверхностей со средними углами погружения.

В отличие от ханмейхойской свиты, в париквасьшорской свите практически везде наблюдается переслаивание слоев разного состава, с высоким контрастом вязкостей, а неравномерная их мощность обуславливает большое разнообразие морфологии складок. Хорошая обнаженность позволяет произвести большее количество замеров, необходимых для статистического анализа плоскостных и линейных ориентировок с использованием сферических диаграмм.

Наиболее ранняя установленная генерация F^p_{n+1} для париквасьшорской свиты представлена сжатыми, иногда изоклинальными складками (рис. 3, f) с круто погружающимися осевыми поверхностями, которые маркируются кливажными зонами с высокой концентрацией ориентированных слюд. Крылья складок круто погружаются на северо-восток и юго-запад. На сферических диаграммах (рис. 4, e) полюса крыльев складок распределяются по двум дугам большого круга. Шарниры погружаются на северо-запад и юго-восток под углами от 40° до 85° , нередко можно наблюдать их ундуляцию под воздействием поздних деформаций (рис. 3, g). На диаграммах (рис. 4, f) шарниры распределяются по дугам, совпадающим с распределением полюсов складок второй генерации F^p_{n+2} . Это четко указывает на то, что складки F^p_{n+1} образовались раньше складок F^p_{n+2} [19].

Для второй генерации F^p_{n+2} характерны асимметричные, чаще открытые лежачие складки (рис. 3, f), но нередко встречаются закрытые, осложненные в ядерных частях более мелкими асимметричными складками волочения. Данные складки, главным образом, развиты по субвертикальным крыльям ранней генерации F^p_{n+1} . Осевые поверхности падают под углами 5° – 30° на север и юг, осевой кливаж наблюдается редко. Шарниры

погружаются по азимутам от 100° до 140° и от 260° до 330° под углами от 0° до 30° . На стереографических диаграммах (рис. 4, e) полюса крыльев складок распределены по двум дугам больших кругов, часть полюсов крыльев, в основном закрытых асимметричных, мелких складок, распределяются по дуге малого круга (на рисунке отмечен индексом F^{pk}_{n+2}), а их шарниры распределены (рис. 4, g) внутри сферического треугольника. То есть, мелкие складки ориентируются в виде дивергентного веера, осложняя крупные складки.

Третья генерация F^p_{n+3} представлена асимметричными опрокинутыми, реже лежачими, закрытыми или сжатыми складками (рис. 3, f, g). Осевые поверхности параллельны поздней сланцеватости, падают на запад и восток под углами от 10° до 40° . Шарниры погружаются под пологими углами на юг и юго-запад под углами 5° – 10° .

Из вышеизложенного видно, что наиболее ранние складки F^h_{n+1} характерны только для пород ханмейхойской свиты, а складки второй (F^h_{n+2}), третьей (F^h_{n+3}) и четвертой (F^h_{n+4}) генераций в породах ханмейхойской свиты по морфологии и ориентировкам идентичны, соответственно, складкам первой (F^p_{n+1}), второй (F^p_{n+2}) и третьей (F^p_{n+3}) генераций в породах париквасьшорской свиты.

Микроструктурный анализ

Для уточнения структурных особенностей пород обеих свит нами дополнительно был проведен микроструктурный анализ. Рассмотренные выше макроструктурные особенности учитывались при выборе ориентировки образцов. Для уточнения ориентировки петроструктурных осей и плоскостей скольжения предварительно произведены замеры ориентировок спайностей слюд (биотита, мусковита) для каждого из образцов. При этом выяснялось их соответствие с ориентировками плоскостных и линейных структурных элементов, таких как падение сланцеватости, полосчатости, слоистости, погружение шарниров. Диаграммы оптических осей кварца строились перпендикулярно плоскости, параллельной сланцеватости или полосчатости S и оси удлинения L. Исследования проводились на универсальном столике Федорова.

Были исследованы: один образец кварцосдержавших гнейсов из ханмейхойской свиты, ориентированный по контакту с амфиболитом, и два образца кварцосдержавших слюдистых гнейсов из париквасьшорской свиты, ориентированных по полосчатости, проявляющиеся на одном из крыльев складок F^p_{n+1} .

