

УДК 552.51:551.734(234.851)

ЛИТОХИМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ИСХОДНЫХ ПОРОД АЛЬБИТОВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ТУРУПЬИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Н.Ю. Никулова, О.В. Удортатина

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Поступила в редакцию 28.04.12

Сообщается о результатах литохимического изучения альбитовых метасоматитов комплексного (Ве—Та—Nb—TR) Турупьинского рудопроявления (Северный Урал). Выделены и охарактеризованы основные литологические типы слагающих разрез отложений, приведена характеристика их химического состава, сделаны выводы о составе субстрата метасоматитов.

Ключевые слова: метасоматиты, кварциты, сланцы, литологические типы.

В истоках рек Бол. Турупья и Мал. Туяхланья на восточном склоне Северного Урала (рис. 1) при проведении работ Хартесской (Шугорской) геолого-съёмочной партией была обнаружена геохимическая аномалия бериллия, ниобия, тантала, редких земель (Негурица и др., 1967, 1969 гг.). По результатам этих работ было выделено три участка, перспективных на комплексное (Ве—Та—Nb—TR)-оруденение, приуроченное к слюдисто-кварц-альбитовым или слюдисто-карбонат-альбит-кварцевым сланцам. Однако в связи с удаленностью и труднодоступностью обнаруженное рудопроявление до настоящего времени осталось мало изученным.

В 1980-х гг. А.В. Калиновским в турупьинских метасоматитах определены минералы носители оруденения бериллия — гентгельвин, эвклаз, фенакит; ниобия — манганокolumбит, пироклор; РЗЭ — бастнезит и установлена приуроченность минерализации к зоне щелочного метасоматоза. Им выделен новый для Урала тип бериллиевого оруденения — гентгельвинсодержащие полевошпатовые метасоматиты,

особенностью которых является наличие комплекса переходных признаков, сближающих их с карбонатами хлорит-серицит-анкеритовой фации (Калиновский, 1986), выявлено широкое развитие карбонатных фаций, установлена вертикальная и горизонтальная минералого-геохимическая зональность, определен изотопный состав кислорода и углерода (Калиновский, Суханов, 1985). Основное внимание в исследованиях А.В. Калиновского было уделено минералогической характеристике пород.

В настоящее время имеются лишь общие сведения по геологическому строению редкометалльного рудного поля, минералогическому и химическому составу руд, при этом литологические и геохимические особенности рудоносных пород остались практически неизученными. В частности, неясен характер субстрата, по которому развивались рудоносные метасоматиты. Решение этих вопросов потребовало дополнительного литолого-геохимического изучения горных пород, слагающих Турупьинское рудное поле.

В 1998 г. О.В. Удортатиной были проведены полевые исследования, включающие описание и опробование коренных выходов, канав и шурфов Турупьинского рудного поля (Удортатина, 2005).

На основе полученного в ходе полевых работ фактического материала, дополненного образцами из коллекции А.В. Калиновского, нами проведено литолого-геохимическое исследование пород на участке развития линз щелочно-карбонатных минеральных образований, включающее петрографическое описание 80 шлифов и литохимическую обработку 41 химического анализа. Полученные данные позволили охарактеризовать основные литологические типы горных пород, слагающих Турупьинское рудное поле, выявить их литолого-геохимические особенности и

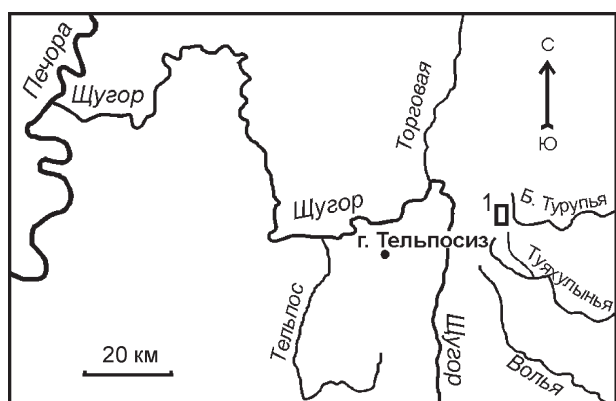


Рис. 1. Схема расположения участка работ

сделать предположения о природе субстрата метасоматитов.

На изучаемом участке развиты терригенно-карбонатные отложения ордовикских хомасьинской ($O_{1-2}hm$) и польинской ($O_{2-3}pl$) свит, прорванные позднесилурийскими — среднедевонскими гранодиоритами горно-благодатского габбро-тоналит-диоритового комплекса (S_2-D_2g) и меридионально ориентированными дайками габбро-долеритов раннесилурийского талехтумпского габбро-долеритового комплекса (S_1) (рис. 2).

Хомасьинская свита ($O_{1-2}hm$) условно разделена на нижнюю — сланцево-песчаниковую и верхнюю — преимущественно сланцевую подсвиты. Нижняя часть (350—500 м) представлена зеленовато-серыми хлорит-серицит-альбит-кварцевыми метапесчаниками с прослоями хлорит-серицит-альбит-кварцевых сланцев, количество которых увеличивается вверх по разрезу. Верхняя часть (350 м) свиты сложена серицит-хлорит-альбит-кварцевыми сланцами с редкими прослоями мраморов.

Польинская свита ($O_{2-3}pl$) также делится на две подсвиты: нижнюю — осадочную и верхнюю — вулканогенную. Нижняя толща (150—300 м) сложена

