

УДК 549.755(234.851)

ВТОРИЧНЫЕ КВАРЦИТЫ ПОЛЯРНОГО УРАЛА КАК РЕПЕР ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ПАССИВНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КОНТИНЕНТА

© 2003 г. О. В. Удуратина, В. И. Силаев, А. А. Деленицын

Представлено академиком Н.П. Юшкиным 18.02.2003 г.

Поступило 20.03.2003 г.

Открытие аповулканогенных алюмокварцитов с редкометалльно-фосфатной минерализацией в значительной степени изменило представления о минералогенетическом потенциале рифейских метаморфических комплексов Полярного Урала [3]. До последнего времени предполагалась непосредственная парагенетическая связь этих метасоматитов с вулканизмом рифейского возраста. Однако полученные нами данные свидетельствуют о средне-позднеордовикском возрасте алюмокварцитов, что не может не иметь существенного значения для развития воззрений на геологическую историю и минерагению Полярно-Уральского региона.

Литошкинское проявление упомянутых выше алюмокварцитов располагается на южном крыле Лонготюганского поперечного глубинного разлома, разделяющего Харбей-Ханмейский и Лонготюганский блоки доуралид (рис. 1). На глубинность этого дизъюнктивного нарушения указывает приуроченность к нему крупных проявлений щелочных метасоматитов с редкометалльной и редкоземельной минерализацией. Участок рассматриваемого проявления сложен метаэффузивами няровейской свиты среднего рифея, интенсивно тектонизированными и прорванными штоками гранитоидов кембрийско-раннеордовикского возраста. Зафиксированная здесь геологическая ситуация весьма типична для проявлений вторичных кварцитов в дофанерозойских комплексах [8].

Исследуемый объект представляет собой субсогласно залегающее среди сланцевых аповулканитов линзовидное тело восток-северо-восточного простирания, круто падающее к юго-востоку. Протяженность кварцитовой линзы достигает 500–550 м, мощность колеблется от 10 м на участке пережима до 25 м в раздувах. Контакты кварци-

тов с вмещающими породами резкие. Тело разбито штокверком секущих и согласных жил мощностью до 0,5 м, сложенных молочно-белым кварцем. Ореол жильного окварцевания выходит за пределы кварцитовой линзы с образованием во вмещающих сланцах самостоятельной системы жил.

Алюмокварциты – тонко-среднезернистые, массивные или массивно-сланцеватые породы серого цвета с зеленоватым, иногда желтовато-кремовым оттенками. По химическому составу они варьируют от маложелезистых силитов до железистых сиалитов (табл. 1). По содержанию Al_2O_3 и величине кремниевого модуля исследуемые породы близки к умеренно- и высокоглиноземистым метапелитам докембрия [1], но отличаются от последних малым содержанием щелочных и щелочноземельных элементов. Судя по элементам-примесям, материнским субстратом для исследуемых алюмокварцитов послужили именно вулканы няровейской свиты. Учитывая геологическую ситуацию и особенности состава, рассматриваемые образования можно сопоставить с приразломными метасоматитами формации вторичных кварцитов [2, 5, 6, 11].

По результатам математической корреляции в составе исследуемых алюмокварцитов выделяется определенная группа компонентов – Al_2O_3 , FeO, MgO, Na_2O , K_2O , P_2O_5 , прямо связанных между собой ($r = 0.41–0.99$), но обратно коррелирующих с кремнеземом ($r = -0.47...-0.55$). Кроме того, особенностью химизма алюмокварцитов является сильная обратная корреляция между Fe_2O_3 и SiO_2 , а также Fe_2O_3 и Al_2O_3 . Очевидно, что выявленная система корреляционных отношений отражает конкуренцию между кварцем и ассоциированной с ним минерализацией. В составе последней в настоящее время установлено более 30 минералов, в том числе целый ряд редких видов и даже не известных ранее разновидностей. Все выявленные минералы группируются в три хронопарагенезиса.

Самый ранний из упомянутых парагенезисов образуют кианит, хлоритоид, альбит и мусковит,

Институт геологии Коми научного центра
Уральского отделения
Российской Академии наук, Апатиты
Мурманской обл.