Измеренные оптические с-оси кварца (для ханмейхойской и париквасьшорской свит), а также ориентировки кристаллографических осей биотита (для париквасьшорской свиты) вынесены на сферические диаграммы (рис. 5).

На сферических диаграммах оптических осей кварца (рис. 5, a, b, c) для обеих свит узор представляется в виде трех пересекающихся поясов с двумя крупными максимумами по краям и несколькими небольшими ближе к плоскости скольжения. Такое распределение, исходя из эксперимен-

тальных и теоретических исследований [20], характерно для динамически рекристаллизованного кварца, доминирующим механизмом рекристаллизации которого является миграция зерновых границ [21], что также визуально наблюдается непосредственно в шлифах. По мнению вышеупомянутых исследователей, такой механизм характерен для кварца, рекристаллизованного, как минимум, при температурах выше 500°C. При возрастании стрессовых напряжений температурный диапазон увеличивается [22]. Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что основным механизмом образования складок являлось пластическое течение.

Кристаллографические ориентировки биотита из пород париквасьшорской свиты на диаграммах (рис. 5, с) для [001] представлены поясом с максимумом, ориентировка [010] — поясом с максимумом в направлении скольжения (рис. 5, d), а для [001] (рис. 5, e) с максимумом по оси вращения (шарниру). А.Н. Казаковым [23] установлено, что такие ориентировки для биотита характерны для условий посткристаллизационного механического вращения.

Ранее Л.Н. Любоженко [24] при проведении микроструктурных исследований пород париквасьшорской свиты сделала предположение об «уральской» природе деформаций, поскольку по получен-

ным ею данным следовало, что основным механизмом, ответственным за ориентировки кварца, явилось горизонтальное субширотное сжатие, которое привело к формированию как сжатых, так и открытых локальных складок с субвертикальными шарнирами, погружающимися на север. Такая, отличающаяся от нашей интерпретация результатов изучения ориентировок кварца в сланцах париквасьшорской свиты, связана с тем, что ориентировка складок первой генерации F_{n+1}^p меняется под воздействием наложенных поздних деформаций, а именно, изначально субвертикальные шарниры складок изменяют ориентировку (ундулируют), погружаясь как на север, так и на восток, и на запад (рис. 4, f). Поэтому мы считаем, что существенные изменения микроструктуры, будь то дробление, растворение, рекристаллизация кварца, кристаллизация мусковита и граната происходили во время формирования первой генерации складок F_{n+1}^p , а более поздние деформации лишь частично изменили микроструктурный облик париквасьшорской свиты. Это заключение подтверждается, в том числе, ориентировкой чешуйчатых минералов: мусковита и хлорита. Ориентировка мусковита коррелируется со складками F_{n+1}^p и F_{n+2}^p (рис. 6, a, b), а ориентировка хлорита говорит о его кристаллизации