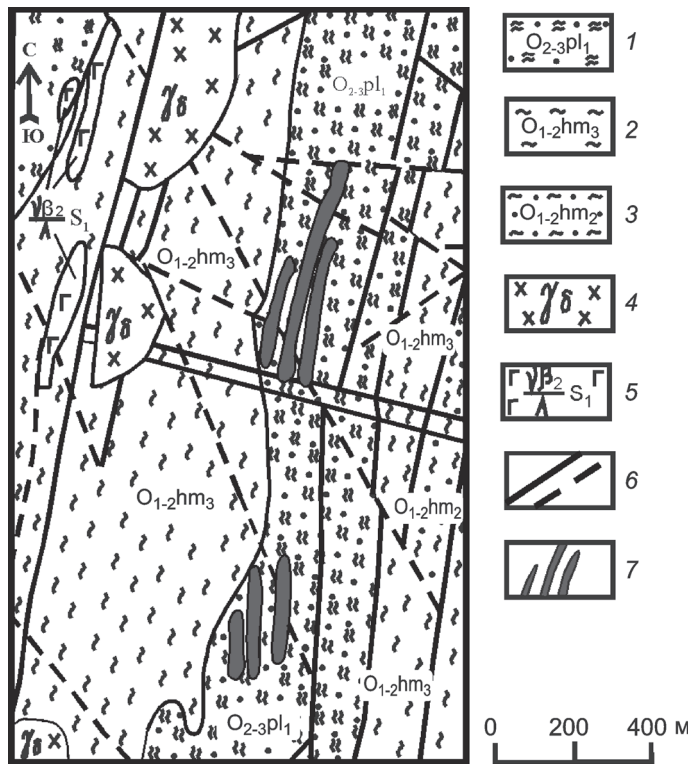


Рис. 2. Схематическая геологическая карта северной части Турупинского редкометалльного рудопоявления. Составлена А.В. Калиновским по материалам Э.Н. Негурицы (Негурица и др., 1967 г.): 1 — польинская свита: серицит-хлорит-альбит-кварцевые сланцы, известняки; 2 — хомасьинская свита нижняя подсвита: хлорит-серицит-альбит-кварцевые метапесчаники с прослоями сланцев; 3 — хомасьинская свита верхняя подсвита: серицит-хлорит-альбит-кварцевые метапесчаники с линзами известковистых сланцев и мраморов; 4 — гранодиориты горно-благодатского габбро-тоналит-диоритового комплекса (S_2-D_2g); 5 — малые тела и дайки габбро-долеритов; 6 — разрывные нарушения; 7 — тела рудных полевошпат-карбонатных пород

серицит-хлорит-альбит-кварцевыми филлитовидными сланцами и филлитами с прослоями кварцито-песчаников. Верхняя толща (120—150 м) представлена актинолит-хлорит-альбит-эпидотовыми сланцами, постепенно переходящими в пироксен-плаггиоклазовые и плаггиоклазовые порфириды. Толща развита южнее исследуемой территории и вскрывается в верховьях рек Охлям и Воля. Рудоносные щелочно-карбонатные породы слагают линзообразные тела, залегающие среди терригенных пород нижней части польинской свиты.

Для диагностики первичного субстрата метасоматитов на начальном этапе мы пытались использовать диаграмму **ab** А.Н. Неелова (Геологическая..., 1996). На ней точки составов изучаемых метасоматитов пород попадают в поля кислых, средних, основных туффигов, в которых находятся также аркозовые, полимиктовые и граувакковые песчаники.

Более эффективной в данном случае оказалась методика литохимии (Юдович, Кетрис, 2000), дополненная петрографическими исследованиями, позволившими в ряде случаев выявить первичные реликтовые структурно-текстурные особенности пород.

В результате литохимической обработки данных 41 силикатного анализа пород были рассчитаны литохимические модули (табл. 1 и 2), построена модульная диаграмма в координатах НКМ—ЖМ (Юдович, Кетрис, 2000) и сделан нормативный минеральный пересчет (табл. 3 и 4).

На модульной диаграмме исходная совокупность проб распадается на 6 кластеров и 16 индивидуальных составов, не поддающихся усреднению в кластерах (рис. 3). Различные литологические разновидности пород попадают в разные кластеры, отражающие особенности минерального состава пород, их генезис и степень метасоматической переработки.

Наименее измененные породы — хлорит-мусковит-полевошпат-кварцевые сланцы составляют кластер IV. Для них характерна сланцеватая, на отдельных участках плейчатая текстура и лепидогранобластовая структура. В породе чередуются слюдистые и алевропесчаные (размер зерен 0,02—0,15 мм) слойки, до 20% площади которых приходится на ромбические зерна, выполненные бурым аморфным изотропным веществом с реликтами рудного минерала. В слюдистых слойках часто наблюдаются скопления зерен новообразованного эпидота. По данным нормативного минерального пересчета, эпидот составляет 2,6%, кварц 31,0, кислый (№ 12) плаггиоклаз 23,8, хлорит 14,2, калиевый полевошпат 9,5% (табл. 3). Около 11% приходится на минералы группы мусковита, при этом выделяются две его разновидности — собственно мусковит (серицит), составляющий 8,8%, и натриевая слюда — парагонит (2,3%). Рудные минералы — лейкоксен, оксиды и гидроксиды железа составляют в сумме 5,7%.

В кластер VI вошли два образца кварц-хлорит-полевошпатового сланца с лепидогранобластовой структурой и пятнистой сланцеватой текстурой.

Т а б л и ц а 1
Средний химический состав пород в кластерах, мас. %

| Компоненты и модули | I | II | III | IV | V | VI |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| n | 2 | 5 | 5 | 7 | 2 | 2 |
| SiO ₂ | 75,60 | 63,91 | 64,16 | 61,94 | 64,61 | 48,85 |
| TiO ₂ | 1,90 | 0,33 | 0,22 | 0,74 | 0,62 | 3,02 |
| Al ₂ O ₃ | 11,72 | 18,31 | 17,79 | 16,38 | 17,38 | 14,87 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,55 | 2,26 | 1,72 | 4,29 | 2,28 | 5,11 |
| FeO | 0,44 | 1,10 | 2,18 | 3,28 | 2,45 | 5,97 |
| MnO | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,03 | 0,22 |
| MgO | 0,29 | 0,64 | 1,59 | 2,07 | 2,07 | 4,30 |
| CaO | 1,22 | 0,54 | 0,98 | 1,81 | 0,54 | 4,42 |
| Na ₂ O | 6,06 | 8,37 | 5,21 | 2,67 | 3,09 | 5,22 |
| K ₂ O | 0,42 | 1,87 | 2,65 | 2,63 | 2,85 | 0,52 |
| P ₂ O ₅ | 0,80 | 0,14 | 0,08 | 0,27 | 0,12 | 1,27 |
| ппп | 0,79 | 1,45 | 3,05 | 3,60 | 3,42 | 5,00 |
| Сумма | 100,09 | 99,51 | 99,69 | 100,69 | 100,57 | 101,1 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 6,48 | 10,24 | 7,86 | 5,30 | 5,94 | 5,74 |
| НКМ | 0,55 | 0,56 | 0,44 | 0,32 | 0,34 | 0,39 |
| ЖМ | 0,07 | 0,18 | 0,22 | 0,48 | 0,26 | 0,63 |
| H ₂ O | 0,26 | 0,40 | 0,70 | 0,69 | 0,71 | 0,40 |
| CO ₂ | 0,02 | 0,13 | 0,42 | 0,21 | 0,40 | 1,94 |

Примечание: I—VII — номера кластеров, n — количество проб в кластере.

