УДК 552.4:551.24:551.72(234.851)

А. Л. КОНОВАЛОВ, К. И. ЛОХОВ, А. В. ЧЕРКАШИН, О. В. ВАКУЛЕНКО (ВСЕГЕИ)

О тектонической границе

между метаморфическими сланцевыми и кристаллическими образованиями позднего протерозоя Харбейского антиклинория (Полярный Урал)

Получены новые данные по геологическому строению зоны несогласия между зеленосланцевым и мигматит-гнейсово-амфиболитовым структурно-вещественными комплексами Харбейского антиклинория. Проведены комплексные структурно-геологические, изотопно-геохронологические и геохимические исследования метаморфических образований, изучена U-Pb изотопная система. В цирконах получены изотопные датировки метаморфических пород мигматит-гнейсово-амфиболитового комплекса и «галек» гранитоидов из «базальных конгломератов» зеленосланцевого комплекса, установлен тектонический характер их взаимоотношений. Результаты исследований свидетельствуют о масштабных эндогенных событиях на Полярном Урале в венде — раннем кембрии и на рубеже силура и девона. Ключевые слова: Полярный Урал, изотопная геохронология, метаморфизм, докембрий, гнейсы,

амфиболиты, зеленые сланцы, несогласия, тектонический микстит, тектониты.

A. L. KONOVALOV, K. I. LOKHOV, A. V. CHERCASHIN, O. V. VAKULENKO (VSEGEI)

Tectonic boundary

between the Late Proterozoic shales and crystalline metamorphic rocks of the Kharbey anticlinorium (Polar Urals)

New data concerning geological structure of unconformity zone between greenshists and migmatitegneiss-amphibolite complexes of the Kharbey anticlinorium have been revealed. Authors have carried out geological, structural, geochemical, geochronological, and U-Pb isotopic researches of zircons from metamorphic rocks. As a result, new isotopic ages of metamorphic rocks of migmatite-gneiss-amphibolite complex and granitic «pebbles» from basal conglomerates of greenshist complex have been obtained. Authors state that the contact between these complexes is tectonic. The result of the research shows that large-scale metamorphic events took place in Polar Urals at Vendian – Early Cambrian time and on the boundary between Silurian and Devonian time.

Keywords: Polar Urals, isotopic geochronology, metamorphism, Precambrian, gneiss, amphibolite, greenshists, unconformity, tectonites.

В полярном секторе Уральской складчатой системы позднепротерозойские метаморфические образования формируют сложнодислоцированную тектоническую структуру, известную в литературе как Харбейский антиклинорий. С запада его ограничивает Собско-Нундерминский надвиг [5, 6], по которому позднепротерозойские образования надвинуты на палеозойские сланцевые комплексы (орангская свита О₁₋₂). В антиклинории могут быть выделены три структурно обособленные части, последовательно сменяющие друг друга в восточном направлении: Западно-Харбейский параавто-хтон, Центрально-Харбейский и Восточно-Харбейский аллохтоны [6].

Западно-Харбейский параавтохтон образован метаморфизованными в зеленосланцевой фации и динамометаморфизованными вулканогеннотерригенными парагенезами няровейской серии (верхнехарбейская и минисейшорская свиты RF₂? и немурьюганская свита RF₃), составляющими *зеленосланцевый* структурно-вещественный комплекс – CBK (рис. 1).

Центрально- и Восточно-Харбейский аллохтоны ограничены снизу и на поверхности Хадатинско-Ханмейским и Лаптаеганским шарьяжами [6]. Тектонические покровы сложены породами *мигматит-гнейсово-амфиболитового* СВК, датируемыми, по одним данным, нижним протерозоем [15, 16], по другим источникам, условно верхним протерозоем [6]. Особенностями строения территории служат локальные проявления специфических образований марункеуского *амфиболит-гнейсового* комплекса. Взаимоотношения и возраст образований зеленосланцевого и мигматит-гнейсово-амфиболитового CBK — предмет обсуждения в данной работе.

История вопроса. Системные работы по геологическому картированию этой территории в м-бе 1 : 200 000 начаты Г. П. Сафроновым (1947), М. С. Бельским (1953) и др. Позднее А. В. Цымбалюком составлены сводные геологические карты листов Q-42-I и Q-42-VII (1960), которые, наряду с данными первых геологических сьемок м-ба 1 : 50 000 (И. К. Сулимов, Л. А. Смирнов, И. Л. Соловейчик, В. Н. Гессе и др.), легли в основу изданных листов Госгеолкарты-200 [3, 4]. Зеленосланцевые образования были расчленены на няровейскую и немурьюганскую свиты верхнепротерозойско-кембрийского



Рис. 1. Схематическая геологическая карта Харбейско-Щучинского междуречья (сост. по материалам А. В. Душина, А. Л. Коновалова, А. П. Казака, А. В. Жданова)

1 -сядайская свита кремнисто-сланцевая-базальтовая (O₃-S₂); 2 -орангская свита зеленосланцевая (O₁₋₂); 3 -сядатинская свита вулканогенно-терригенная (V₂-C₁); 4 -зеленосланцевый CBK (няровейская серия и немурьюганская свита, объединенные (RF₂₋₃?); 5, 6 -мигматит-гнейсовоамфиболитовый CBK: 5 -лаптаюганская свита (RF₃?), 6 ханмейхойская свита (RF₃?); 7 -марункеуский комплекс амфиболито-гнейсовый (V₂-C?); 8 -сыумкеуский комплекс дунит-гарцбургитовый (O₂?); 9 -сядатаяхинский комплекс аляскитовых гранитов (V-C₁); 10 -евъюганский метагранитовый комплекс (V₂-C?); 11 -харбей-собский (крестовский) комплекс габбро-диорит-гранодиоритовый (RF₃-V₁); 12-15 -тектонические нарушения: 12 -шарьяжи, 13, 14 надвиги (13 -главные, 14 -прочие), 15 -прочие разломы; 16 -геологические границы.

Цифры в кружках: 1 – Собско-Нундерминский надвиг, 2 – Хадатинско-Ханмейский шарьяж, 3 – Главный Уральский разлом, 4 – Хадаковский надвиг.

Участки работ (прямоугольники): 1 – Бадъяеганский, 2 – Лаптаяхинский

возраста, а амфиболитово-гнейсовые выделены в харбейский комплекс, включающий ханмейхойскую, а позднее и париквасьшорскую свиты. У геологов, изучавших и картировавших эти метаморфические образования, не было единой точки зрения относительно их возраста и структурного положения. Ряд исследователей (Г. П. Софронов, В. Я. Устинов, Н. И. Попович и др., 1956–1960) относили амфиболиты и гнейсы харбейского комплекса к верхнему протерозою, на котором структурно несогласно залегали зеленосланцевые образования. Ю. Н. Никитин (1964), А. П. Белоусов (1964), В. Н. Воронов (1965) считали наоборот, что породы харбейского комплекса, одновозрастные ранне-среднеордовикским сланцам орангской свиты, залегают несогласно(!) на зеленосланцевых образованиях (няровейская и немуръюганская свиты). Ю. Е. Молдованцев и А. С. Перфильев (1960) относили харбейский комплекс к верхней части разреза верхнего протерозоя, считая, что он согласно залегает на зеленосланцевых образованиях и метаморфизм не может приниматься во внимание при

обосновании стратиграфического положения пород харбейского комплекса. А. П. Прямоносов указывает на находки ордовикских конодонтов и хитинозой на правом берегу р. Лаптаеган (руч. Ярейсоим) из графитоидно-кварцитовых сланцев лаптаеганской свиты (1994).

По данным А. И. Шмидта (1974), «гальки» гранитоидов из «базальных» слоев верхнехарбейской свиты являются результатом «очковой» гранитизации, местами приводящей к образованию тел микропегматитовых гранитов. Состав «галек» меняется и соответствует составам пород, окружающих этот горизонт. Во многих разновидностях «базальных» пород установлен глаукофан.

Несмотря на столь очевидные сложные структурные проблемы взаимоотношений зеленосланцевых и кристаллических образований, до сих пор до конца неразрешенные, возобладала точка зрения, закрепившая положение о несогласном залегании зеленосланцевых образований (зеленосланцевый CBK) на амфиболит-гнейсовом основании (*мигматит-гнейсово-амфиболитовый* CBK), датируемом верхним, а позже нижним протерозоем [3–5].

Характеристика регионально-метаморфических пород. Зеленосланцевый СВК сложен (снизу вверх) породами няровейской серии (верхнехарбейская и минисейшорская свиты) и немуръюганской свиты.

Няровейская серия образована преимущественно зеленоцветными, реже углеродистыми филлитовидными сланцами различного состава: хлоритсерицит-кварц-альбитовыми, альбит-кварцхлоритовыми, углеродисто-серицит-кварцевыми, в том числе апобазальтовыми, с линзами мраморов и прослоями метапесчаников и метаалевролитов. Возраст верхнехарбейской и минисейшорской свит условно принят среднерифейским по положению в разрезе ниже немуръюганской свиты, в которой имеются единичные находки проблемных микрофитолитов, на основании которых и был принят ее позднерифейский возраст.