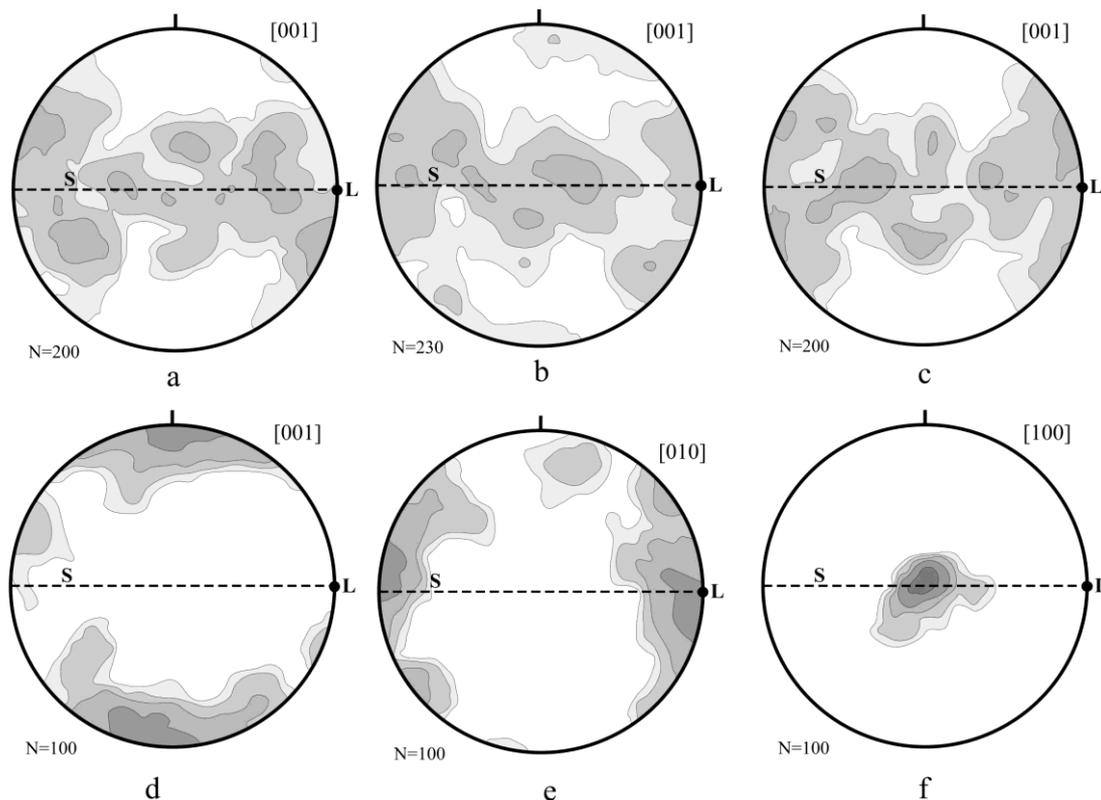


Рис. 5. Стереографические проекции микроструктурных ориентировок, плотность изолиний 1–2–4–8%, S – плоскость скольжения, L – направление скольжения, N – количество замеров: (а) оптические с-оси кварца, гнейс, ханмейхойская свита, (обр. 203); (б) оптические с-оси кварца, кристаллический сланец, париквасьшорская свита (обр. 206); (с) оптические с-оси кварца, кристаллический сланец, париквасьшорская свита (обр. 207); (d-f) кристаллографические ориентировки биотита, кристаллический сланец, париквасьшорская свита (обр. 206).

Fig. 5. Stereographic projections of microstructural orientations, contour density 1–2–4–8%, S – slip plane, L – slip direction, N – number of measurements: (a) optical c-axes of quartz, gneiss, Khanmeikhoy suite, (sample 203); (b) optical c-axes of quartz, crystalline schist, Parikvas'shor suite (sample 206); (c) optical c-axes of quartz, crystalline schist, Parikvas'shor suite (sample 207); (d-f) crystallographic orientations of biotite, crystalline schist, Parikvas'shor suite (sample 206).