Мелкозернистый плагиоклаз с примесью кварца и карбоната образует «пятна» линзовидной или неправильной формы, разделенные хлоритовыми слоями, в которых по напластованию располагаются мельчайшие зерна рудных минералов — лейкоксена и гематита, часто образующие сплошные слои. Основным породообразующим минералом в сланцах кластера VI является кислый (№ 8) плагиоклаз (47,7%), на долю хлорита приходится 17,5%, рудные минералы составляют в сумме 8,8%, на карбонат приходится 7,3%. По всей видимости, данные сланцы представляют собой альбитизированные и карбонатизированные породы по базитовому субстрату.

Породы кластера V представлены мелкозернистыми рассланцованными песчаниками. В шлифе видно чередование песчаных и слюдяных слоев. Песчаные слои мощностью около 5,0 мм характеризуются неравномерно-зернистой псаммитовой структурой, массивной текстурой. Размер зерен от тысячных долей до 0,4 мм (преобладает фракция 0,1—0,2 мм). Цемент пленочный железистый и поровый слюдяный. Окатанность обломочных зерен различная — присутствуют неокатанные и хорошо окатанные зерна, преобладают обломки средней и слабой степени окатанности. Слюдяные слои не выдержанные по мощности (от 0,01 до 1,0 мм), часто выклиниваются. В них порода имеет лепидобластовую структуру, сланцеватую текстуру. Песчаники клас-

Т а б л и ц а 2

Средний химический состав пород вне кластеров, мас. %

| Компоненты и модули | № образца | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 605-4 | 606-2 | 606-7 | 609-7 | 610 | 613-3 | 1 | 2a | 4 | 6 | 11 | 82-11 | 82-13 | 82-4 | 82-17 | 606-14 |
| SiO ₂ | 68,30 | 49,14 | 67,88 | 77,03 | 70,09 | 64,84 | 64,0 | 72,00 | 70,95 | 61,84 | 59,10 | 13,18 | 38,38 | 12,62 | 78,6 | 55,18 |
| TiO ₂ | 0,57 | 0,77 | 0,26 | 0,52 | 0,12 | 0,91 | 0,40 | 0,17 | 0,74 | 1,18 | 1,08 | 0,07 | 0,18 | 0,11 | 0,02 | 184 |
| Al ₂ O ₃ | 11,88 | 15,34 | 10,81 | 9,92 | 16,93 | 10,5 | 13,82 | 15,63 | 12,7 | 15,84 | 14,56 | 1,91 | 5,24 | 0,34 | 0,42 | 17,85 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,77 | 2,14 | 1,12 | 4,61 | 0,42 | 8,84 | 2,84 | 1,47 | 4,96 | 6,42 | 10,26 | 0,31 | 1,02 | 0,27 | 0,1 | 3,95 |
| FeO | 1,24 | 7,03 | 0,92 | 1,62 | 1,01 | 3,93 | 1,46 | 0,50 | 2,61 | 2,97 | 0,00 | 0,83 | 0,77 | 0,68 | 0,99 | 4,94 |
| MnO | 0,09 | 0,14 | 0,11 | 0,17 | 0,048 | 0,34 | 0,14 | 0,0071 | 0,084 | 0,140 | 0,27 | 0,11 | 0,05 | 0,02 | 0,28 | 0,088 |
| MgO | 0,26 | 9,36 | 2,94 | 0,47 | 0,53 | 0,81 | 1,80 | 0,55 | 1,92 | 2,29 | 0,99 | 15,72 | 7,61 | 8,9 | 0,25 | 1,87 |
| CaO | 0,25 | 10,47 | 4,17 | 0,26 | 0,26 | 1,39 | 5,66 | 0,17 | 0,46 | 1,50 | 2,15 | 28,18 | 20,48 | 36,09 | 10,75 | 2,00 |
| Na ₂ O | 5,38 | 2,81 | 2,25 | 0,71 | 7,64 | 1,02 | 4,64 | 7,82 | 4,05 | 3,91 | 5,34 | 0,59 | 1,34 | 0,77 | 0,24 | 6,45 |
| K ₂ O | 1,78 | 0,12 | 1,78 | 2,04 | 1,58 | 1,94 | 0,61 | 0,52 | 1,38 | 2,32 | 1,80 | 0,29 | 0,89 | 0,54 | 0,04 | 0,36 |
| P ₂ O ₅ | 0,12 | 0,056 | 0,083 | 0,11 | 0,083 | 1,06 | 0,09 | 0,065 | 0,12 | 0,340 | 1,20 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 1,40 |
| ппп | 2,42 | 2,45 | 7,67 | 2,98 | 0,91 | 3,84 | 3,89 | 0,84 | 1,89 | 3,61 | 3,19 | 38,72 | 24,49 | 37,27 | 8,59 | 3,13 |
| Сумма | 99,06 | 99,83 | 99,95 | 100,44 | 99,62 | 99,42 | 99,35 | 99,81 | 101,86 | 102,36 | 99,94 | 99,95 | 100,5 | 97,65 | 100,29 | 99,02 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 7,16 | 2,93 | 1,03 | 2,75 | 9,22 | 2,96 | 5,25 | 8,34 | 5,43 | 6,23 | 7,14 | 0,88 | 2,23 | 1,31 | 0,28 | 6,81 |