В составе немуръюганской свиты преобладают серицит-хлорит-альбит-кварцевые сланцы (часто карбонатные и углеродсодержащие), переслаивающиеся с метабазальтами, апобазальтовыми, реже аподацит-апориолитовыми сланцами; присутствуют мраморизованные доломитовые известняки и кварциты. Зеленые и углеродистые сланцы большей частью представляют собой тектонизированные тонкополосчатые породы -«полосатики», образованные слойками (2–15 мм) кварц-альбитового и серицит-хлоритового, кварцсерицит-углеродистого агрегата. Они в различной степени смяты в изоклинальные и плойчатые микроскладки (рис. 2). Подобные образования следует относить уже к классу дислокационнометаморфических пород (тектонитов). Следует отметить, что приводимые в некоторых первоисточниках описания этих стратонов нередко включают, наряду с метаморфизованными породами, названия реконструированных (первичных) пород – конгломератов, песчаников, алевролитов, базальтов и др. без соответствующих приставок мета- или апо-, что приводит к искажению представления об этих породах. На немуръюганской свите с несогласием (?) залегают образования вулканогенно-терригенной сядайской свиты с условным возрастом (судя по положению в разрезе) венд – нижний кембрий [5].



Рис. 2. Тектонический микстит на контакте верхнехарбейской и ханмейхойской свит (ручей Ступенчатый)

а, *б* – обломки эпидотизированных метадиоритов позднерифейско-вендского возраста, *в* – плойчатые кварц-альбит-хлоритовые сланцы-«полосатики» (тектониты) верхнехарбейской свиты

Зеленосланцевые образования вмещают многочисленные пластово-линзовидные тела палингенно-метасоматических плагиогранитов вендско-кембрийского возраста, отнесенные к сядатаяхинскому гранитовому комплексу [5, 8].

Мигматит-гнейсово-амфиболитовый СВК сложен породами (снизу вверх) ханмейхойской, лаптаюганской и париквасьшорской свит.

Ханмейхойская и лаптаюганская свиты состоят из плагиоклазовых, гранатовых и эпидот-гранатовых амфиболитов и чередующихся с ними амфиболбиотитовых и биотитовых гнейсов. В одних разрезах преобладают амфиболиты, в других гнейсы.

Париквасьшорская свита образована кристаллосланцами и различными парагнейсами с небольшим количеством амфиболитов, кварцитов и высокоглиноземистых плагиогнейсов с силлиманитом и ставролитом. Вверх по разрезу гранатсодержащие альбитовые амфиболиты постепенно замещаются плагиогнейсами и кристаллосланцами.

Палингенно-метасоматические аляскитовые граниты, залегающие среди амфиболитов и гнейсов в виде субпластовых тел, являются продуктами гранитизации и мигматизации и отнесены к евъюганскому (гердизскому) мегагранитовому комплексу с условным возрастом венд—ранний кембрий [5, 6, 13].

Наиболее древние изотопные датировки гнейсов получены Pb-Pb методом (ТИЭ) по навескам цирконов из плагиогнейсов и гранат-слюдистых кристаллических сланцев ханмейхойской и лаптаюганской свит (2220, 2071, 1765, 1730 млн лет [10, 15]) и U-Pb методом (²⁰⁶Pb/²³⁸U) по биотитмусковитовым плагиогнейсам (с гранатом и ставролитом) париквасьшорской свиты по трем зернам цирконов (1896, 951 и 555 млн лет [15, 16]), которые стали одним из оснований отнесения этих свит к нижнему протерозою. Позднее была установлена осадочная природа субстрата гнейсов и кристаллических сланцев париквасьшорской свиты [2] и значительной части гнейсов ханмейхойской и лаптаюганской свит [11], что указывает на присутствие в пробах переотложенных обломочных цирконов.

Более или менее надёжно доказанные дорифейские возрасты гнейсово-амфиболитовых образований на Урале пока немногочисленны — это тараташский комплекс и селянинская свита. Сомнения относительно раннепротерозойского возраста метаморфических пород восточного склона Урала обоснованы в работе А. И. Кукушкина [11], считающего, что возраст большинства гнейсово-амфиболитовых толщ датируется средним-верхним рифеем. На основании U-Pb датирования (SHRIMP II) стратоны, до этого относимые к нижнему протерозою, переведены в нижнерифейские (няртинская и неркаюская свиты Приполярного Урала, городищенская свита Южного Урала и др.).

Проявления динамометаморфизма в различной степени фиксируются практически на всем пространстве Харбейского антиклинория. В современном структурном плане породы сланцевого комплекса формируют «дислокационную моноклиналь» с восточным падением плоскостей сланцеватости, подчиненную простиранию генеральной структуры. В зеленых сланцах проявления дислокационной сланцеватости не всегда совпадают с метаморфической полосчатостью. Породы интенсивно дислоцированы, смяты в мелкие дисгармоничные складки – изоклинальные, плойчатые. В них широко проявлены структуры пластического течения пород. Обычны будинаж-структуры, включающие обрывки слоев и микроскладок с большим количеством будин-«закатышей» червеобразной и округлой формы кварцевого и альбит-кварцевого состава.

Иногда наблюдаются тектонические линзы, сформированные в результате совместной пластической деформации разнокомпетентных пород – кварцполевошпатовых и хлорит (амфибол)-эпидотовых. Распределение динамических нагрузок на регионально-метаморфизованные породы по латерали неравномерно. Наблюдаются значительные участки интенсивно рассланцованных позднепротерозойских пород, но без признаков вышеописанных структур, что свидетельствует о зональном характере дислокационного метаморфизма, при котором распределение максимальных напряжений связано с шовными зонами сложнопостроенных тектонических пластин. Картирование их в большинстве случаев затруднено из-за однотипности дислоцированной массы зеленых сланцев, образующих доминирующие объёмы в позднепротерозойских и раннепалеозойских сланцевых комплексах, склонных к пластическому течению и деформациям.

Подобные дислокации на микро- и макроуровнях описаны и в амфиболитах париквасьшорской свиты, слагающих синформу в ядре «Харбейского блока» в бассейне р. Б. Харбей [1, 12]. В кристаллических метаморфических породах особенно широко развит порфиробластез.

Оценка геобарометрических параметров дислоцированных метаморфитов Харбейского антиклинория проведена ранее по материалам, собранным по профилю, проходящему по долине р. Б. Харбей [7]. Наиболее высокие значения РТ параметров (640-670 °С и 12-14 кбар) получены для образцов из гранатсодержащих пород ханмейхойской свиты в восточной части антиклинория. Для большинства остальных гранатсодержащих образцов из осевой части Центрально-Харбейского аллохтона наблюдается тенденция падения расчетных параметров в западном направлении, в частности давления от 10,4 до 6,8-5,1 кбар. Наиболее низкие значения Р 5,1-6,9 кбар и Т 424-488 °С получены для безгранатовых зеленых сланцев немуръюганской и орангской свит на западном окончании профиля. Высокие давления, получаемые методом расчета минеральных равновесий, косвенно подтверждаются как специфическими составами некоторых минералов (например, высокими содержаниями Al в амфиболах, а также Na), так и присутствием некоторых минералов, характерных для низкотемпературных комплексов повышенных давлений (парагонита и стильпномелана).

Марункеуский амфиболит-гнейсовый комплекс [6] представляет собой уникальный тектонический объект в виде пакета сложноустроенных пластин, «выныривающих» из-под аллохтонных ультрабазитов Сыумкеуского массива. Они изначально были выделены в составе марункеуской свиты [3], а позднее как самостоятельный метаморфический комплекс (Н. Г. Удовкина [17]). По данным Н. Г. Удовкиной, А. П. Казака, В. И. Ленных, П. М. Вализер и др., изучавших эти образования, комплекс условно делят на верхнюю и нижнюю части. В нижней (ручьи Нягар-Нео-Шор, Перидотитовый) развиты чередующиеся тела гнейсов, гранитогнейсов, в меньшей степени гранатовых амфиболитов, мигматитов и наложенных эклогитов. Верхняя часть представлена чередующимися пакетами очковых амфиболитов (с гранатом и биотитом) и биотитовых, роговообманково-биотитовых, двуслюдяных плагиогнейсов (часто гранатсодержащих), среди которых иногда отмечаются скрины альмандиновых эклогитов.

Типичны широкие поля гранитизации, полностью стирающей границы между гнейсами и гранитоидами. В районе Слюдяной горки наблюдается цепочка тел эклогитов и эклогитизированных перидотитов, габбро и развитых по ним бластотектонитов. Нельзя исключать возможности присутствия в составе пакета пластин пород разновременных стратифицированных и инъективных СВК. Образования марункеуского комплекса испытали впоследствии воздействие высоких фаций дислокационного метаморфизма, что нашло отражение в появлении значительного объема эклогитоподобных пород, эклогитов и глаукофановых сланцев.

По единичным цирконам из эклогитов (по габбровому субстрату), отобранных в районе горы Габбровая, конкордантный возраст 485,4 \pm 4,0 млн лет (VSWD 0,59, Prob 0,44) отвечает, вероятно, магматическому возрасту габброидов субстрата, и возраст 392 \pm 13,0 млн лет (VSWD 0,16, Prob 0,69), полученный по светлым оторочкам зерен, указывает на вероятное время формирования эклогитов [7]. Подобные взаимоотношения известны в цирконах из эклогитов Беломорья.