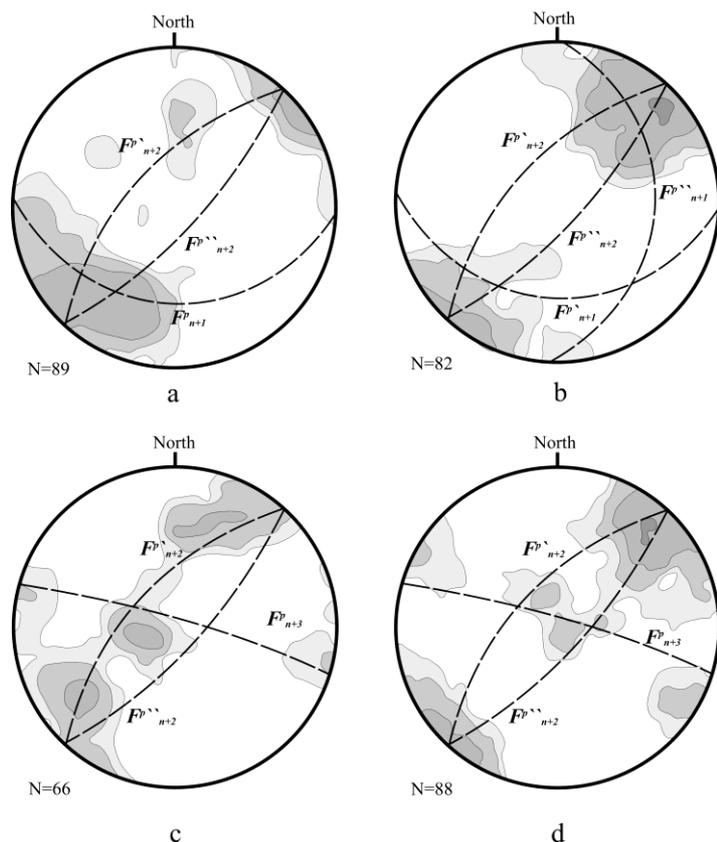


Рис. 6. Стереографические проекции микроструктурных ориентировок полюсов плоскостей спайностей мусковита (а, б) и хлорита (с, д) для отложений париквасьшорской свиты. Слева — обр. 206, справа — обр. 207. Плотность изолиний 2–4–8–16%, N – количество замеров. Дуги представляют пояса распределения полюсов крыльев складок.

Fig. 6. Stereographic projections of the microstructural orientations of the poles of the cleavage planes of muscovite (a, b) and chlorite (c, d) for the deposits of the Parikvas'shor suite. On the left – sample 206, on the right – sample 207. Density of isolines 2–4–8–16%, N – number of measurements. The arcs represent the distribution belts of the poles of fold limbs.

совместно со складками $F^{p_{n+2}}$ и $F^{p_{n+3}}$ (рис. 6, с, д).

Обсуждение

Невысокий уровень геохронологического обоснования возраста протолитов и последующих метаморфических преобразований пород харьбейского комплекса и относительно слабая степень изученности их метаморфизма позволяют дать лишь весьма приблизительную возрастную привязку описанных выше этапов деформации.

Наиболее ранние из наблюдаемых складок в ханмейхойской свите, которые на самом деле могут быть не первыми и поэтому обозначаются как «n+1», вероятно, связаны с высокотемпературным метаморфизмом (амфиболитовой или гранулитовой фаций). В этот деформационный этап в условиях высоких температур в породах образовывались асимметричные концентрические складки $F^{p_{n+1}}$ с субвертикальными осевыми поверхностями и пологими шарнирами. Формирование складок происходило в обстановке горизонтального сжатия. Процессы деформации и метаморфизма пород по времени (около 2.1 млрд лет назад) коррелируются с коллизией двух крупных континентальных блоков:

Волго-Уралии и Сарматии с образованием протоконтинента Волго-Сарматия [25].

На втором деформационном этапе (первом для париквасьшорской свиты) породы обеих свит подверглись складкообразованию в обстановке горизонтального сжатия при воздействии достаточно высоких температур и давлений в условиях амфиболитовой фации. Положение осевых поверхностей говорит об ориентировке оси сжатия с севера на юг, ось растяжения погружается на запад под небольшим углом. На данном этапе также происходили такие явления, как механическое вращение биотита в породах париквасьшорской свиты, дробление и рекристаллизация кварца. Можно предположить, что эти процессы проявились во время объединения двух составных частей Балтики: Волго-Сарматии и Фенноскандии (1.9–1.7 млрд лет назад) [25].

На третьем этапе деформаций в отложениях обеих свит сформировались асимметричные лежачие складки продольного изгиба ($F^{p_{n+3}}$ для ханмейхойской и $F^{p_{n+2}}$ для париквасьшорской свит) с субгоризонтальными осевыми поверхностями с образованием складок волочения в замках складок. Ось растяжения имеет северо-восточную ориентировку, ось сжатия субвертикальна. Судя по всему, на данном этапе происходил постепенный подъем Харьбейского блока и диафорез пород в условиях эпидот-амфиболитовой фации. Характер распределения напряжений говорит о том, что породы Харьбейского блока располагались в замке крупной антиформы северо-западного простирания, предположительно образовавшейся в коллизионный этап формирования тиманид в позднем венде [26].

На четвертом деформационном этапе возникают складки вдоль небольших сдвиговых зон с формированием кливажных доменов параллельно осевым поверхностям, которые имеют средние углы погружения. Формирование таких зон, скорее всего, связано с формированием Главного Уральского надвига при скольжении по срывам тектонических пластин. Здесь деформация осуществляется, скорее всего, за счет перемещения крупных блоков вдоль разломов.