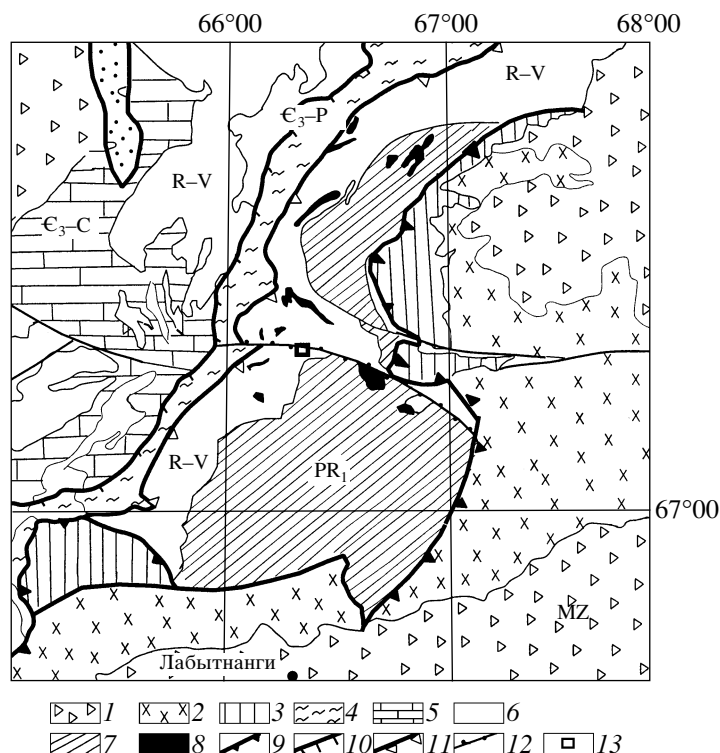


Рис. 1. Схема геологического строения Собского поднятия на Полярном Урале (по В.А. Душину с некоторыми коррективами). 1 – мезозойские отложения Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты; 2 – вулканоплутонические ассоциации палеоокеанического сектора; 3 – габбро-гипербазитовые массивы (офиолиты); 4, 5 – Лемвинская (4) и Елецкая (5) структурно-формационные зоны (палеозойские комплексы пассивной континентальной окраины); 6, 7 – метаморфические образования фундамента Восточно-Европейской платформы (верхний и нижний ярусы); 8 – наиболее крупные гранитоидные плутоны; 9 – Главный Уральский надвиг; 10 – Западно-Уральский глубинный разлом (по В.Н. Охотникову); 11 – тектоническая граница между структурно-формационными зонами; 12 – поперечные тектонические нарушения; 13 – Литошкинское проявление алюмокварцитов.

наиболее тесно связанные с кварцем. В качестве незначительной примеси к этим минералам выступает циркон, обогащенный примесью Hf и Sc – до 2–3 мас. % каждого. Важнейшую роль в рассматриваемом парагенезисе играют хлорид и кианит, наблюдающиеся в форме равномерной порфиробластической вкрапленности, обособленных гломеробласт и тонкозернистых сростаний с кварцем. В последнем случае фиксируются системы совместных границ.

По раннему кварц-алюмосиликатному парагенезису развивается более поздняя ассоциация Fe–Mg-алюмофосфатов, REE–Ba–Sr-алюминиевых сульфатфосфатов, гематита, ильменита и рутила. Все эти минералы встречаются в виде вкрапленности, гнезд, микропрожилкового штокверка. Алюминиевые фосфаты и сульфатфосфаты представлены широко варьирующими по составу твердыми растворами лазулита–скорциалита–барбосалита [3] и флоренсита–вудхаузеита–сванбергита [10]. В гематите наблюдается постоянная примесь Ti, достигающая 17 мас. % (титаномагнетит), и V (до 12 мас. %). Еще более необычным химизмом отличается рутил, в составе которого

обнаружены Fe, Sb и W в количестве 4–7 мас. % каждого. Анализ показал, что в упомянутом минерале между Ti, с одной стороны, и Fe, Sb и W – с другой, существует сильная обратная корреляция ($r = -0.54 \dots -0.95$). Напротив, между Fe, Sb и W фиксируются весьма сильные прямые связи ($r = 0.95-0.99$). Все это дает основание предполагать вхождение в рутил минеральных примесей ильменита $FeTiO_3$, трипуггита $FeSb_2O_6$ и вольфрамитов $FeWO_4$.