Севернее, на левобережье р. Б. Хадата, в зоне тектонического контакта ультрабазитов Сыумкеуского массива с метаморфическими сланцами минесейшорской (?) свиты, известно проявление высокобарической жадеитовой минерализации (месторождение Пусьерка). Цирконы, выделенные на месторождении из серых жадеититов, показали конкордантный возраст 409 ± 3 млн лет (VSWD 0,114, Prob 0,74) [10].

Ранее Rb-Sr методом по глаукофановым сланцам из зоны ГУР на Полярном Урале получен изотопный возраст 347 ± 72 млн лет (М. А. Шишкин, 2005).

Структурные взаимоотношения зеленосланцевого и кристаллического комплексов. Изображаемое на геологических картах несогласное залегание верхнехарбейской свиты на ханмейхойской установить практически невозможно, что объясняется высокой степенью дислоцированности пород, полностью стирающей границы естественных напластований. Установленным можно считать существование различных структурных планов этих комплексов.

Принято считать [3, 5], что в основании верхнехарбейской свиты залегает пачка метаморфизованных полимиктовых «конгломератов», переслаивающихся иногда с маломощными пачками «гнейсо-сланцев», огнейсованных аркозовых песчаников и гравелитов мощностью от первых до 300 м. «Гальки» конгломератов сильно раздавлены; размер их до 30 см. В составе «галек» преобладают микроклин-пертитовые граниты, гнейсограниты (часто с микропегматитовой структурой), обычно альбитизированные и эпидотизированные; встречаются также кварциты, кварц, хлоритизированные слюдяные гнейсы, хлорит-амфиболовые ортосланцы, иногда амфиболиты и массивный магнетит. «Цемент» конгломератов мусковит-альбит-кварцевого, глаукофан-эпидот-полевошпатового, хлорит-альбит-кварцевого состава характеризуется гранолепидо- и лепидогранобластовой структурой. Местами образования свиты интенсивно гранитизированы с возникновением мигматитов и инъекционных гнейсов.

Относительно горизонта «полимиктовых конгломератов» среди полярноуральских геологовсъемщиков существуют различные мнения. Одни



Рис. 3. Псевдогальки кварца в полевошпатово-кварцевых породах (ручей Лаптаяха)

считают эти породы «базальными», несогласно покрывающими древний кристаллический комплекс основания Уральской складчатой системы, другие рассматривают их как продукт проявления сложного комплекса метаморфогенно-дислокационных процессов (псевдоконгломераты).

Этот уровень прослежен нами на полевых работах на участке «Бадъяеганский» на правобережье и левобережье р. Б. Харбей (ручьи Бадъяеган и Ступенчатый) и на участке «Лаптаяхинский» на правобережье р. Б. Щучья (ручьи Пэсавейяха и Лаптаяха). Использованы также материалы полевых работ 2007 г., проведенных отделом Урала ВСЕГЕИ [13].

На первом участке (ручей Ступенчатый) образования, относимые ранее к «базальному горизонту». идентифицированы в зоне подшарьяжных дислокаций и рассматриваются нами в ранге тектонических микститов (тектонитов) мусковит-кварцполевошпатового состава с хорошо выраженными диагностическими признаками - текстурами пластического течения, милонитизации и т. п. [14]. В мусковит-кварц-полевошпатовом матриксе «закатаны» единичные округлые обломки зеленовато-серых мелкозернистых альбитизированных и эпидотизированных пород размером до 7 см (рис. 2). Химический состав обломков соответствует нормальным и умереннощелочным диоритамгранодиоритам (SiO₂ 57,3–69,9, Na₂O 2,39–03,3 + + Ka₂O 0,84-2,25 = 3,23-5,55 %) (табл. 1). По вещественному составу (кварц, альбит, эпидот мусковит, амфибол) обломки в большинстве идентифицируются как диафторированные метадиориты-метагранодиориты, принимаемые ранее за «гальки микроклин-пертитовых гранитов базальных конгломератов» верхнехарбейской свиты [5]. Изотопно-геохронологические характеристики цирконов из обломков пород приведены ниже.

На правобережье р. Б. Щучья (ручей Пэсавейяха), где показано несогласное залегание вышеназванных свит, картируется мощная полоса тектонитов (шириной около 300—400 м) с полностью дезинтегрированной массой первичных пород (сланцев и амфиболитов) с характерной флазерной сланцеватостью и структурами пластического течения, на 8 км прослеженных нами в коренных выходах. На ее продолжении (левобережье р. Б. Щучья, устье ручья Лаптаяха) в зоне на пологом склоне покрытого тундрой предполагаемого тектонического контакта наблюдается коренной выход интенсивно рассланцованных полевошпатово-кварцевых пород, основная масса которых сложена слюдяно-кварц-полевошпатовым агрегатом с многочисленными изометричными выделениями полевых шпатов (мм). Породы пронизаны веретенообразными выделениями (дм) молочно-белого кварца, дающими в поперечном срезе (рис. 3) уплощенные линзы (см), напоминающие гальки пород. В продольном срезе это протяженные сложнопостроенные линзующиеся выделения того же кварца, сформированные в условиях интенсивного сжатия.

Учитывая структурные особенности и исключительно интенсивную дислоцированность рассмотренных образований, их следует выделять в особую группу пород — тектонических микститов (тектонитов), формирующих мощную зону надвигового типа, выделенную [6] в ранге Хадатинско-Ханмейского шарьяжа, по которому позднерифейские (?) породы *мигматит-гнейсово-амфиболитового* СВК надвинуты на средне-позднерифейские (?) зеленосланцевые образования.

U-Pb изотопные и геохимические исследования проводились в ЦИИ ВСЕГЕИ на SHRIMP II. Анализировались образцы, отобранные из ханмейхойской и париквасьшорской свит *мигматит-гнейсовоамфиболитового* СВК и из обломков гранитоидов в зоне тектонического контакта зеленосланцевого и мигматит-гнейсово-амфиболитового СВК (верхнехарбейской и ханмейхойской свит).

В ханмейхойской свите отобрано пять проб.

В пр. 6092-2 из альбититовых амфиболитов (ручей Ровный, правобережье р. Б. Харбей) основной породообразующий минерал – роговая обманка 60-85, альбит присутствует в виде мелких овоидных включений 10-20, гранат 0-10, эпидот 0-15 %, а также хлорит, цоизит, мусковит. Сопоставление химического состава амфиболитов с магматическими породами указывает на значительное сходство амфиболитов с базальтоидами известковощелочного ряда. Цирконы в трех разновидностях. Наиболее древние цирконы светло-коричневые, без ростовой зональности, в виде интенсивно корродированных зерен. В более темном коричневом цирконе наблюдается тонкая зональность. Это короткопризматические мелкие зерна размером от 35 до 150 мкм и коэффициентом удлинения (Ку) от 1,3 до 3,0. В катодолюминесцентном (КЛ) свете они с ярким и слабым свечением (рис. 4). На