Окончание табл. 2

| Компоненты и модули | № образца | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 605-4 | 606-2 | 606-7 | 609-7 | 610 | 613-3 | 1 | 2а | 4 | 6 | 11 | 82-11 | 82-13 | 82-4 | 82-17 | 606-14 |
| НКМ | 0,48 | 0,19 | 0,37 | 0,28 | 0,54 | 0,28 | 0,38 | 0,53 | 0,43 | 0,39 | 0,49 | 0,46 | 0,43 | 3,85 | 0,67 | 0,38 |
| ЖМ | 0,33 | 0,58 | 0,19 | 0,61 | 0,09 | 1,15 | 0,19 | 0,13 | 0,57 | 0,56 | 0,67 | 0,63 | 0,34 | 2,16 | 3,11 | 0,46 |
| H ₂ O | 0,57 | 0,56 | 0,29 | 0,78 | 0,28 | 0,62 | 0,17 | 0,14 | 0,19 | 0,19 | 0,43 | 0,11 | 0,4 | 0,16 | 0,13 | 0,65 |
| CO ₂ | 0,05 | 0,15 | 5,98 | 0,07 | 0,02 | 0,13 | 1,77 | 0,01 | 0,02 | 0,87 | 0,2 | 37,27 | 22,99 | 33,75 | 7,91 | 0,04 |

тера I содержат максимальное количество слюды — около 19% (табл. 3).

В мусковит-кварц-полевошпатовых сланцах кластера III под микроскопом наблюдается бластопорфировая структура с лепидогранобластовой структурой основной ткани, сланцеватая с элементами плейчатой текстурой. На отдельных участках прослеживается первичная аплитовая или микропоякилитовая (рис. 4, а) структуры. Порфировидные вкрапленники размером 0,2—0,6 мм представлены преимущественно кислым плагиоклазом, реже мелкозернистым гранулированным кварцем. Вокруг вкрапленников отмечаются каймы кварца (рис. 4, б). По сланцеватости развит тонкодисперсный рудный пигмент. Акцессорные минералы представлены единичными зернами циркона размером 0,06 мм и цепочками мельчайших (размером около 0,001 мм) плохо окристаллизованных зерен сфена. В породах этого кластера уменьшается количество кварца, а на долю полевых шпатов приходится около 44% (табл. 3).

Породы кластера II представляют собой альбитовые сланцы, в которых основная ткань сложена преимущественно альбитом. Для этих пород характерны бластопорфировая структура с лепидогранобластовой структурой основной ткани и сланцевая с элемента-

ми микропоячатой текстурой. На отдельных участках порода представляет собой фельзитовый альбитофир. Здесь микропоякилитовая основная масса, в которой размещаются пойкилитовые вроски альбита, состоит из покрытых чешуйками серицита неправильной формы зерен кварца. Изредка наблюдаются расположенные согласно сланцеватости линзовидные выделения, сложенные мелкозернистым кварцем и карбонатом. Мелкие пластинчатые зерна гематита образуют цепочки по сланцеватости. Нормативный пересчет (табл. 3) показал, что в составе этих пород резко доминирует альбит (70,3%), присутствуют также калиевый полевой шпат (8,4%), хлорит (3,5%) и слюды (в сумме 4,7%). Жильные кварц-полевошпатовые образования составляют кластер I. Для этих пород характерна массивная текстура, гранобластовая мозаичная структура. В крупнокристаллической основной ткани присутствуют линзовидные обособления, сложенные мелкими (0,1—0,2 мм) призматическими индивидами плагиоклаза. Акцессорные минералы представлены единичными зернами новообразованного апатита. По данным нормативного пересчета, породы сложены преимущественно кварцем (48,1%) и кислым (№ 2) плагиоклазом (41,2%). Второстепенные минералы представлены лейкоксеном, апатитом, мусковитом, парагонитом, хлоритом и калиевым полевым шпатом, акцессорные — карбонатом и гематитом (табл. 3).

Кроме описанных выше литологических типов остались образцы пород, имеющие существенные особенности состава, не позволяющие усреднить их в кластерах.

Нормативный минеральный пересчет анализа габбро-долерита (табл. 4, обр. 606-2) показал, что порода на 45,9% состоит из среднего (№ 51) плагиоклаза, на 37,9% — из амфибола, близкого по составу к тремолиту, и на 10% из хлорита. Второстепенные минералы представлены магнетитом (3,0%) и ильменитом (1,5%), акцессорные — калиевым полевым шпатом (0,6%) и доломитом (0,5%).

Промежуточное положение между альбитовыми сланцами кластера II и жильными кварц-полевошпатовыми породами кластера I занимает порода, представленная в обр. 2а. Под микроскопом видно, что рассланцованная алевритовая основная ткань насыщена извилистыми, не выдержанными по мощности кварц-альбитовыми прожилками (рис. 5, а). В ее составе (табл. 4) преобладает альбит (66,9%). На кварц

Таблица 3

Нормативный минеральный состав пород в кластерах, %

| Нормативные минералы | I | II | III | IV | V | VI |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Кварц | 48,1 | 7,8 | 20,6 | 31,0 | 33,0 | 10,8 |
| Плагиоклаз (№) | 41,2 (2) | 70,3 (2) | 43,9 (6) | 23,8 (12) | 23,9 (3) | 47,7 (8) |
| Ортоклаз | 1,1 | 8,4 | 8,9 | 9,5 | 6,7 | 3,3 |
| Хлорит | 1,2 | 3,5 | 8,6 | 14,2 | 11,6 | 17,5 |
| Мусковит | 1,6 | 2,4 | 9,6 | 8,8 | 14,3 | — |
| Парагонит | 1,5 | 2,3 | 3,8 | 2,3 | 4,6 | — |
| Лейкоксен | 2,4 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 0,8 | 3,7 |
| Гидроксиды железа | — | 2,5 | 2,0 | 4,8 | 2,5 | — |
| Гематит | 0,5 | — | — | — | — | 5,1 |
| Карбонаты | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 7,3 |
| Апатит | 1,9 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 2,8 |
| Эпидот | — | — | — | 2,6 | — | — |