Заключение

Начиная с этапа формирования изоклинальных складок с круто погружающимися шарнирами, структуры ханмейхойской и париквасьшорской свит развивались совместно. Складчатость сопровождалась высокотемпературным метаморфизмом пород. Механизмом образования складок являлось пластическое течение в обстановке горизонтального сжатия. Судя по данным о возрасте метаморфогенного циркона из гнейсов париквасьшорской свиты (1 896 млн лет) и структурно-геологическим взаимоотно-

ношениям стратиграфических подразделений, слагающих харьбийский комплекс, все они, в том числе париквасьшорская свита, относятся к дорифейскому структурному этажу.

Геологические взаимоотношения, различия в уровне метаморфизма пород и характере складчатости свидетельствуют о том, что париквасьшорская свита является наиболее молодым стратоном харьбийского комплекса, слагающим Париквасьшорскую синклираль.

Литература

1. *Цымбалюк А.В.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-42-VII. М., 1976.
2. *Охотников В.Н., Фомиченко Т.А., Бевз Е.И.* Юрмэнекский габбро-гранитный комплекс Полярного Урала // Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европейской части СССР / Коми филиал АН СССР. Сыктывкар, 1976. С. 73–79.
3. Геология и полезные ископаемые России. Запад России и Урал. Т. 1, кн. 2 / *Ред. О.А. Кондайн.* СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 581 с.
4. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1:2500000 / *Главный редактор Б. А. Яцкевич.* СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
5. *Стратиграфические схемы Урала* (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Уралгеолком, 1993.
6. *Краснобаев А. А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 152 с.
7. *Пыстина Ю.И., Пыстин А.М.* Цирконовая летопись уральского докембрия. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 168 с.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 (Салехард). Объяснительная записка / *Л.И. Зылева, А.Л. Коновалов, А.П. Казак и др.* СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 396 с.
9. *Коновалов А.Л., Лохов К.И., Черкашин А.В., Вакуленко О.В.* О тектонической границе между метаморфическими сланцевыми и кристаллическими образованиями позднего протерозоя Харьбийского антиклинория (Полярный Урал) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 68. С. 5–20.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Лист Q-42-VII, VIII (Обской). Объяснительная записка / *В.А. Душин, О.П. Сердюкова, А.А. Малюгин и др.* СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 384 с.
11. *Уляшева Н.С.* Термодинамическая эволюция метаморфизма пород харьбийского комплекса (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 2–6.
12. *Уляшева Н.С.* Метабазиты харьбийского комплекса (Полярный Урал). Сыктывкар, 2012. 99 с.
13. Глубинное строение Тимано-Североуральского региона / *Отв. редактор А. М. Пыстин.* Сыктывкар: Геопринт, 2011. 264 с.
14. *Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Конанова Н.В., Потапов И.Л.* Типизация нижнего докембрия Тимано-Североуральского региона. Сыктывкар: Геопринт, 2009. 36 с.
15. *Литошко Д.Н.* Топоминералогия медно-молибденовой рудной формации Полярного Урала. М.: Наука, 1988. 212 с.
16. *Голубева И.И.* Первичный состав и условия образования метаморфических пород париквасьшорского выступа // Магматиты и метаморфиты севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1991. С. 75–88 (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО АН СССР; Вып. 74).
17. *Peucat J.J., Bernard-Griffiths J., Gil Ibarguchi J.I. et al.* Geohemical and Geochronological cross-section of the deep Variscan crust: The Cabo Ortegal high-pressure nappe (northwestern Spain) // *Tectonophysics.* 1990. Vol. 110. P. 463–472.
18. *Молдаваницев Ю.Е., Перфильев А.С.* Проявление метаморфизма в связи с глубинным разломом на Полярном Урале // *Известия АН СССР. Сер. геол.,* 1962. № 4. С. 50–55.
19. Геологическая съемка сложноподстилаемых комплексов / *В.Д. Вознесенский, Н.В. Горлов, А.В. Доливо-Добровольский и др.* Л.: Недра, 1980. 239 с.
20. *Stipp M., Stünitz H., Heilbronner R., Schmid S.M.* Dynamic recrystallization of quartz: correlation between natural and experimental conditions // *Geological Society, London, Special Publications.* 2002. Vol. 200. P. 171–190. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2001.200.01.11>
21. *Passchier C.W., Trouw R.A.J.* *Microtectonics.* Springer Science & Business Media, 2005. 366 p.
22. *Stipp M., Stünitz H., Heilbronner R., Schmid S.M.* The eastern Tonale fault zone: a ‘natural laboratory’ for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700 C // *Jour. Struct. Geol.* 2002. Vol. 24 (12), P. 1861–1884. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00035-4)
23. *Казаков А.Н.* Динамический анализ микроструктурных ориентировок минералов. Л.: Наука, 1987. 272 с.
24. *Любоженко Л.Н.* Результаты микроструктурного изучения пород париквасьшорского блока (Полярный Урал) // Магматические и метаморфические комплексы севера Урала. Сыктывкар, 1994. С. 80–86. (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН.; Вып. 87).
25. *Bogdanova S. V., Gintov O. B., Kurlovich D. M. et al.* Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna) // *Lithos.* 2013. Vol. 174. P. 196–216.
26. *Пучков В. Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