-	-
UTU	2
201	5
Ę	3

	Корреляция ошибок	0,3 0,6 0,6 0,7 0,2 0,2 0,2	406 2586 2586 2586 3550 5578 5578 5578 5578 5578 570 570 570 570 570 570 570 570 570 570	,820 ,925 ,586 ,814 ,831
	¥ 7%	1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,3 1,4 1,3 1,4 1,4 1,4 1,1,	1,3 1,1 1,1 1,1 1,2 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,73 0,77	1,9 1,9 1,9 2,0 1,9 1,9
	(1) ²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	$\begin{array}{c} 0,089\\ 0,093\\ 0,094\\ 0,094\\ 0,094\\ 0,095\\ 0,095\\ 0,095\\ 0,096\\ 0,096\end{array}$	0,06599 0,06681 0,06681 0,0503 0,07124 0,097465 0,09743 0,09743 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,09765 0,010107 0,010108 0,10108 0,101982 0,101982 0,101982 0,110195 0,11095 0,11095	0,0931 0,0883 0,0896 0,085 0,0872 0,0906
	+ %	2,5,4,4,5,7,4,5,7,4,5,7,4,5,7,4,7,5,7,4,5,7,5,7	244700000000000000000000000000000000000	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
19	(1) ²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	$\begin{array}{c} 0,72\\ 0,78\\ 0,78\\ 0,78\\ 0,78\\ 0,78\\ 0,78\\ 0,76\\ 0,77\\ 0,81\\ 0,81\end{array}$	$egin{array}{ccccc} 0,528\ 0,528\ 0,564\ 0,564\ 0,564\ 0,582\ 0,779\ 0,803\ 0,823\ 0,833\ 0,833\ 0,935\ 0,935\ 0,935\ 0,935\ 0,935\ 0,935\ 0,957\ 0$	0,758 0,712 0,717 0,688 0,733 0,706 0,748
атов ханмейхойской свиты	Степень дис- кордантности, %	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	2 ~ 4 % % % % % % % % % % % % % % % % % %	
	4лн лет •b∕ ²⁰⁶ Рb	$\begin{array}{c} \pm 54 \\ \pm 72 \\ \pm 77 \\ \pm 73 \\ \pm 73 \\ \pm 50 \\ \pm 115 \\ \pm 124 \end{array}$	51 88 19 19 19 19 23 23 23 23 23 23 23 23 23 23 23 23 23	
мфибол	T, M ²⁰⁷ Pt	575 629 608 656 613 613 528 530 647	 530 575 575 575 575 575 575 575 584 603 604 605 603 605 603 604 605 603 604 605 603 604 605 604 605 605	
в гнейсов и а	Т, млн лет ²⁰⁶ Рb/ ²³⁸ U	+ + + + + + + + + + + + + + + 6 6 5 5 8 8 6 5 5 8 1 + 1 3 8 7 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1	4 ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	$\begin{array}{c} + + + + + \\ + 10 \\ + 10 \\ + 11 \\ - 10 \\ - 11 \\ - 10 \\ - 11 \\ - 10 \\ - 11 \\ - 10 \\ - 10 \\ - 11 \\ - 10$
ки цирконо		548 574 576 579 581 581 585 591 592	412 417 417 417 417 417 502 597 597 599 601 621 621 623 623 673 675 678	574 553 526 539 539 559
арактеристи	²³² Th/ ²³⁸ U	0,56 0,57 0,68 0,58 0,59 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53	$\begin{array}{c} 0,85\\ 0,522\\ 0,524\\ 0,524\\ 0,544\\ 0,564\\ 0,56\\ 0,56\\ 0,56\\ 0,56\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,70\\ 0,45\\ $	1,26 0,60 0,42 0,61 0,29 0,29 0,54
[зотопные х	ppm ²⁰⁶ Pb*	14,7 13,7 22,1 16,7 6,45 30,8 14,6 8,47 11,9	10,1 5,99 12,8 12,8 12,8 12,8 12,8 12,8 12,6 23,8,3 12,6 12,5 12,6 23,8,3 12,6 23,8,3 12,6 23,8,3 23,9,9 12,6 23,8,3 23,9,9 12,6 23,8,3 23,9,9	52,0 #### 27,2 48,6 93,9 58,0
Ν	ррт Тh	104 95 214 136 136 216 92 86 86	145 84 852 853 853 856 851 851 856 866 866 866 866 866 866 866 866 866	791 1370 656 218 355 391
	bpm U	193 172 276 207 80 80 380 179 103 145	177 104 115 115 115 115 115 115 115 115 115 11	649 2345 1621 371 640 1252 743
	% ²⁰⁶ Pb _c	$\begin{array}{c} 0,17\\ 0,16\\ 0,16\\ 0,00\\ 0,10\\ 0,16\\ 0,16\\ 0,066\\ 0,96\end{array}$	$\begin{array}{c} 0,00\\ 0,20\\ 0,35\\ 0,05\\ 0,01\\ 0,01\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\ 0,02\\ 0,00\\$	0,16 0,20 0,04 0,39 0,06 0,10 0,21
	Проба	5038 5.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 1.1 1.1 1.1 1	9.1 13.1 9.2 13.1 9.2 13.1 13.2 13.2 13.2 13.2 13.2 12.1 10.1 10.1 11.1 11.1 12.2 11.1 12.2 11.1 12.2 11.1 12.2 11.1 12.2 12.1 11.1 11.2 12.2	7.1 1.1 2.1 4.1 7.1 6.1 7.1

,746 ,645 ,231 ,365	,231 ,271 ,309 ,392 ,392 ,098	597 597	0,5 0,3 0,4 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5
2,0 1,9 0,99	$0.76 \\ 0.76 \\ 0.73 \\ 0.73 \\ 0.72 \\ 1.6 \\ 1.2 \\ 0.74 \\ 1.1 $		1,3 1,3 1,3 1,4 1,7 1,1 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3
0,0941 0,0931 0,0911 0,06856	0,00637 0,06937 0,08885 0,08956 0,08956 0,0903 0,0903 0,0911	0,0928 0,0923 0,0943 0,0915 0,0915 0,0967 0,0961 0,0961 0,0955 0,0944 0,0955 0,0956 0,0846 0,0858 0,0859 0,0856	0,0878 0,0881 0,0927 0,0934 0,0934 0,0937 0,0938 0,0939 0,0946 0,0946
2, 4, 8, 8, 6, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7,	2,4 2,4 1,7 1,8 1,8 6,6 6,6 6,6 11 11	20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2	2,6 3,4 3,4 3,1 1,8 1,8 2,7 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,7 2,4 2,1 1,4 2,1 2,5 2,5 2,5 2,7 2,6 2,7 2,6 2,7 2,6 2,7 2,6 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7
$\begin{array}{c} 0,77\\ 0,775\\ 0,797\\ 0,797\\ 0,543\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 0.531\\ 0.534\\ 0.731\\ 0.72\\ 0.72\\ 0.759\\ 0.741\\ 0.796\\ 0.796\end{array}$	0,754 0,717 0,771 0,771 0,757 0,753 0,782 0,782 0,782 0,696 0,697 0,646 0,676 0,676 0,676 0,676 0,676 0,676	0,713 0,732 0,732 0,746 0,746 0,747 0,767 0,763 0,775 0,775 0,775 0,775 0,775 0,775
61	51^{-1}	0 4 1 0 0 0 0 4 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0	++4 +12 +8 -6 -7 -7 +1 +1 +1 -14 -14 -5 -5 -5 -14 -12 -14 -5 -5 -5 -12 -10 -12 -12 -12 -12 -12 -12 -12 -12 -12 -12
85	53 60 150 37 320 320 240 240	++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	± 47 ± 67 ± 114 ± 53 ± 53 ± 61 ± 114 ± 30 ± 18 ± 33 ± 71 ± 93 ± 46 ± 46 ± 93 ± 46
510	505 592 556 540 646 857 722 722	563 567 567 584 586 588 568 568 568 568 568 568 568 564 578 568 568 568 568 568 568 568 568 568 56	562 613 593 593 537 537 537 537 602 602 602 621 516 557 557
$\begin{array}{c} \pm 11 \\ \pm 11 \\ \pm 10 \\ \pm $	4, 3, 3, 2, 2, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,	н н н н н н н н н н н н н н н н н н н	
580 574 562 428	430 432 559 553 556 558 558 558 561	572,3 544,5 581,5 594,6 591,6 581,6 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 531,5 532,5 531,5 532,5 531,5 532,5 533,5 534,5 533,5 534,5 54,5 5	543 544 548 572 574 576 576 578 578 578 578 578 573 573 573 573 573 573 573 573 573 573
0,48 0,32 0,90	0,22 0,16 0,32 0,32 0,44 0,05 0,05	0,71 0,53 0,53 0,57 0,56 0,57 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,57 0,53 0,57 0,53 0,57 0,53 0,57 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,53 0,56 0,57 0,53 0,56 0,53 0,56 0,57 0,56 0,57 0,56 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,57 0,56 0,57 0,56 0,57 0,53 0,56 0,57 0,56 0,57 0,56 0,57	0,62 0,72 1,21 0,94 0,51 0,77 0,52 0,74 0,77 0,74 0,77 0,74 0,74 0,74 0,74
32,2 26,8 63,8 15,7	27,1 275 198 124 228 228 236 81,3 226 81,3 54	25,6 22,6 17,7 15,7 15,7 17,7 15,7 12,9	12,8 14,5 16,4 14,9 9,58 14,9 59,8 86,7 35,9 11,9 8,99 11,9 8,99 13,1 24,8
185 155 239 231	94 696 679 2291 923 1277 455 138 138 275	219 149 164 164 119 119 119 119 119	103 133 252 160 59 139 769 379 769 389 94 46 177 205 205 205 205
398 333 784 267	454 4445 2581 1557 2938 2969 1031 2855 655 655	320 290 233 2025 233 156 164 164 1245 1245 126 126 126	170 192 215 215 176 120 120 185 148 107 148 148 111 161 305
0,20 0,48 3,89 0,16	0,70 3,87 0,91 2,70 4,84 4,84 4,84	0,21 0,16 0,10 0,10 0,10 0,27 0,10 0,17 0,23 0,10 0,27 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,10 0,27 0,10 0,27 0,10 0,27 0,10 0,27 0,00	0,00 0,77 0,36 0,82 0,00 0,05 0,17 0,17 0,17 0,06
7.2 8.1 8.2 8.2 6092-2	4.1 7.2 6.1 5.1 3.1 3.1	$\begin{array}{c} 1.1 \\ 2.1 \\ 3.1 \\ 5.1 \\ 5.1 \\ 5.1 \\ 7.1 \\ 6.1 \\ 10.$	14.2 12.2 15.2 17.2 17.2 19.1 20.1 14.1 18.1 14.1 18.1 13.1 17.1 17.1 17.1 17.1 17.1 17.1 17

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

_

_

_

_



Рис. 4. Изображение цирконов в катодолюминесцентном свете



поверхности темно-коричневых цирконов тонкие каймы и наросты позднего бесцветного циркона. Два конкордантных возраста -555 ± 4 (зерна 1–3, 5 и 6) и 431 ± 4 млн лет (зерна 4 и 7) – получены U-Pb методом, последний, возможно, связан с эндогенным событием, фиксирующим этап позднего метаморфизма, поскольку для этих зерен характерна пониженная величина Th/U 0,16-0,22. В зернах с конкордантным возрастом 555 ± 4 млн лет очень высокое содержание U 655-4445, Th 275-2291 г/т, Th/U от 0,27 до 1,52, одно зерно (5.1) с аномально низким Th/U 0,05 (табл. 1, рис. 5). Высокое содержание урана в цирконах более древнего конкордантного кластера скорее характерно для щелочных гранитоидов, поэтому они могут быть захвачены при формировании магматического основного протолита амфиболитов.