Выделения минералов наложенного оксидо-фосфатного парагенезиса большей частью приурочены к интерстициям в кварц-кианитовом агрегате. Они преимущественно тяготеют к скоплениям именно кианита, как это уже отмечалось для минерализованных вторичных кварцитов в других месторождениях [4]. Прожилки и линзочки гематита секут кианит-кварцевую массу или струйчато облекают кианитовые участки. Сростания лазулита с гематитом имеют субграфический рисунок, что свидетельствует о близко одновременном образовании этих минералов.

К наиболее позднему парагенезису мы относим продукты вторичных изменений минералов

Таблица 1. Состав и элементы-примеси в породах Литошкинского проявления алюмокварцитов

| Компоненты | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Породы (мас. %) | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 90.13 | 82.73 | 77.79 | 73.88 | 57.73 | 63.77 | 75.68 | 65.81 |
| TiO ₂ | 0.81 | 0.88 | 0.59 | 0.56 | 0.86 | 0.78 | 0.87 | 0.55 |
| Al ₂ O ₃ | 3.94 | 13.03 | 15.16 | 19.59 | 29.24 | 21.96 | 21.58 | 6.62 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.99 | 2.01 | 3.2 | 5.01 | 6.71 | 2.25 | 0.83 | 24.33 |
| FeO | 0.96 | 0.43 | 0.28 | 0.46 | 2.11 | 0.59 | 0.34 | 0.57 |
| MgO | н. о. | 0.01 | н. о. | н. о. | 0.21 | 1.1 | 0.06 | 0.21 |
| MnO | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| CaO | 0.21 | н. о. | н. о. | н. о. | н. о. | 0.1 | н. о. | 0.1 |
| Na ₂ O | 0.26 | 0.08 | 0.29 | 0.08 | 0.53 | 0.43 | 0.08 | 0.09 |
| K ₂ O | 0.12 | 0.12 | 1.3 | 0.07 | 1.25 | 1.97 | 0.05 | 0.05 |
| P ₂ O ₅ | 0.21 | 0.22 | 0.2 | 0.1 | 0.45 | 4.54 | 0.08 | 1.1 |
| CO ₂ | 0.11 | 0.04 | н. о. | 0.04 | н. о. | 0.12 | н. о. | 0.11 |
| H ₂ O | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.15 | 0.06 | 0.02 | 0.12 |
| П.п.п. | 0.76 | 0.96 | 1.25 | 0.76 | 2.11 | 2.65 | 0.89 | 1.24 |
| Сумма | 99.88 | 100.23 | 99.92 | 100.37 | 100.05 | 99.84 | 100.28 | 100.37 |
| Модули | | | | | | | | |
| А | 0.04 | 0.16 | 0.19 | 0.27 | 0.51 | 0.34 | 0.29 | 0.1 |
| Б | 0.03 | 0.01 | 0.09 | 0.003 | 0.04 | 0.09 | 0.002 | 0.01 |
| В | 0.59 | 0.21 | 1.59 | 0.15 | 1.99 | 3.6 | 0.19 | 0.45 |
| Г | 0.15 | 0.02 | 0.1 | 0.01 | 0.07 | 0.16 | 0.01 | 0.07 |
| Нормативные минералы (мол. %) | | | | | | | | |
| Кварц | 90.86 | 81.26 | 72.84 | 70.45 | 44.15 | 56.23 | 70.11 | 76.94 |
| Кианит | 2.17 | 15.21 | 13.24 | 24.91 | 30.17 | 15.79 | 27.25 | 7.28 |
| Хлоритоид | 2.52 | 0.94 | 0.5 | 1.17 | 6.98 | 0.8 | 1.13 | 1.43 |
| Альбит | 2.12 | 0.63 | 2.53 | 0.71 | 5.04 | 3.97 | 0.7 | 0.9 |
| Мусковит | 0.82 | 0.85 | 9.27 | 0.48 | 9.85 | 15.11 | 0.34 | 0.37 |
| Лазулит | | 0.29 | 0.28 | 0.14 | 0.71 | 6.91 | 0.12 | 1.52 |
| Апатит | 0.33 | | | | | 0.19 | | 0.2 |
| Гематит | 1.18 | 0.82 | 1.34 | 2.14 | 3.1 | 1.0 | 0.35 | 11.36 |
| Элементы-примеси (г/т) | | | | | | | | |
| Cr | 11.7 | 100.6 | 35.9 | 69.3 | 20.8 | 53.9 | 129.7 | 24.3 |
| Ni | 20 | Не обн. | Не обн. | н. о. | 105 | 170 | 40 | Не обн. |
| Co | 1.67 | 0.61 | 0.23 | 2.58 | 2.28 | 1.01 | 0.34 | 1.02 |
| Zr | 320 | 230 | 190 | 150 | 190 | 200 | 360 | 50 |
| Sc | 8.2 | 11 | 15 | 14 | 7 | 12 | 13 | 1.1 |
| Hf | 10 | 10 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| Rb | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 3.11 | 2.89 |
| Cs | 0.29 | » | 0.25 | 0.23 | 0.27 | » | 0.11 | Не обн. |
| Sr | 215 | 8 | 130 | 74 | 516 | 435 | 30 | 290 |
| Ba | 145 | 68 | 110 | 53 | 207 | 85 | 22 | 290 |
| Se | 2.64 | 0.66 | 1.73 | 0.4 | 1.64 | 4.55 | 1.14 | 1.65 |
| As | 1.18 | 42.5 | 0.46 | 1.6 | 2.24 | 2.36 | 0.78 | 0.76 |
| Sb | 1.05 | 6.97 | 1.05 | 0.5 | 1.49 | 0.67 | 0.62 | 0.78 |
| Th | 3.66 | 0.34 | 3.39 | 0.7 | 5.08 | 5.72 | 0.43 | 3.68 |
| U | 0.53 | 0.61 | 0.4 | 1.1 | 1.35 | 0.87 | 1.78 | 0.82 |
| REE | 173.4 | 12.8 | 38.9 | 3.9 | 91.4 | 76.4 | 9.7 | 63.5 |