Таблица 4

Нормативный минеральный состав пород вне кластеров, %

| № образца | 605-4 | 606-2 | 606-7 | 609-7 | 610 | 613-3 | 1 | 2а | 4 | 6 | 11 | 82-11 | 82-13 | 82-14 | 82-17 | 606-14 |
|----------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------|----------|----------|----------|
| Кварц | 29,8 | 0,5 | 47,4 | 63,8 | 18,8 | 50,5 | 26,5 | 23,3 | 37,9 | 26,7 | 19,0 | 8,4 | 26,7 | 5,8 | 77,4 | 12,1 |
| Плагиоклаз (№) | 41,4 (1) | 45,9 (51) | 13,4 (2) | 3,2 (18) | 65,5 (5) | 4,8 (12) | 47,8 (17) | 66,9 (1) | 34,9 (2) | 30,7 (1) | 46,4 (8) | 5,6 (5) | 11,1 (10) | 7,1 (11) | 1,9 (16) | 55,4 (3) |
| Ортоклаз | 5,0 | | 5,6 | 2,8 | 6,1 | 1,1 | 3,3 | 2,8 | 5,6 | 6,7 | 2,8 | 0,6 | 2,2 | 3,3 | — | 1,1 |
| Хлорит | 1,6 | 9,9 | 3,3 | 5,5 | 3,2 | 3,2 | 4,7 | 2,6 | 10,7 | 11,6 | 2,6 | — | — | — | — | 17,5 |
| Мусковит | 8,0 | 0,8 | 7,2 | 13,5 | 4,8 | 15,1 | — | 4,8 | 4,0 | 10,4 | 4,2 | 1,6 | 4,0 | — | — | 1,6 |
| Парагонит | 6,1 | — | 8,4 | 4,6 | 3,1 | 6,1 | — | — | 3,8 | 2,3 | 3,8 | — | 2,3 | — | — | 0,8 |
| Лейкоксен | 0,7 | — | 0,3 | 0,7 | 0,2 | 1,1 | — | — | 0,9 | 1,5 | 1,4 | 0,1 | 0,2 | — | — | 2,3 |
| Ильменит | — | 1,5 | — | — | — | — | 0,8 | 0,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Гематит | 1,9 | — | 1,1 | 4,6 | 0,5 | | 1,0 | 1,4 | 5,0 | 6,4 | 8,8 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 0,2 | 4,0 |
| Карбонаты | 0,1 | 0,5 | 12,6 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 3,8 | — | — | 1,9 | — | 84,1 | 53,4 | 84,0 | 20,5 | 0,1 |
| Апатит | 0,3 | — | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 2,2 | 0,3 | — | 0,3 | 0,6 | 2,5 | — | — | — | — | 3,1 |
| Магнетит | 2,8 | 3,0 | — | — | — | 12,7 | 1,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Амфибол | — | 37,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Эпидот | — | — | — | — | — | — | 7,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

приходится 23,3%. Присутствуют также мусковит (4,8%), хлорит (2,6%), калиевый полево шпат (2,8%), гематит (1,4%) и ильменит (0,3%).

В полевошпат-кварцевом сланце (обр. 610) в микрорзернистой основной ткани присутствует большое количество вкрапленников кислого плагиоклаза (рис. 5, б).

Кислый (№ 5) плагиоклаз составляет около 65% породы, кварц — 18,8%, калиевый полево шпат 6,1%. Второстепенные минералы представлены хлоритом (3,2%) и слюдами — мусковитом (4,8%) и парагонитом (3,1%).

Особенностью обр. 606-7, представленного слюдыстым полевошпат-кварцевым сланцем, является присутствие многочисленных согласных прожилков, сложенных кварцем (0,1—0,2 мм) и доломитом. По данным нормативного минерального пересчета (табл. 4), количество доломита достигает 12,6%, а слюды, представленные мусковитом и парагонитом, составляют в сумме 15,6%.

Кварц-хлорит-полевошпатовый сланец (обр. 606-14) имеет порфиоровую структуру с лепидогранобластовой структурой основной ткани, сланцеватую текстуру. В основной ткани присутствует до 1—2% новообразованных зерен апатита размером от 0,08 до 0,5 мм. По структурно-текстурным особенностям и химическому составу этот сланец сходен с кварц-хлорит-полевошпатовыми сланцами кластера VI, от которых отличается заметно меньшим содержанием карбоната и так-

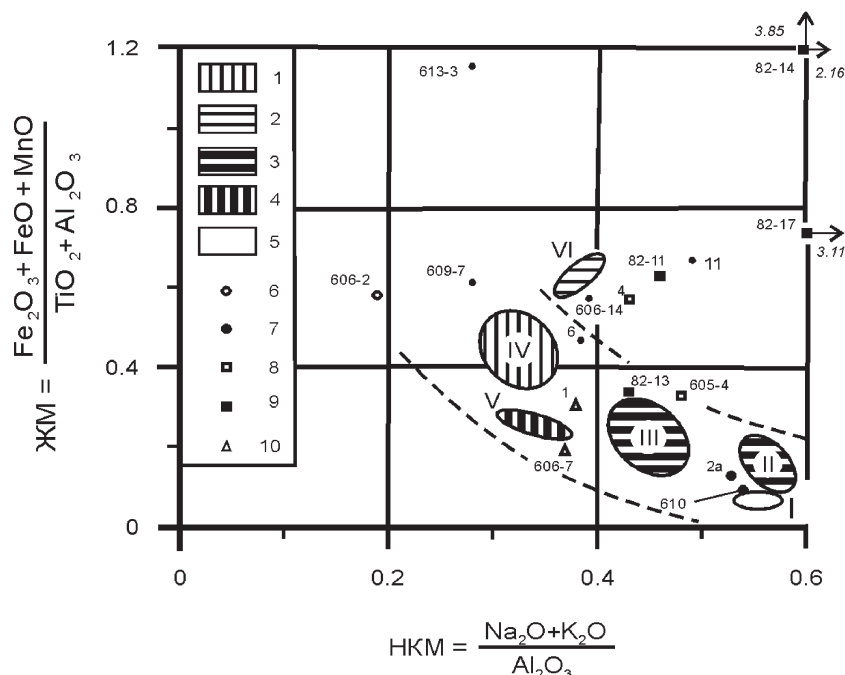


Рис. 3. Модульная диаграмма:

1 — хлорит-мусковит-полевошпат-кварцевые сланцы; 2 — кварц-хлорит-полевошпатовые сланцы; 3 — мусковит-кварц-полевошпатовые сланцы; 4 — песчаники; 5 — кварц-полевошпатовые жильные породы; 6—10 — точки вне кластеров: 6 — габбро, 7 — сланцы, 8 — песчаники, 9 — карбонатные породы, 10 — кварц-полевошпатовые жильные породы. I—VI — кластеры

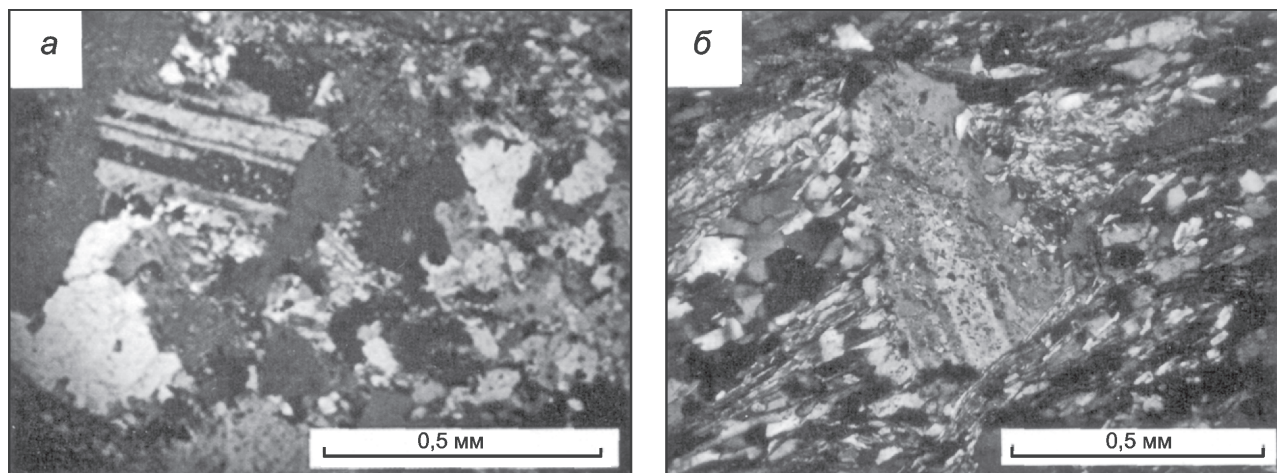


Рис. 4. Микроструктуры метасоматитов:

а — участок реликтовой микропойкилитовой структуры в мусковит-кварц-полевошпатовом сланце, обр. 608-2; б — вкрапленник плагиоклаза с кварцевой каймой на фоне сланцеватой основной ткани, обр. 613-9

же представляет собой метасоматит по базитовому субстрату.

Серицит-хлорит-кварц-полевошпатовый сланец (обр. 6) отличается присутствием в лепидогранобластовой основной ткани кварц-полевошпатовых прожилков (рис. 5, а), к которым приурочены аутигенный карбонат (рис. 5, в) и апатит. Рудные минералы (лейкоксен и гематит) содержатся в виде отдельных зерен округлой или неправильной формы, а также в виде мельчайших (тысячные доли миллиметра) зерен, образующих цепочки вдоль трещин рассланцевания. Нормативный пересчет показал, что в породе содержатся примерно равные количества кварца, полевого шпата и слюдистых минералов — хлорита, мусковита и парагонита (табл. 4), а рудные минералы составляют около 8%.

Мусковит-кварцевые сланцы (обр. 609-7) имеют кристаллизационную сланцеватую, участками поперечно-сланцеватую текстуру, лепидогранобластовую структуру. Основная ткань сложена алевритовыми зернами кварца, с незначительной примесью полевого шпата, микрочешуйчатыми серицитом и хлоритом, подчеркивающими направление сланцеватости. До 10—15% площади шлифа занимают ромбические зерна, выполненные бурым аморфным изотропным веществом, внутри которых часто присутствуют мельчайшие зерна рудного минерала. Трещинки рассланцевания выполнены тонкодисперсным лейкоксеном. Акцессорные минералы представлены единичными зернами эпидота и циркона. Наиболее вероятно, что сланцы образовались по осадочной породе (алевролиту или тонкозернистому песчанику), на что указывают и особенности их химического состава (табл. 2), в котором преобладает кварц. По данным нормативного пересчета (табл. 4), в их составе доминирует кварц (63,8%). Слюда составляет 18,1%, хлорит — 5,5%, рудные минералы — 5,3%. На долю кислого (№ 18) плагиоклаза приходится лишь около 3%.

Тонкозернистый кварц-полевошпатовый песчаник (обр. 4) имеет псаммитовую структуру, сланцеватую текстуру. Сланцеватость создается за счет параллельной ориентировки чешуек слюдистых минералов. Размер зерен от 0,1 до 0,3 мм. Окатанность обломков различная — преобладают средне- и слабоокатанные, хорошо окатанные встречаются редко. У отдельных зерен заметны регенерационные каймы (рис. 5, г). Цемент порового, участками базального типа сложен мелкозернистым агрегатом кварца, хлорита и слюды. Рудные минералы представлены гематитом и лейкоксеном. В центральных частях наиболее крупных зерен лейкоксена, имеющих, как правило, гексагональные очертания, присутствуют реликты ильменита. Акцессорные минералы представлены единичными зернами циркона и эпидота. По данным нормативного минерального пересчета (табл. 4), основными породообразующими минералами являются кварц — 37,9%, кислый (№ 2) плагиоклаз — 34,9%, и хлорит — 10,7%. Гематит составляет 5,0%, мусковит — 4,0%, парагонит — 3,8%, лейкоксен — 0,9% и апатит — 0,3%.

В мелкозернистом рассланцованном кварц-полевошпатовом песчанике (обр. 605-4) чередуются песчанистые и слюдистые слойки. Для песчанистых слоек мощностью 3—5 мм характерна лепидогранобластовая структура, сланцеватая, за счет ориентировки чешуек мусковита, текстура. К этим слойкам приурочены ромбические зерна размером от 0,05 до 0,3 мм, выполненные бурым изотропным веществом. В слюдистых слойках структура лепидобластовая, текстура сланцеватая. Согласно сланцеватости располагаются цепочки зерен рудных минералов. Акцессорные минералы представлены новообразованным апатитом и слабоокатанными зернами циркона.