Для пр. 3105 из гранитизированных амфиболитов (руч. Широкий) с правобережья р. Б. Харбей характерна порфировидная структура. Порфиробласты линзовидной формы, занимающие до 60-70 % ее объёма, выполнены кварц-альбитовым гранулятом, а агрегаты роговой обманки (20-30 %) обтекают их, формируя свилеватые структуры. Цирконы розового и желтого цвета призматического и изометричного облика с включениями. Длина кристаллов 113-370 мкм и Ку 1,7-3,7. Большинство цирконов в КЛ с умеренным и ярким свечением обладает тонкой и секториальной зональностью как в центральных, так и в краевых частях. По цирконам получены два конкордантных возраста – 577 ± 5 и 529 ± 5 млн лет. Содержание U 111-446 и 746-1245, Th 46-252 и 379-769 г/т, Th/U 0,51-0,94 и 1,14-1,26 (табл. 1, рис. 5). Самые





Рис. 5. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов из пород ханмейхойской свиты

а – гнейсы (ручей Базовый), б – плагиогнейсы
 (р. Б. Харбей), в – плагиогнейсы (ручей Няровойхадыта), г – альбититовые амфиболиты (р. Б. Харбей),
 ∂ – гранитизированные амфиболиты (р. Б. Харбей)

высокие содержания U и Th на темных участках зерен. Высокая величина отношения Th/U > 1 в цирконах кластера с возрастом 529 \pm 5 млн лет может свидетельствовать о магматическом генезисе этих цирконов в основной породе.

Плагиогнейсы проб 5038, 7012-1, 8026-1 представляют собой сланцеватые породы, в усредненном составе (%) сложенные кварцем 20–40, альбитом и олигоклаз-альбитом до 30, мусковитом до 20, амфиболом 0–10, микроклином 0–10, могут присутствовать заметные количества биотита, граната, сфена, в редких случаях (пр. 7012-1) пироксена (омфацит?). Имеет место высокое содержание редких земель с резким преобладанием легких элементов над тяжелыми (La/Yb до 16), с отчетливо проявленными отрицательными аномалиями (г/т) Еu 0,31–0,74, Tm 0,17–1,09 (рис. 6). Редкие земли характеризуются примерно равным содержанием тяжелых и легких элементов (La/Yb 1,7) и ровным характером графика при невысоких содержаниях.

В плагиогнейсах (пр. 5038) ручья Широкий (правобережье р. Б. Харбей) выделены прозрачные идиоморфные призматические цирконы желтого цвета длиной 150–400 мкм и Ку 1,5–2,5. В КЛ они с ярким свечением и нарушенной тонкой магматической зональностью, некоторые с элементами секториальной зональности, большинство



Рис. 6. Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов в гнейсах и амфиболитах ханмейхойской свиты 1 — гранитизированный амфиболит (3105); 2 — гнейс (5038); 3 — альбититовый амфиболит (6092/2); 4 — гнейс гранатсодержащий (7012/2); 5 — плагиогнейс (8026/1)

с тонкой яркой оболочкой. По результатам U-Pb датирования для цирконов данной пробы получен конкордантный возраст 582 \pm 5 млн лет. Содержание U 80–380, Th 44–216 г/т, Th/U 0,46–0,86 (табл. 1, рис. 5).

В плагиогнейсах (пр. 8026-1) из ручья Базовый (р. Б. Хадата) выделены цирконы, среди которых отмечаются как коричневатые ксеноморфные корродированные зерна, так и бесцветные призматические идиоморфные призматические кристаллы. Примерно треть их черные, периферические части светлые, иногда более светлые, иногда зональные. Три конкордантных возраста -675 ± 5, 623 ± 5 и 599,8 ± 4,0 млн лет – получены U-Pb методом. Цирконы с конкордантным возрастом 675 ± 5 млн лет содержат расплавные включения с фазой силикатного стекла, что свидетельствует об их вулканогенном генезисе (точки 12.1, 12.2, 11.1, 1.1). Содержание U в них 104-918, в темных зернах до 1239-1677, Th 52-566 г/т, Th/U 0,13-0,5 до 1 (табл. 1, рис. 5). Наиболее молодые цирконы, представленные отдельными бесцветными зернами (зерна 9 и 13) или оболочками, на более древних цирконах имеют возраст 425 млн лет, фиксирующий эндогенное событие, связанное, вероятно, с поздним метаморфизмом.

В плагиогнейсах (пр. 7012-1) ручья Няровойхадата (р. Б. Хадата) цирконы желтые и коричневатые, прозрачные, полупрозрачные и мутные, призматического облика, представлены субидиоморфными кристаллами, и их обломки часто сильно трещиноватые. Длина кристаллов 109–338 мкм и Ку 2,0–4,0. Большинство цирконов в КЛ темные до черных, некоторые со следами зональности (в них можно выделить ядро и краевую часть) и перекристаллизации, многие имеют тонкие каемки обрастания с ярким свечением. Конкордантный возраст 556 ± 8,7 млн лет получен U-Pb методом для всех зерен. Содержание в них U 333–784 и 1252–2345, Th 155–791 и 1370 г/т, Th/U 0,29– 0,69 и 1,26 (табл. 1, рис. 5).

Самые древние датировки 857 ± 320 и 722 ± 220 млн лет, полученные по цирконам из альбититовых амфиболов, не соответствуют критериям достоверности. В плагиогнейсах возраст цирконов не древнее $678 \pm 5,8$ млн лет.

Проба	% ²⁰⁶ Pb _c	ppm U	ppm Th	ppm ²⁰⁶ Pb*	²³² Th/ ²³⁸ U	
2501.2						
5501-5	0.17	270		26.10	0.15	
1.2	0,17	3/0	22	26,10	0,15	
4.1	0,00	/4	35	5,33	0,48	
6.1	0,00	83	57	6,02	0,72	
3.1	0,11	667	260	48,6	0,40	
4.2	1,27	64	53	4,76	0,85	
1.1	0,00	326	337	30,00	1,07	
1.2	0,00	207	124	19,10	0,62	
5.1	0,31	225	167	21,00	0,77	
7.1	0,16	245	223	23,10	0,94	
2.1	0,20	199	159	19	0,83	
7027-2						
1.1	0,85	218	115	14,9	0,54	
2.1	0,89	329	395	23	1,24	
3.1	0,56	627	169	45	0,28	
4.1	0,00	336	189	27,6	0,58	
5.1	0,42	652	462	47,9	0,73	
6.1	0,19	422	247	32	0,60	
7.1	_	557	279	139	0,52	
8.1	0,71	151	173	10,9	1,18	
9.1	1,31	193	123	17,6	0,66	
10.1	1,77	96	160	6,67	1,73	

Примечание. См. табл. 1.

Полученные по ханмейхойской свите геохронологические данные позволяют выделить поздний этап метаморфизма с возрастом около 412–425 млн лет. Возраст протолита пород 577–678 млн лет. Цирконы с датировкой 502–556 млн лет могут отвечать главному метаморфическому событию.

В париквасьшорской свите отобраны две пробы по ручью Париквасьшор.

Биотит-плагиоклазовые парагнейсы (пр. 3501-3) из нижней части свиты сложены кварцплагиоклазовым гранулятом (до 80 %) с выделениями крупных кристаллов плагиоклаза, сланцеватость подчеркивается чешуйками биотита, на которые наложен мусковит. Присутствуют клиноцоизит, апатит, рутил. Цирконы прозрачные и полупрозрачные, окрашены в желтые цвета или бесцветные. Представлены преимущественно овальными и округлыми зернами, а также субидиоморфными призматическими кристаллами и их обломками. Длина зерен циркона от 100 до 300 мкм, Ку 1,5-2,0. В КЛ цирконы с ярким и умеренным свечением, с нарушенной тонкой магматической и секториальной зональностью. Цирконы показали два конкордантных возраста (табл. 2, рис. 7) – 664,0 \pm 5,2 (U 199–326, Th 124–337, Th/U 0,62–1,07) и 518 \pm 4,6 млн лет (U 64–667, Th 35–260, Th/U 0,15–0,72).