Примечание. Породы: 1 – монокварцит (без минерализации); 2–5 – кварциты кианитовые; 6 – кварциты сланцеватые гематит-лазулит-кианитовые; 7, 8 – жилы кварцевые с кианитовой и лазулит-кианит-гематитовой минерализацией. Модули: А – SiO₂/Al₂O₃; Б – K₂O/Al₂O₃; В – (MgO + CaO + Na₂O + K₂O); Г – (MgO + CaO + Na₂O + K₂O)/Al₂O₃.

Таблица 2. Изотопный состав Rb и Sr в породах Литошкинского проявления алюмокварцитов

| № п.п. | Порода | Rb, мкг/г | Sr, мкг/г | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|--------|---|-----------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Сланцы хлоритовые окварцованные, вмещающие линзу алюмокварцитов | 5.95 | 229.44 | 0.0772 | 0.70554 |
| 2 | Монокварцит | 0.47 | 48.53 | 0.02881 | 0.70509 |
| 3 | Кварцит сланцеватый гематит-лазулит-кианитовый | 3.33 | 24.41 | 0.40673 | 0.70763 |
| 4 | Жила кварцевая с лазулитом | 0.6 | 19.92 | 0.08994 | 0.70550 |
| 5 | Жила кварцевая с гематит-лазулитовой минерализацией | 20.4 | 247.09 | 0.2459 | 0.70660 |

первых двух парагенезисов. Наиболее важную роль в этих продуктах играют фосфаты, представленные апатитом, беловитом, ксенотимом, аугелитом, чилдренитом и стерретитом. Кроме того, здесь зафиксированы каолинит и монтмориллонит, развивающиеся по первичным алюмосиликатам.

Таким образом, исследуемые породы представляют собой хлоритоид-кианитовые кварциты, минерализованные алюминиевыми фосфатами, сульфат-фосфатами, железо-титановыми оксидами и лишь незначительно затронутые поздними аутигенными преобразованиями. Важной особенностью наложенной на алюмокварциты минерализации является ее обогащение целым рядом редких (Hf, Sc, W) и редкоземельных элементов. Кварцевые жилы, секущие кварциты, мало отличаются по своим химическому и минеральному составу от собственно кварцитов, обнаруживая лишь обогащения гематитом (табл. 1).