References

1. *Tsybalyuk A.V.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Severo-Ural'

- skaya. List Q-42-VII [Geological map of the USSR, scale 1:200000. North-Urals series. Sheet Q-42-VII]. Moscow, 1976.
2. *Okhotnikov V.N., Fomichenko T.A., Beuz E.I.* Yurmenekskij gabbro-granitnyj kompleks Polyarnogo Urala [Yurmenek gabbro-granite complex of the Polar Urals] // *Geologiya i poleznye iskopaemye severo-vostoka Evropejskoj chasti SSSR* [Geology and minerals of the northeast of the European part of the USSR]. Komi Branch, USSR Ac. Sci. Syktyvkar, 1976. P. 73–79.
 3. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii. Zapad Rossii i Ural* [Geology and minerals of Russia. West of Russia and the Urals.]. Vol. 1, Book 2 / *Ed. O.A. Kondiain.* St.Petersburg: VSEGEI, 2011. 581 p.
 4. *Geologicheskaya karta Rossii i prilgayushchih akvatorij masshtaba 1:2500000* [Geological map of Russia and adjacent water areas, scale 1:2500000] / *Chief ed. B.A. Yatskevich.* St. Petersburg: VSEGEI, 2000.
 5. *Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembrij, paleozoj)* [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Ekaterinburg: Uralgeolkom, 1993.
 6. *Krasnobaev A.A.* Cirkon kak indikator geologicheskikh processov [Zircon as an indicator of geological processes]. Moscow: Nauka, 1986. 152 p.
 7. *Pystina Yu.I., Pystin A.M.* Cirkonovaya letopis' ural'skogo dokembriya [Zircon Chronicle of the Ural Precambrian]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2002. 168 p.
 8. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Zapadno-Sibirskaya. List Q-42 (Salekhard). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000. 3rd generation. West Siberian series. Sheet Q-42 (Salekhard). Explanatory note] / *L.I. Zyleva, A.L. Konovalov, A.P. Kazak et al.* St.Petersburg: VSEGEI, 2014. 396 p.
 9. *Konovalov A.L., Lokhov K.I., Cherkashin A.V., Vakulenko O.V.* O tektonicheskoy granice mezhdru metamorficheskimi slancevymi i kristallicheskimi obrazovaniyami pozdnego proterozoya Harbejskogo antiklinoriya (Polyarnyj Ural) [On the tectonic boundary between metamorphic shale and crystalline formations of the Late Proterozoic of the Kharbey anticlinorium (Polar Urals)] // *Regional'naya geologiya i metallogeniya* [Regional geology and metallogeny]. 2016. № 68. P. 5–20.
 10. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya Polyarno-Ural'skaya. List Q-42-VII, VIII (Obskoj). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200000. 2nd edition. Polar-Urals series. Sheet Q-42-VII, VIII (Obs). Explanatory note] / *V.A. Dushin, O.P. Serdyukova, A.A. Malyugin et al.* St. Petersburg: VSEGEI, 2014. 384 p.
 11. *Ulyasheva N.S.* Termodinamicheskaya evolyuciya metamorfizma porod harbejskogo kompleksa (Polyarnyj Ural) [Thermodynamic evolution of metamorphism of rocks of the Kharbey complex (Polar Urals)] // *Bull. of the Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.* 2011. № 9. P. 2–6.
 12. *Ulyasheva N.S.* Metabazity harbejskogo kompleksa (Polyarnyj Ural) [Metabasites of the Kharbey complex (Polar Urals)]. Syktyvkar, 2012. 99 p.
 13. *Glubinnoe stroenie Timano-Severoural'skogo regiona* [Deep structure of the Timan-North Urals region] / *Ed. A.M. Pystin.* Syktyvkar: Geoprint, 2011. 264 p.