В гранат-биотит-кварц-альбитовых кристаллических сланцах пр. 7027-2 слоистость подчеркнута различной размерностью зерен. В грануляте альбит преобладает над кварцем; гранат (до 10 %) образует равномерную вкрапленность. Цирконы

Таблица 2

Изотопные характеристики цирконов париквасьшорской свиты

Т, мл ²⁰⁶ Рb	н лет / ²³⁸ U	Т, млн ²⁰⁷ Pb/-	н лет ²⁰⁶ Pb	Степень дискор- дантности	(1) ²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	± %	(1) ²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	± %	Корреляция ошибок			
506	+ 4.1	_	_	_	0.636	2.8	0.08170	0.85	297			
517	+74	_	_	_	0,636	2,0 4 9	0.08350	1.5	307			
523	+69	_	_	_	0,686	3.9	0.08460	1,5	356			
525	± 3.6	_		_	0,600	19	0.08474	0.72	371			
525	+93		_	_	0,609	1,5	0.08490	1.8	131			
656	+52	_	_		0,910	21	0 10718	0.84	398			
657	± 6.1	_		_	0,910	2,1	0,10730	0.98	,378			
662	± 6.0	_		_	0,910	33	0,10820	0,95	287			
670	± 5.4	_		_	0.928	2.6	0,10956	0,95	329			
678	$\pm 5,1$ + 6.4				0,920	2,0	0,10990	10	323			
070	± 0,4				0,727	5,1	0,11090	10	,525			
								_				
490,6	± 9,3	386	± 160	-21	0,593	7,4	0,0791	2	,268			
500,7	$\pm 8,5$	325	± 140	-35	0,589	6,4	0,0808	1,8	,273			
514,8	$\pm 8,1$	482	± 97	-6	0,65	4,7	0,0831	1,6	,351			
587,7	± 9,5	696	± 42	18	0,824	2,6	0,0954	1,7	,653			
526,6	$\pm 8,3$	436	± 79	-17	0,652	3,9	0,0851	1,6	,417			
544,7	± 8,9	586	± 72	8	0,724	3,7	0,0882	1,7	,456			
1645	± 24	1775	± 30	8	4,350	2,4	0,2906	1,7	,715			
514,3	± 9,8	383	± 220	-25	0,622	10	0,0830	2	,197			
642	± 12	747	± 180	16	0,926	8,6	0,1047	1,9	,220			
493	± 11	266	± 390	-46	0,565	17	0,0795	2,3	,135			



← Рис. 7. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов париквасьшорской свиты (ручей Париквасьшор)

a — биотит-плагиоклазовые парагнейсы нижней части свиты; δ — гранат-биотит-кварц-альбитовый кристаллический сланец средней части свиты



Рис. 8. Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов в породах париквасьшорской свиты (ручей Париквасьшор)

1 — биотит-плагиоклазовый парагнейс (3501-3); 2 — гранатбиотит-кварц-льбитовый кристаллический сланец (7027-2); 3 — кристаллический сланец с дистеном (3612) представлены светло-желтыми, прозрачными, субидиоморфными, призматическими кристаллами или их обломками и округлыми зёрнами. Длина цирконов 50-120 мкм, Ку 1,5-2,6. В КЛ цирконы имеют яркое и слабое свечение. В них наблюдается как грубая зональность, так и участки с секториальной зональностью. Отмечается присутствие тонких неравномерных внешних оболочек со сравнительно ярким свечением. U-Pb методом (7 точек) получен конкордантный возраст 513,1 ± 12 млн лет, U 96(10.1)-652(5.1), Th 115(1.1)-462(5.1) г/т, Th/U 0,28-1,73, в отдельных зернах получены датировки 587,7 \pm 9,5, 642 \pm 12 и 1645 \pm 24 млн лет (табл. 2, рис. 7). Содержания редких земель в породах характеризуются относительно невысокими значениями с преобладанием легких элементов над тяжелыми -La/Yb до 7 при отсутствии Eu 0.31-0.74 г/т отрицательной аномалии и выраженной Tm 0,33-0,54 г/т (рис. 8).

Геохронологические данные по париквасьшорской свите позволяют предполагать возраст метаморфических событий около 513–518, а возраст протолита формально 587–1645 млн лет. Древние датировки могут быть связаны с обломками переотложенных цирконов.

Зона контакта кристаллического и зеленосланцевого метаморфических СВК. Опробованы округлые обломки кварцевых метадиоритов-метагранодиоритов из тектонического микстита (ручей Ступенчатый), принимаемые ранее за гальки базальных конгломератов верхнехарбейской свиты. В этих метапородах, сложенных мелкозернистым альбитом, кварцем, амфиболом, эпидотом, встречаются реликты первичной породы — порфиробласты кварца, микроклина и альбитизированного плагиоклаза. В породе присутствуют незначительные

Таблица З

Химический состав пород (вес. %) из тектонических микститов зоны контакта верхнехарбейской и ханмейхойской свит (ручей Ступенчатый)

2	Пр	Нижние					
Элементы	3729-3 *	пределы					
SiO ₂	57,20	69,90	0,02				
Al_2O_3	14,50	11,80	0,05				
TiO ₂	2,10	0,85	0,01				
Fe ₂ O _{3 общ}	9,63	5,51	0,01				
MnO	0,120	0,071	0,010				
MgO	1,79	2,08	0,10				
CaO	9,02	2,20	0,01				
Na ₂ O	2,39	3,30	0,10				
K ₂ O	0,84	2,25	0,01				
P_2O_5	0,220	0,087	0,050				
п.п.п.	2,14	1,66	0,10				
Σ	99,9	99,7					
V	0,021	0,011	0,005				
Cr	0,0029	0,0077	0,0020				
Ba	0,016	0,046	0,005				
Fe ₂ O ₃	8,50	4,39	0,30				
FeO	1,01	1,01	0,25				

* Обломок эпидотизированного метадиорита.

** Серицит-кварц-полевошпатовый матрикс тектонического микстита.

количества сфена, мусковита, биотита, рудного. Наиболее вероятно, что это кварцевый диорит или гранодиорит-порфир. Вмещающая эти обломки породная масса представлена кварцево-альбитовым гранулятом с новообразованиями карбоната и мелкими выделениями амфибола. Породы милонитизированы, характерны проявления бластеза с последующей пропилитизацией и далее с катаклазированием и метаморфической мусковитизацией и серицитизацией. Судя по вещественному и петрохимическому составу (табл. 3) обломков и матрикса, породы принадлежат к группе диоритов-гранодиоритов. В метадиоритах установлены невысокие значения элементов РЭЗ с преобладанием легких элементов над тяжелыми (La/Yb 5,5, а для пород матрикса 16). Характерно отсутствие Еи отрицательной аномалии и выраженной Тт (рис. 9).

Цирконы, выделенные из 7 обломков *метадиоритов* (пр. 3729-6), рыжеватого и желтого цвета, прозрачные и полупрозрачные, представлены идиоморфными кристаллами призматического облика и обломками. Длина цирконов от 100 до 300 мкм, Ку 1,2–2,5. В КЛ цирконы имеют двухфазное строение – темная центральная часть с грубой магматической зональностью и светлая краевая с тонкой.

Измерения по объединенной пробе из 7 однотипных обломков эпидотизированных гранодиоритов показали конкордантные значения $612 \pm 6,7$ (MSWD 0,054, Prob 0,82) и 493,7 ± 6,5 млн лет (MSWD 0,0032, Prob 0,95). В цирконах содержание U 206–483, Th 155–556 г/т, Th/U 0,67–1,24 (табл. 4, рис. 10).

Цирконы из обломка эпидотизированного *метадиорита* (пр. 3729-3,ш-1617) — желтые, коричневатые, полупрозрачные и мутные обломки призматических кристаллов и округлой формы зерна. Длина цирконов 79—151 мкм. В КЛ они с ярким и слабым свечением, со следами грубой секториальной, реже тонкой зональности. Некоторые цирконы имеют тонкую светлую оторочку.

По цирконам из обломка метадиорита получены два конкордантных возраста: для более крупных изометричных зональных кристаллов 522 ± 10 млн лет (СКВО 0,14, Prob 0,71), U 383-988, Th 200-482 г/т, Th/U 0,40-0,54), для мелких изометричных цирконов с ярким свечением $383,8 \pm 6,8$ млн лет (СКВО 0,82, Prob 0,37), U 237-407, Th 83-172 г/т, Th/U 0,36-0,48). Первая дата, вероятно, отвечает эндогенному событию, связанному с формированием гранодиоритов, а более молодые значения возраста – этапам метаморфических преобразований, связанных с дислокационным метаморфизмом (табл. 4, рис. 9).

Цирконы из *мусковит-кварц-полевошпатового* матрикса зоны тектонического несогласия (пр. 3729-2) представлены желтыми полупрозрачными призматическими кристаллами и их обломками (основная масса). Длина цирконов 139–460 мкм, Ку 1,6. В КЛ присутствуют цирконы со слабым и ярким (преобладающим) свечением, с грубой, реже тонкой или секториальной зональностью. Для 7 зерен получен конкордантный возраст 512,5 \pm 6,0 млн лет. Содержание U 28–80 и 146–911, Th 20–97 и 129–483 г/т, Th/U 0,55–0,77 и 1,13 (табл. 4, рис. 9). Для двух зерен получен конкордантный возраст 545,7 \pm 9,1 млн лет. Содержание U 205–766, Th 161–511, Th/U 0,69–0,81. Самые высокие содержания урана и тория в точке в черном зерне. Одно зерно (с ярким свечением) имеет конкордантный возраст 606 ± 17 млн лет и достаточно низкое U 80, Th 70 г/т, Th/U 0,91.

Геохронологические данные по цирконам из зоны контакта кристаллического и зеленосланцевого метаморфических СВК показывают, что метаморфические преобразования пород имеют возраст около 383, пород протолита (гранитоидов) 512-612 млн лет.

Основные результаты работ. Наиболее древние датировки цирконов с конкордантным возрастом 685–577 млн лет получены для цирконов из плагиогнейсов и амфиболитов ханмейхойской свиты, которые наиболее вероятно указывают на формирование их протолита в позднем рифее—раннем венде.