Изотопное датирование полярноуральских алюмокварцитов было осуществлено изохронным Rb–Sr-методом. Для оценки содержаний элементов использовали отдельные трассеры ^{84}Sr и ^{85}Rb , измерения изотопного состава Rb и Sr производились на масс-спектрометре МИ-1201Т в ди-

намическом режиме. Погрешности значений $^{87}\text{Rb}/^{85}\text{Sr}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ составили соответственно 1.5 и 0.04% (2 σ). Результаты измерений приведены в табл. 2.

На изохронной диаграмме (рис. 2) все точки исследуемых алюмокварцитов образуют одну статистически достоверную изохрону, о чем свидетельствует величина СКВО, равная 0.19. Такой характер зависимости изотопных Rb–Sr-отношений свидетельствует о том, что мы на исследуемом объекте имеем дело с определенным геологическим событием, кульминация которого приходится на 466 ± 63 млн. лет, т.е. средний–поздний ордовик. Получившаяся по расчету большая величина погрешности обусловлена незначительной растяжкой по оси абсцисс.

Очевидно, что датированное нами геологическое событие отвечает глубокому метасоматическому изменению пород няровейской свиты, хронологически оторванному на 200–250 млн. лет от времени формирования последних. В рамках геологической истории Полярного Урала [7, 9] датированное нами событие, вероятно, синхронизируется с началом аккреционной стадии развития Уральского палеоокеана и является отражением на пассивной континентальной раме тектономагматических процессов, начавшихся на востоке (расщемление ранней островной дуги).

Историю формирования алюмокварцитов Литошкинского проявления следует, вероятно, рассматривать и в широком контексте региональной металлогении. На это указывает обнаружение в этих породах редкоземельных и скандиевых фосфатов, гафний-скандиевого циркона, W- и Sb-носных железо-титановых оксидов. Все эти факты явно коррелируются с развитием на Полярном Урале редкометального и вольфрам-молибденового оруденения палеозойского возраста.

Следует, наконец, отметить, что фосфатная минерализация, очень близкая по составу и строению к описанной в полярноуральских алюмокварцитах, выявлена и на Приполярном Урале, где она наложена на раннеордовикские кварцевые песчаники [3] и имеет, вероятно, то же происхождение.

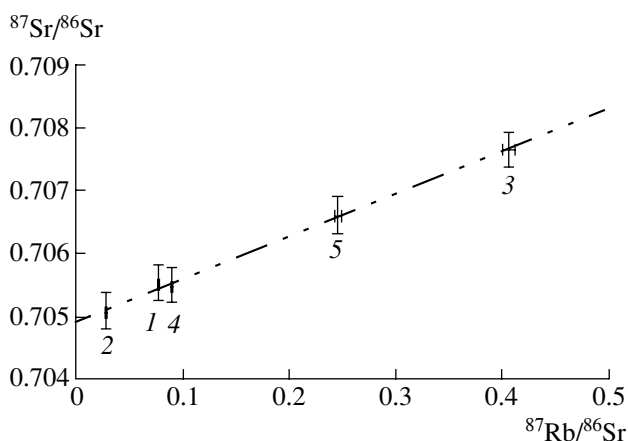


Рис. 2. Изохронная рубидий-стронциевая диаграмма для алюмокварцитов Литошкинского проявления. Номера точек совпадают с номерами проб в табл. 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. Л.: Недра, 1977. 267 с.
2. Кузнецова Ф.В. // Зап. ВМО. 1971. Т. 100. № 3. С. 358–359.
3. Литошко Д.Н., Буканов В.В. // Зап. ВМО. 1989. № 1. С. 35–41.
4. Лобач-Жученко С.Б. // Зап. ВМО. 1963. Т. 92. № 6. С. 714–716.
5. Мовсесян С.А. // ДАН. 1941. Т. 31. № 1. С. 31–32.
6. Наковник Н.И. Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. М.: Недра, 1968. 355 с.
7. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
8. Рипп Г.С., Канакин С.В. // ДАН. 1998. Т. 359. № 2. С. 223–225.
9. Руженцев С.В., Савельев А.А. // ДАН. 1997. Т. 352. № 4. С. 507–510.
10. Силаев В.И., Филиппов В.Н., Сокерин М.Ю. // Зап. ВМО. 2001. № 1. С. 99–110.
11. Соловьев С.П. // Зап. ВМО. 1959. № 6. С. 637–654.