 14. *Pystin A.M., Pystina Yu.I., Konanova N.V., Potapov I.L.* Tipizaciya nizhnego dokembriya Timano-Severoural'skogo regiona [Typification of the Lower Precambrian of the Timan-North Urals region]. Syktyvkar: Geoprint, 2009. 36 p.
 15. *Litoshko D.N.* Topomineralogiya medno-molibdenovoj rudnoj formacii Polyarnogo Urala [Topomineralogy of the copper-molybdenum ore formation of the Polar Urals]. Moscow: Nauka, 1988. 212 p.
 16. *Golubeva I.I.* Pervichnyj sostav i usloviya obrazovaniya metamorficheskikh porod parikvas'shorskogo vystupa [Primary composition and conditions of formation of metamorphic rocks of the Parikvas'shor uplift] // *Magmatity i metamorfity severa Urala i Timana* [Magmatites and metamorphites of the north of the Urals and Timan]. Syktyvkar, 1991. P. 75–88 (Proc. of the Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 74).
 17. *Peucat J.J., Bernard-Griffiths J., Gil Ibarguchi J.I.* et al. Geochemical and Geochronological cross-section of the deep Variscan crust: the Cabo Ortegal high-pressure nappe (northwestern Spain) // *Tectonophysics*, 1990. 110. P. 463–472.
 18. *Moldavantsev Yu.E., Perfilyev A.S.* Proyavlenie metamorfizma v svyazi s glubinnym razlomom na Polyarnom Urale [Manifestation of metamorphism in connection with a deep fault in the Polar Urals] // *Izvestiya USSR Ac. Sci. Series Geology*, 1962. № 4. P. 50–55.
 19. *Geologicheskaya s'emka slozhnodislocirovannykh kompleksov* [Geological survey of complexly dislocated complexes] / *V.D. Voznesensky, N.V. Gorlov, A.V. Dolivo-Dobrovolsky et al.* Leningrad: Nedra, 1980. 239 p.
 20. *Stipp M., Stünitz H., Heilbronner R., Schmid S.M.* Dynamic recrystallization of quartz: correlation between natural and experimental conditions // *Geological Society, London, Special Publications*. 2002. Vol. 200. P. 171–190. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2001.200.01.11>
 21. *Passchier C.W., Trouw R.A.J.* *Microtectonics*. Springer Science & Business Media, 2005. 366 p.
 22. *Stipp M., Stünitz H., Heilbronner R., Schmid S.M.* The eastern Tonale fault zone: a 'natural laboratory' for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700 C // *Jour. Struct. Geol.* 2002. Vol. 24

- (12). P. 1861–1884. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00035-4)
23. *Kazakov A.N.* Dinamicheskij analiz mikrostrukturnyh orientirovok mineralov [Dynamic analysis of microstructural orientations of minerals]. Leningrad: Nauka, 1987. 272 p.
24. *Lyubozhenko L.N.* Rezul'taty mikrostrukturnogo izucheniya porod parikvas'shorskogo bloka (Polyarnyj Ural) [Results of microstructural study of rocks of the Parikvas'shor block (Polar Urals)] // *Magmaticheskie i metamorficheskie komplekсы severa Urala* [Magmatic and metamorphic complexes of the North of the Urals]. Syktyvkar, 1994. P. 80–86 (Proc. of the Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS; Issue 87).
25. *Bogdanova S.V., Gintov O.B., Kurlovich D.M.* et al. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna) // *Lithos*. 2013. Vol. 174. P. 196–216.
26. *Puchkov V.N.* Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and SubUrals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DesignPoligraphService, 2010. 280 p.

Статья поступила в редакцию 18.09.2020