В парагнейсах париквасышорской свиты установлены цирконы с конкордантным возрастом 664,0 \pm 5,2 млн лет. В кристаллических парасланцах средней части свиты изотопное датирование цирконов показало конкордантный возраст 513,1 \pm 12 млн лет. Здесь также присутствуют единичные зерна цирконов с более древними возрастами 587,7 \pm 9,5, 642 \pm 12 и 1645 \pm 24 млн лет. В кристаллических парасланцах возможны кластические цирконы с еще более древними датировками. Критерием оценки нижней возрастной границы протолита пород париквасышорской свиты может служить 664,0 \pm 5,2 млн лет, т. е. возраст свиты следует датировать не древнее позднего рифея.

Возрастные кластеры для метаморфических цирконов пород ханмейхойской и париквасьшорской свит 556–513 млн лет отражают этап динамо-термального метаморфизма байкальского (?) тектогенеза. В то же время маломощные светлые в КЛ метаморфические оболочки цирконов из ханмейхойской свиты имеют возраст 412–425 млн лет, сопоставимый с возрастом цирконов из жадеититов (409 \pm 3,3 млн лет), локализованных в зоне Главного Уральского разлома, ограничивающего с запада ультрамафиты массива Сыумкеу [9].

В зоне сочленения зеленосланцевых образований верхнехарбейской свиты и амфиболитов ханмейхойской свиты повсеместно развиты тектониты, на что указывали многие исследователи еще на ранних этапах изучения этого района, а «гальки из базальных конгломератов» верхнехарбейской свиты на поверку оказались обломками в тектоническом микстите (ручей Ступенчатый) или псевдогальками кварцевого состава в полевошпатово-кварцевых породах (ручей Лаптаяха).

Датировки цирконов из обломков метадиоритов и матрикса тектонического микстита 612–606 и 545–512 млн лет указывают на их формирование преимущественно в венде, начиная с самых верхов позднего рифея до раннего кембрия включительно, что согласуется с датировками, полученными в последнее время для палингенно-метасоматических гранитоидов Харбейского антиклинория (харбей-собский, сядатаяхинский и евьюганский комплексы), к которым эти обломки, вероятно, и принадлежат.

Эндогенное событие с возрастом 383,8 млн лет отражает этап мощного метаморфизма, который может быть предварительно связан с формированием высокобарических ассоциаций на Полярном Урале и требует дальнейшей оценки.



Рис. 9. Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов в обломках 1 – эпидотизированных метадиоритов (3729-3) и 2 – матриксе тектонического микстита (3729-2) с контакта ханмейхойской и верхнехарбейской свит (ручей Ступенчатый)



Рис. 10. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов из тектонического микстита на контакте верхнехарбейской и ханмейхойской свит (ручей Ступенчатый)

а, *б* – обломки метадиоритов, *в* – кварц-полевошпатмусковитовый матрикс

4	r .
пa	IN
риg	5
Taí	ОŇ
	CK
	ОЙ
	ĬX.
	Ieč
	HIM
	Xa
	И
	ОЙ
	EK
	ЭЙ
	ğ
	al
	e
	X
	Sep
	a
	K
	Ta
	HO
	Ř
	E
	Ĩ
	B
	E O
	NI.
	KC
	ММ
	×
	КИ
	ec
	Ы
	HO
	É.
	E
	ğ
	X
	đ
	laT
	N
	DIO
	OBC
	T
	B
	K
	Ň
	2
	Ia'
	BO
	Je
	2
	Ħ
	ap
	K B
	43
	B
	H0
	KO
	dи
	I
	IKI
	III.
	МС
	ep
	IXI
	pa
	Xa
	Je
	Æ
	00
	D
	Л3
	_

	Корреляция ошибок		,275	,154	,147	,242	,246	,410	,085	,287	,262	,381	,259	,327		,252	,500	,557	,605	,587	,107	,139	,284	,238		0,289	0,124	0,204	0,613	0,116	0,092	0,359	0,635	0,323	0,196
	+ %		1,1	0,95	2,8	0,84	0,96	0,86	4,7	1,1	1	1,1	0,99	0, 87		2	2	2	1,9	1,9	2,3	2,2	2	2,2		1,3	2,0	1,5	1,3	1,9	2,3	1,7	1,2	1,3	1,5
	$^{(1)}_{^{206}\mathrm{Pb}*/^{238}\mathrm{U}}$		0,1025	0,10073	0,002282	0,07966	0,09926	0,1024	0,00233	0,07947	0,0974	0,0974	0,09825	0,09874		0,0602	0,0614	0,0623	0,0861	0,0836	0,0832	0,0843	0,0618	0,0617		0,0806	0,0813	0,0821	0,0836	0,0840	0,0842	0,0856	0,0883	0,0886	0,0986
	% +		4	6,2	19	3,5	3,9	2,1	56	4	3,9	2,8	3,8	2,7		8,1	4,1	3,6	3,1	3,2	21	16	7,1	9,2		4,5	16	7,3	2,2	17	25	4,7	1,8	3,9	7,8
	(1) ²⁰⁷ Pb*∕ ²³⁵ U		0,848	0,781	0,0145	0,614	0,851	0,854	0,0177	0,641	0,834	0,829	0,78	0,815		0,393	0,448	0,493	0,674	0,689	0,68	0,634	0,408	0,411		0,624	0,640	0,625	0,672	0,558	0,720	0,672	0,703	0,729	0,771
[И]	Степень дискор- дантности, %		-4	-25	-136	6	12	-1	2665	11	13	11	-15	1		-83	-16	31	6-	15	12	-24	-75	-70											
ей Ступенчаты	Т, млн лет ²07Рb∕²06Рb		602 ± 84	463 ± 140	-5 ± 450	449 ± 75	681 ± 81	620 \pm 41	410 ± 1200	547 ± 84	678 ± 81	666 ± 56	514 ± 81	599 ± 55		65 ± 190	323 ± 80	509 ± 66	485 ± 54	597 ± 55	575 ± 460	396 ± 350	96 ± 160	116 ± 210											
(py	Т, млн лет ²⁰⁶ Рb/ ²³⁸ U		$629,3 \pm 6,7$	$618,7 \pm 5,6$	$14,7 \pm 0,41$	494,1 ± 4	$610,1 \pm 5,6$	$628,5 \pm 5,2$	$15,01 \pm 0,71$	$493 \pm 5,4$	599,1 \pm 5,9	598.9 ± 6.2	$604,2 \pm 5,7$	$607 \pm 5,1$		377,1 ± 7,5	384,1 ± 7,6	$389,3 \pm 7,6$	532,2 ± 9,5	517,3 ± 9,2	515 ± 11	521 ± 11	$386,3 \pm 7,5$	385,7 ± 8,2		$499,9 \pm 6,2$	503.8 ± 9.5	508,5 ± 7,3	517,7 ± 6,6	519.8 ± 9.6	521,0 ± 12	529,6 ± 8,5	$545,6 \pm 6,0$	$547,4 \pm 6,6$	$606,2 \pm 8,9$
	²³² Th/ ²³⁸ U		0,78	1,19	0,44	0,80	1,08	0,92	0,58	0,71	0,67	0,80	0,84	1,24		0,44	0,45	0,48	0,50	0,40	0,52	0,54	0,44	0,36		0,73	0,76	0,68	0,55	1,13	0,77	0,73	0,69	0,81	0,91
	ppm ²⁰⁶ Pb*		18,2	42,6	0,933	46,9	28,8	38,4	0,449	13,9	22,2	17,2	25,3	39,1		18,1	15,4	18,1	73,3	09	40,6	31,1	21,8	12,7		12,6	4,47	10,4	65,5	5,87	4,55	2,06	58,1	15,7	6,82
	ppm Th		155	556	200	525	353	387	121	139	173	160	243	554		146	127	156	482	327	239	200	172	83		129	46	97	483	87	44	20	511	161	70
	D U		206	483	473	682	339	437	216	202	266	206	300	460		345	292	338	988	834	479	383	407	237		181	63	146	911	80	60	28	766	205	80
	% ²⁰⁶ Pb _c		0,44	1,82	0,72	0,32		0,10	3,47	0,38		0,09	0,22	0,21	_	1,16	0,06	0,07	0,28	0,28	15,42	10,51	1,05	1,09	_	0,22	1,43	0,60	0,15	1,79	4,85	0,00	0,06	0,31	0,73
	Проба	3729-6	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	3729-3	1.1	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	1.2	3729-2	4.1	6.1	3.1	10.1	2.1	9.1	8.1	1.1	5.1	7.1

Примечание. См. табл. 1.

Пространственное совмещение близких по возрасту (рифей — венд), но разнофациальных метаморфических образований зеленосланцевого и мигматит-гнейсово-амфиболитового СВК свидетельствует о значительных амплитудах перемещения последнего, вероятнее всего, из области, закрытой отложениями Западно-Сибирской платформы.

1. Афонькин М.М., Голубева И.И. Амфиболиты париквасышорской свиты (харбейский комплекс) как индикатор наличия докембрийской островной дуги на Полярном Урале // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Сб. статей. – Сыктывкар, 2006. – С. 22–38 (Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН. Вып. 120).