Необычный состав имеет кварц-полевошпатовая порода с эпидотом (обр. 1), развивающимся по плагиоклазу (рис. 5, д). По данным нормативного пересчета (табл. 4), в породе содержится около 7,9% эпи-

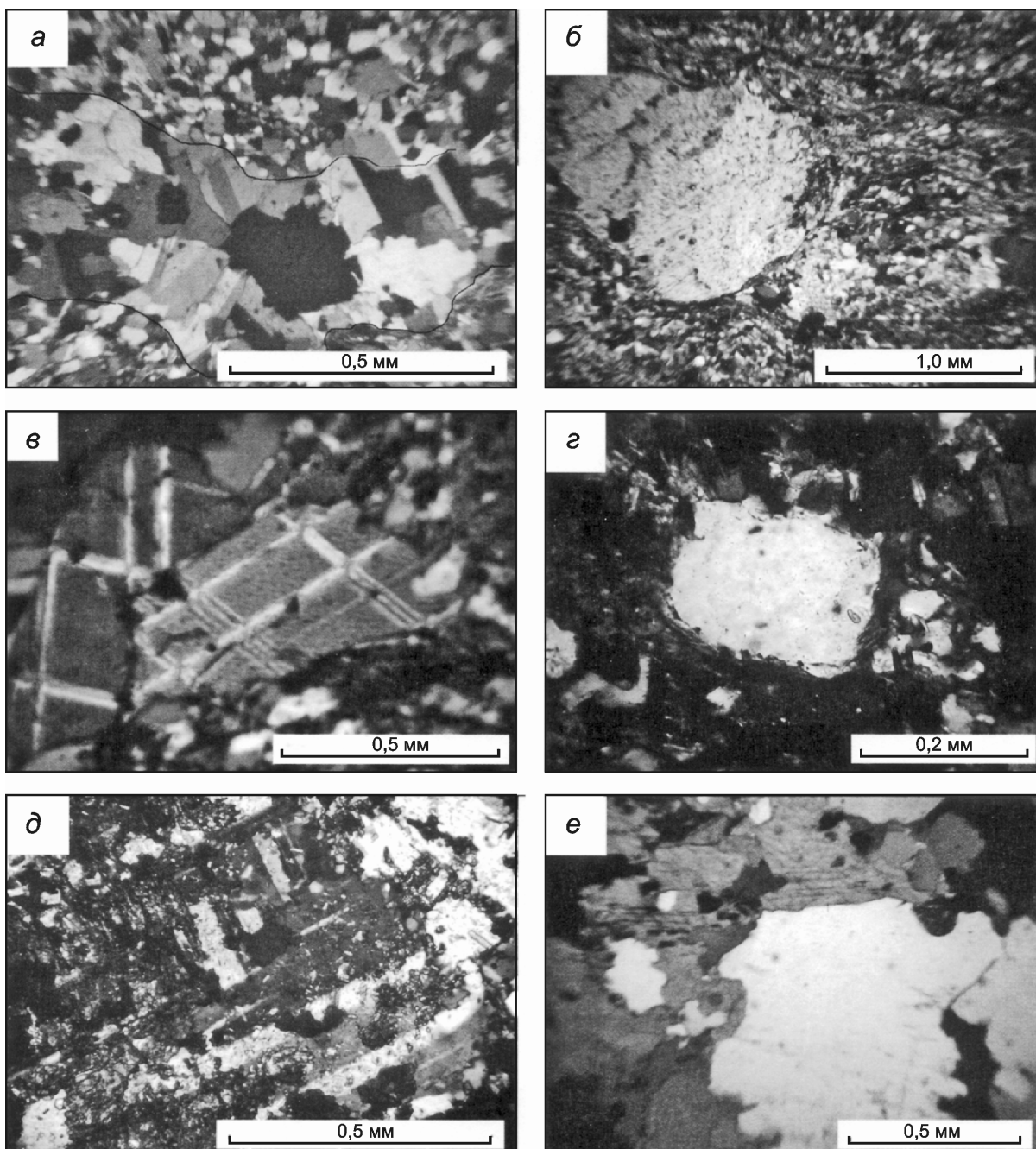


Рис. 5. Литологические особенности пород вне кластеров:

а — кварц-альбитовый прожилок, обр. 2а, с анализатором; б — крапленник кислого плагиоклаза в сланце, обр. 610, без анализатора; в — карбонат в кварцевом прожилке, обр. 80-6, с анализатором; г — окатанное зерно кварца с регенерационной каймой, обр. 4, с анализатором; д — эпидот, развивающийся по плагиоклазу, обр. 1, с анализатором; е — гранобластовая структура карбонат-кварцевой породы, обр. 82-17, с анализатором

дота и 3,8% доломита. Породообразующие минералы представлены плагиоклазом (47,8%) и кварцем (26,5%). Присутствуют также существенно магнезиальный хлорит (4,7%), калиевый полевой шпат (3,3%), магнетит (1,4%), ильменит (0,8%) и апатит (0,3%).

Гематит-кварц-полевошпатовый сланец (обр. 11) имеет гранолепидобластовую структуру, сланцеватую участками микроплойчатую текстуру. В породе чередуются слои существенно слюдястые и сложенные мелкозернистым (0,05—0,1 мм) кварцем и рудными минералами. Рудные минералы в песчаных слой-

ках распределены неравномерно и составляют от 5 до 70% площади. На слюдястых участках они в виде тонкодисперсного пигмента и мельчайших зерен образует сплошные слои и цепочки зерен, располагающиеся согласно сланцеватости. По данным нормативного минерального пересчета порода содержит максимальное из всех изученных образцов количество гематита (8,8%).

В «рудном» серицит-кварцевом сланце (обр. 613-3) под микроскопом наблюдается чередование слюдястых и кварцевых слоев, в которых располага-

ются ромбической формы зерна магнетита. По данным нормативного пересчета, порода содержит 12,7% магнетита.