2. Голубева И.И., Афонькин М.М. Петрогеохимические характеристики и условия формирования субстрата докембрийских парасланцев париквасьшорской свиты (Полярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Сб. статей. – Сыктывкар, 2010. – С. 45–58 (Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН. Вып. 127).

3. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 200 000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-42-I. Объясн. зап. / сост. А.В. Цымбалюк. – М., 1984. – 107 с.

4. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1: 200 000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-42-VII. Объясн. зап. / сост. А.В. Цымбалюк. – М., 1976. – 100 с.

5. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1: 200 000 (второе издание). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-42-I, II (Лаборовая). Объясн. зап. / В.А. Душин, О.П. Сердюкова и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 372 с.

6. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 – Салехард. Объясн. зап. / Л.И. Зылева, А.Л. Коновалов, А.П. Казак, А.В. Жданов и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 396 с.

7. Коновалов А.Л. Дислокационный метаморфизм протерозойских комплексов Харбейско-Марункеуской структурно-формационной зоны (Полярный Урал) / А.Л. Коновалов, Д.В. Доливо-Добровольский, А.Н. Мельгунов, А.П. Казак // Регион. геология и металлогения. 2009. № 39. – С. 33–45.

8. Коновалов А.Л., Лохов К.И, Мельгунов А.Н. и др. Доордовикские гранитоиды и молибденитовые руды Харбея — геология, изотопная геохронология и геохимия (Полярный Урал) // Регион. геология и металлогения. 2011. № 45. — С. 12—28.

9. Коновалов А.Л., Сергеев С.С. О возрасте цирконов из жадеититов ультрабазитового массива Сыумкеу в зоне Главного Уральского разлома (Полярный Урал) // Регион. геология и металлогения. 2015. № 64. – С. 41–47.

10. *Краснобаев А.А.* Циркон как индикатор геологических процессов. – М.: Наука, 1986. – 152 с.

11. *Кукушкин* А.И. Метаморфические толщи восточного склона Урала, их происхождение и возраст // Регион. геология и металлогения. 2006. № 27. – С. 26–41.

12. Любоженко Л.Н. Результаты микроструктурного изучения пород париквасьшорского блока (Полярный Урал) // Магматические и метаморфические комплексы севера Урала. – Сыктывкар, 1995. – С. 80–86 (Тр. ИГ Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 87).

13. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала / ред. А.Ф. Морозов, О.В. Петров, А.Н. Мельгунов. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. – 274 с. + приложения на CD.

14. Основы геодинамического анализа при геологическом картировании / гл. ред. Н.В. Межеловский. – М., 1997. – 519 с.

15. *Пыстина Ю.И., Пыстин А.М.* Цирконовая летопись уральского докембрия. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 168 с. 16. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Конанова Н.В., Потапов И.Л. Типизация нижнего докембрия Тимано-Североуральского региона. — Сыктывкар: Геопринт, 2009. — 34 с.

17. Удовкина Н.Г. Эклогиты Полярного Урала: на примере южной части хр. Марун-Кеу. – М.: Наука, 1971. – 191 с.

1. Afonkin M.M., Golubeva I.I. Amphibolites parikvasshorskoy Formation (kharbeysky complex) as an indicator of the presence of a Precambrian island arc on the Polar Ural. *Petrology and Mineralogy of the Northern Urals and Timan: Sat. articles.* Syktyvkar. 2006. Pp. 22–38. (In Russian).

2. Golubeva I.I., Afonkin M.M. Petrogeochemical characteristics and formation conditions of Precambrian substrate paraslantsev parikvasshorskoy Formation (Polar Urals). *Petrology and Mineralogy of the Northern Urals and Timan: Sat. articles.* Syktyvkar. 2010. Pp. 45–58. (In Russian).

3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1 : 200 000. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-42-I. Ob'yasnitelnaya zapiska [State geological map of USSR, scale of 1:200,000. Series of the North Ural. Sheet Q-42-I. Explanatory Note]. A.V. Tsyimbalyuk. Moscow: MinGeo. 1984. 107 p.

4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1 : 200 000. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-42-VII. Ob'yasnitelnaya zapiska [State geological map of USSR, scale of 1:200,000. Series of the North Ural. Sheet Q-42-VII. Explanatory Note]. A.V. Tsyimbalyuk. Moscow: 1976. 100 p.

5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF, masshtab 1 : 200 000 (vtoroe izdanie). Seriya Polyarno-Ural'skaya. List Q-42-I, II (Laborovaya). Ob'yasnitelnaya zapiska [State geological map of Russian Federation, scale of 1:200,000 (second edition). Series of Polar-Ural. Sheet Q-42-I, II (Laborovaya). Explanatory Note]. V.A. Dushin, O.P. Serdyukova i dr. St. Petersburg: VSEGEI. 2009. 372 p.

6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF, masshtab 1:100 000 (tret'e pokolenie). Seriya Zapadno-Sibirskaya. List Q-42 – Salehard. Ob'yasnitelnaya zapiska [State geological map of Russian Federation, scale of 1:1,000,000 (third generation). Series of West-Siberian. Sheet Q-42 – Salekhard. Explanatory Note]. L.I. Zyileva, A.L. Konovalov, A.P. Kazak, A.V. Zhdanov i dr. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2014. 396 p.

7. Konovalov A.L., Dolivo-Dobrovolskiy D.V., Melgunov A.N., Kazak A.P. Dislocation metamorphism of the Proterozoic complexes Kharbeysko-Marunkeuskoy structuralformational zone (the Polar Urals). *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*. 2009. No 39, pp. 33–45. (In Russian).

8. Konovalov A.L., Lokhov K.I., Melgunov A.N., Berezhnaya N.G. i dr. Doordeweekse granitoids and ore of molybdenite Harba – geology, isotopic geochronology and geochemistry (Polar Urals). *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*. 2011. No 45, pp. 12–28. (In Russian).

9. Konovalov A.L., Sergeev S.S. About the age of zircons from jadeitite ultrabasite array of Syomke in the zone of the Main Uralian fault (the Polar Urals). *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*. 2015. No 64, pp. 41–47. (In Russian).

10. Krasnobaev A.A. Tsirkon kak indikator geologicheskih protsessov [Zircon as an indicator of geological processes]. Moscow: Nauka. 1986. 152 p.

 Kukushkin A.I. Metamorphic strata of the Eastern slope of the Urals, their origin and age. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*. 2006. No 27, pp. 26–41. (In Russian).
 Lyubozhenko L.N. Rezul'taty mikrostrukturnogo

12. Lyubozhenko L.N. Rezul'taty mikrostrukturnogo izucheniya porod parikvas'shorskogo bloka (Polyarnyy Ural). *Magmatic and metamorphic complexes of the Northern Urals*. Syktyvkar. 1995. Pp. 80–86. (In Russian).

13. Osnovnyie chertyi geologicheskogo stroeniya i mineralno-syirevoy potentsial Severnogo, Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala [The main features of the geological structure and mineral resource potential of the Northern, Subpolar and Polar Urals]. Eds. A.F. Morozov, O.V. Petrov, A.N. Melgunov. St. Petersurg: Izd-vo VSEGEI. 2010. 274 p. + prilozheniya na CD.

14. Osnovyi geodinamicheskogo analiza pri geologicheskom kartirovanii [The basics of geodynamic analysis in geological mapping]. Editor in chief N.V. Mezhelovskiy. Moscow: 1997. 519 p.

15. Pyistina Yu.I., Pyistin A.M. Tsirkonovaya letopis Uralskogo dokembriya [Zircon record of the Precambrian of the Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN. 2002. 168 p. 16. Pyistin A.M. Pyistina Yu.I., Konanova N.V., Potapov I.L. Tipizatsiya nizhnego dokembriya Timano-Severouralskogo regiona [Typisation of the Lower Precambrian of the Timan-Northern Ural region]. Syiktyivkar: Geoprint. 2009. 34 p.

17. Udovkina N.G. Eklogityi Polyarnogo Urala: na primere yuzhnoy chasti hr. Marun-Keu [Eclogites of the Polar Urals: an example from the southern part of the ridge Marun-Keu]. Moscow: Nauka. 1971. 191 p.

Коновалов Александр Леонидович – ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Aleksandr_Konovalov@vsegei.ru> Лохов Кирилл Игоревич – канд. геол.-минер. наук, зав. кафедрой, геологический факультет Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ)², вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <kirill.lokhov@spbu.ru>

Черкашин Алексей Васильевич – вед. инженер, ВСЕГЕИ¹. <Aleksey Cherkashin@vsegei.ru>

Вакуленко Ольга Владимировна – вед. инженер, ВСЕГЕИ¹. <Olga Gavryutchenkova@vsegei.ru>

Konovalov Aleksandr Leonidovich - Senior Researcher, VSEGEI¹. <Aleksandr Konovalov@vsegei.ru>

Lokhov Kirill Igorevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Chair, St. Petersburg State University (SPbU)², Leading Researcher, VSEGEI¹. <kirill.lokhov@spbu.ru>

Chercashin Aleksey Vasil'evich – Leading Engineer, VSEGEI¹. <Aleksey_Cherkashin@vsegei.ru>

Vakulenko Ol'ga Vladimirovna - Leading Engineer, VSEGEI¹. <Olga_Gavryutchenkova@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

² Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ). Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034, Россия. St. Petersburg State University. 7-9 Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russia.