Вне кластеров остались также точки, соответствующие существенно карбонатным породам (обр. 82-11, 82-13, 82-14 и 82-17). Мраморизованные известняки слагают линзовидные тела и маломощные прослои в породах польинской свиты. Они также затронуты метасоматическими процессами, которые привели к перекристаллизации, окварцеванию и калишпатизации исходных осадочных пород. В незатронутых метасоматозом известняках польинской свиты в среднем течении р. Мал. Туяхланья содержатся органические остатки, позволившие установить среднеордовикский возраст польинской свиты.

Полевошпат-кварц-карбонатная порода (обр. 82-13) имеет неравномерно-зернистую структуру, массивную текстуру. Полевые шпаты и кварц присутствуют в карбонатной массе в виде «пятен», состоящих из нескольких зерен и сплошных слоев, к которым приурочены серицит-хлоритовые с микрозернистым гематитом линзочки и прожилки. В составе породы около 25% приходится на кварц и около 13% на кислый (№ 9) плагиоклаз, присутствуют также хлорит (4,7%), мусковит (4,0%), парагонит (2,3%) и калиевый полевой шпат (2,2%). Карбонатные минералы, составляющие в сумме 53,4%, представлены анкеритом (4,4%), кальцитом (16,2%) и доломитом (32,8%).

Структура породы обр. 82-11 переходная от криптокристаллической к мелкозернистой мозаичной, на фоне криптокристаллической основной массы выделяются редкие ромбы доломита и изометричные зерна кальцита. Кварц и плагиоклаз образуют скопления и невыдержанные по мощности выклинивающиеся слои. Доломит, кальцит и анкерит составляют в сумме около 85%, кварц — 9,4%, кислый (№ 5) плагиоклаз — 5,6%.

Порода обр. 82-14 имеет пятнистую текстуру — в шлифе наблюдаются неправильной формы пятна и прослои с мелкозернистой мозаичной и криптозернистой структурами — и также сложена преимущественно карбонатом — анкеритом (3,1%), кальцитом (11,1%) и доломитом (70,0%). Кварц и полевые шпаты неравномерно распределены в карбонатной массе, а их содержание, по данным нормативного пересчета, составляет первые проценты.

Порода обр. 82-17 с неравномернозернистой гранобластовой структурой и массивной текстурой состоит из кварца с конформными границами размера-

ми 0,01—1,0 мм и карбоната, образующего скопления и извилистые слои (рис. 5, е). Нормативный пересчет показал, что кварц составляет около 77%, карбонат 22%.

Проведенное литохимическое изучение метасоматитов Турупинского рудного поля показало, что слагающие его горные породы имеют необычные особенности минерального и химического составов (обогащение Na_2O и соответственно альбитизация), что не позволяет считать эти породы ни нормально-осадочными, ни нормальными вулканогенными. Очевидно, изученные нами породы являются метасоматитами по субстрату как осадочных, так и вулканогенных образований кислого и основного составов. Осадочные породы распознаются по присутствию сохранившихся псаммитовых и псаммоалевритовых структур и окатанных обломков минералов, в том числе кварца с регенерационными каймами. Вулканиды основного состава, даже не сохранившие первичную структуру, уверенно различаются по химическому составу. Это в различной степени хлоритизированные, альбитизированные породы, на модульной диаграмме выделяющиеся повышенными значениями железного модуля.

Прямым свидетельством вулканогенной природы кислого субстрата некоторых сланцев является наличие в сланцевом матриксе участков с реликтовыми микрофельзитовой или аплитовой структурами. В 20—25 км к западу от изучаемого участка — на южном склоне массива Тэлпозиз, в бассейне р. Няртсую и водоразделе рр. Тельпос и Кузь-Кудию — присутствуют субинтрузивные согласные тела кварцевых порфиоров, химический состав которых отличается повышенной щелочностью (до 8,37%). По данным геологической съемки, возраст этих пород кембрийский (Государственная..., 1999). Возможно, что именно такие породы и послужили субстратом для образования части изученных нами метасоматитов.

Работа выполнена в рамках инициативных проектов УрО РАН № 12-У-5-1008 «Редко- и благороднометалльная минерализация осадочного генезиса в нижнепалеозойских толщах севера Урала» и № 12-У-5-1025 «Закономерности осадконакопления позднекембрийско-раннеордовикского рифтогенного этапа развития и фациальная зональность нижнепалеозойских отложений западного склона севера Урала».

ЛИТЕРАТУРА

Геологическая съемка метаморфических и метасоматических комплексов. Методич. пособие. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1996. 416 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:200 000. Серия Северо-Уральская. Лист Р-40-VI (г. Тэлпозиз). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 1999. 114 с.

Калиновский А.В. Бериллиевое оруденение в редкометалльных натровых и щелочно-карбонатных метасоматитах Турупинского рудного поля. Сыктывкар, 1986. 42 с.

Калиновский А.В., Суханов Н.В. Щелочно-карбонатные редкометалльные метасоматиты на севере Урала // Рудоносные, рудные и нерудные формации Урала: Информ. материалы. Свердловск, 1985. С. 90—91.

Удоратина О.В. (Be—Nb—Ta—REE) комплексные руды щелочно-карбонатных метасоматитов (Северный Урал) // *Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд: Мат-лы науч. конф.*

Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. Т. 2. С. 87—90.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

**LITHOCHEMICAL DIAGNOSTICS
OF PRIMARY ROCKS OF ALBITE ORE METASOMATITES
IN RARE-METAL TURUPIYA ORE FIELD (NORTH URALS)**

N.Yu. Nikulova, O.V. Udoratina

The results of lithochemicals studies of albite metasomatites of the Turupiya Ore Field (Be—Ta—Nb—TR) are presented. The main lithotypes are proposed with reconstruction of primary sedimentary rock substrate.

Key words: metasomatites, quartzites, shists, lithotypes.

Сведения об авторах: *Николова Наталья Юрьевна* — докт. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, *e-mail:* nikulova@geo.komisc.ru; *Удоратина Оксана Владимировна* — канд. геол.-минерал. наук, руковод. лаб. петрографии Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН.