



УДК 551.24:552.311(5-012)

ЭВОЛЮЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ НАКОПЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДОНОСНЫХ ГРАНИТАХ И МЕТАСОМАТИТАХ ВЕРХНЕУРМИЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ПРИАМУРЬЕ)

В.И.АЛЕКСЕЕВ, К.Г.СУХАНОВА, И.М.ГЕМБИЦКАЯ

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Предпринята попытка развить существующие представления об эволюции акцессорной минерализации редкометалльно-гранитовых серий на постмагматическом этапе их развития и формирования сопутствующих гидротермальных месторождений. Исследованы с минералогических позиций состав и распределение редких элементов Верхнеурмийского рудного узла: изучены акцессорные и рудные минералы Sn, W, Nb, Ta, Bi, Y, редкоземельные элементы в редкометалльных литий-фтористых гранитах и ассоциирующих с ними метасоматитах. Установлено, что акцессорные магматические и гидротермальные минеральные комплексы обладают едиными геохимическими чертами, образованы при ведущей роли указанных элементов и закономерно сменяют друг друга во времени. Прослежена эволюция минеральных форм накопления Sn, W, Nb, Ta, Y, редкоземельных элементов в процессах магматической кристаллизации и постмагматического метасоматоза во временном ряду: редкометалльные граниты → цвиттеры → турмалиниты → хлорититы. Наблюдается наследование горными породами каждой стадии минералого-геохимических особенностей пород предыдущей стадии. Выявлено значительное количество минералов, образующихся в течение двух-трех стадий, и сквозные магмотогенно-гидротермальные минералы. Установлены постмагматические генерации ряда акцессорных минералов редкометалльных гранитов. Особенно разнообразными среди акцессориев редкометалльных гранитов и цвиттеров оказались минералы вольфрама, олова и висмута.

Состав рудной минерализации Верхнеурмийского рудного узла во многом сходен с составом комплекса метасоматических акцессорных минералов редкометалльных гранитов. Вольфрамово-оловорудные месторождения Верхнеурмийского рудного узла являются полиформационными и несут в себе минералогические признаки касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций. Эволюция минеральных форм важнейших редких элементов (Sn, W, Bi, Nb, Ta, редкоземельных элементов) указывает на генетическую связь вольфрамово-оловянного оруденения цвиттер-турмалинитовой формации с редкометалльными литий-фтористыми гранитами района. Доказательством служит особая генетическая категория акцессорных минералов, образующихся в результате псевдоморфизации протоминералов, – трансформационные минералы или метасоматические акцессорные минералы. В список метасоматических акцессориев входят именно те минералы, которые считаются индикаторами рудогенерирующей способности лейкогранитов Дальнего Востока: касситерит, вольфрамит, шеелит, ряд сульфидов.

Сходство качественного состава ранне-позднемагматических и постмагматических минералов указывает на металлогеническую специализацию материнской гранитовой магмы. Прогнозно-минерагеническое значение изучения эволюции минеральных форм накопления редких элементов в рудоносных гранитах и метасоматитах связано с возможностью оценки металлогенической специализации материнской гранитовой магмы. Представления об эволюции акцессорных парагенезисов должны быть положены в основу поисковых геотехнологий в Дальневосточной металлогенической провинции.

Ключевые слова: эволюция, акцессорные минералы, редкометалльные граниты, цвиттеры, турмалиниты, Верхнеурмийский рудный узел, Приамурье

Как цитировать эту статью: Алексеев В.И. Эволюция минеральных форм накопления редких элементов в рудоносных гранитах и метасоматитах Верхнеурмийского рудного узла (Приамурье) / В.И.Алексеев, К.Г.Суханова, И.М.Гембицкая // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 149-155. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.149

Введение. Государственной программой Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (2013) предусмотрено создание условий для ввода в эксплуатацию и комплексного освоения месторождений редких и редкоземельных металлов. По учетным запасам большинства редких металлов отечественная сырьевая база занимает ведущее положение в мире. Однако в силу ряда геолого-экономических причин (содержание металлов в рудах, географо-экономическое положение рудных районов и др.) Россия уступает странам-производителям концентратов редких металлов. Одной из причин неблагоприятного положения дел является недостаточная изученность условий формирования и локализации месторождений России, связанных с редкометалльными гранитами.

В новейшей истории регионального геологического исследования России можно выделить три этапа: 1) 1938-1964; 2) 1964-2005; 3) с 2005 г. Второй этап, ознаменовавшийся проведением среднемасштабного картирования рудных районов, привел к открытию рудоносных редкометалльных гранитов (РГ), позволил собрать богатые минералого-петрографические материалы и

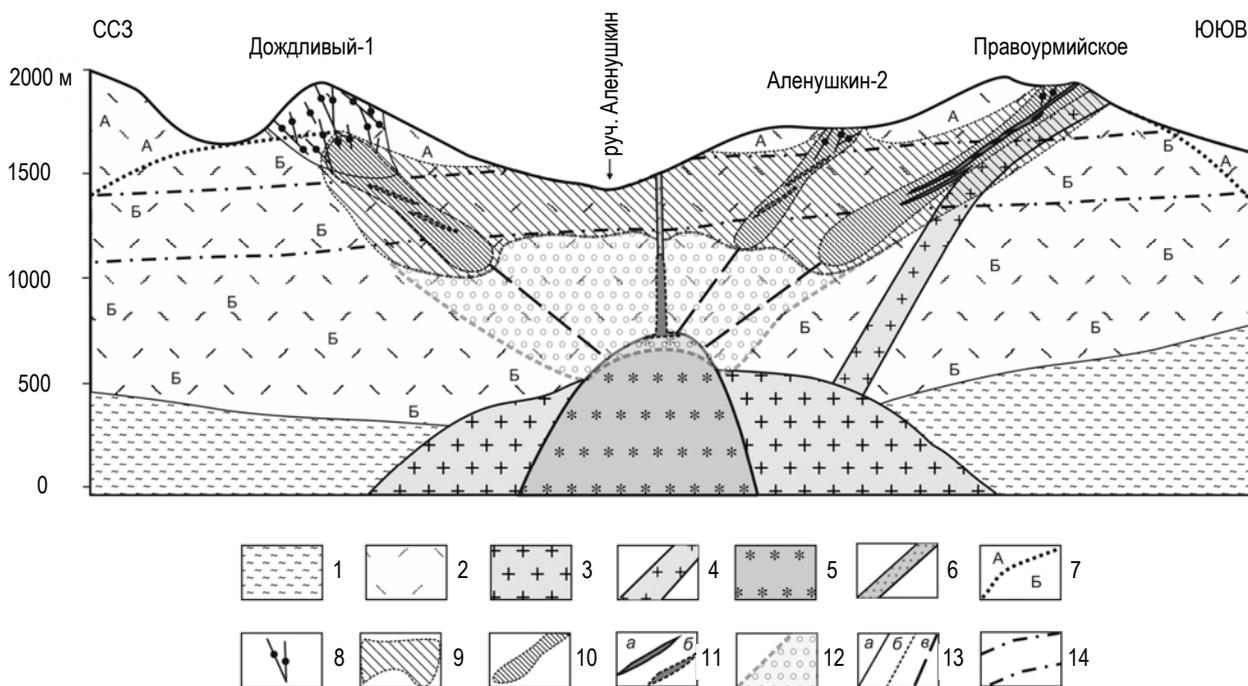


Рис.1. Верхний ярус Верхнеурмийской рудно-магматической системы
(по материалам Ю.Б.Марина, Г.Т.Скублова, В.И.Алексеева и др., 1990, с дополнениями В.И.Алексеева)

1 – кристаллические сланцы; 2 – риолитовые игнимбриты; 3 – апикальный выступ биотитовых лейкогранитов Верхнеурмийского массива; 4 – дайка биотитовых гранит-порфиров; 5 – предполагаемая на глубине интрузия литий-фтористых гранитов; 6 – дайка сидерофиллит-альбитовых гранитов; 7 – граница зон региональных пропицитов: А – альбит-амфиболовых, Б – биотитовых; 8 – минерализованные зоны цвиттеров и турмалинитов нерасчлененные; 9, 10 – штокверки с ореолами цвиттеров сидерофиллит-кварцевой фации: умеренные (9), интенсивные (10); 11 – рудные зоны цвиттеров сидерофиллит-топаз-кварцевой фации: установленные (а) и предполагаемые на глубине (б); 12 – объемная цвиттеризация; 13 – границы геологические (а), метасоматические (б), тектонические (в); 14 – границы зоны рудоотложения

раскрыть главные черты петрогенезиса РГ [3-5, 11]. Было установлено, что РГ – магматические породы, содержащие промышленную редкометалльную (Ta, Nb, W, Sn, Li, Be, РЗЭ) акцессорную минерализацию (65-70 минеральных видов). В гранитоидных сериях от гранодиоритов-гранитов к поздним субщелочно-щелочногранитовым редкометалльным гранитам зафиксировано увеличение количества минеральных видов и многообразия классов минералов, заметное повышение роли оксидов, фторидов, карбонатов, фосфатов, силикатов редких и редкоземельных элементов. В этом же направлении происходит усложнение структуры акцессорных минералов: от оксидов координационного строения к слоистым и каркасным; от силикатов с изолированными Si-тетраэдрами – к каркасным. К поздним членам гранитоидных серий – редкометалльным гранитам, увеличиваются частота встречаемости и содержание минералов с летучими компонентами, редкими и редкоземельными металлами, причем все более низкокаркасовыми [13].

Одна из наиболее популярных концепций гидротермального рудообразования предполагает магматический источник флюидов и минерального вещества. Наличие генетической связи оруденения с гранитоидами и разнообразие ее проявлений подчеркивали А.Г.Бетехтин (1955), Ю.А.Билибин (1955), И.Г.Магакьян (1974), В.И.Смирнов (1982), Л.Н.Овчинников (1988) и другие исследователи. Авторами на примере Верхнеурмийского рудного узла в Среднем Приамурье предпринята попытка развить существующие представления об эволюции акцессорной минерализации редкометалльно-гранитовых серий на постмагматическом этапе их развития и формирования сопутствующих гидротермальных месторождений.

Геология объекта исследований. Эталонным районом исследований выбран Баджальский рудный район, входящий в состав Хингано-Охотской оловоносной магматической области Приамурья [9]. Геология района и крупнейшего Верхнеурмийского медь-вольфрамо-оловорудного узла описаны в статье [4]. В восточном экзоконтакте Верхнеурмийского гранитного батолита выявлен ареал РГ, контролирующего множество редкометалльных рудопроявлений и крупнейшее Правоурмийское вольфрамово-оловянное месторождение [1, 2, 7, 9]. Важная



особенность Верхнеурмийской рудно-магматической системы (РМС) – широкое развитие последовательно образующихся оловорудных топаз-сидерофиллитовых цвиттеров, турмалиновых и хлоритовых метасоматитов, слагающих метасоматические зоны и штокверки, в том числе рудные тела Правоурмийского месторождения, рудопроявлений Аленушкин, Омот-Макит, Вольфрам-Макит, Дождливый и др. (рис.1). Размещение и зональность цвиттеров, турмалинитов и хлорититов контролируются правоурмийским редкометалльно-гранитовым комплексом [2]. Весьма актуальна проблема сопоставления минерального состава рудоносных гранитов и околорудных метасоматитов.

Методология и методы исследования. Научно-методической основой работы является систематика редкометалльных гранитовых формаций С.М.Бескина – Ю.Б.Марина (1976-2013) [5]. Использована модель глубинных очаговых структур И.Н.Томсона и М.А.Фаворской (1973; 1992) [8], дополненная концепцией РМС Дальнего Востока В.Г.Гоневчука [9]. Основной принцип исследования – комплексирование минералого-петрологической информации на различных уровнях организации вещества: минеральном, горно-породном и формационном. Методы исследования: геологическое картирование опорного рудного узла, региональная корреляция гранитоидных и метасоматических образований, формационный анализ. Для решения петрологических задач применялся метод электронной петрографии, основанный на сочетании оптических и электронно-микроскопических методик исследования минералов (SEM, EMPA, CL, SIMS). Основным исполнителем исследований был научно-образовательный центр «Фундаментальные исследования минералов-индикаторов петро- и рудогенеза» Санкт-Петербургского горного университета.

Эволюция минеральных форм концентрации редких элементов в рудоносных гранитах и метасоматитах Верхнеурмийского рудного узла. Детальное изучение крупнейших месторождений района позволило установить эволюцию состава редкометалльной минерализации во временном ряду: РГ → цвиттеры → турмалиниты → хлорититы. Акцессорные магматические и разностадийные гидротермальные минеральные комплексы, с одной стороны, обладают едиными геохимическими чертами и образованы при ведущей роли W, Sn, Nb, Ta, Bi, Y, PЗЭ, а с другой – закономерно сменяют друг друга во времени. Минералого-геохимическая эволюция горных пород заключается в закономерном изменении форм минеральной концентрации редких и рудных элементов (конституционных и примесных). Наблюдается наследование горными породами каждой стадии минералого-геохимических особенностей пород предыдущей стадии. Выявлено значительное количество минералов, образующихся в течение двух-трех стадий, и сквозные магмато-генно-гидротермальные минералы: касситерит, ферберит, шеелит, рутил, самородный висмут, монацит.

В РГ и постмагматических цвиттерах интенсивно накапливаются литофильные элементы: F, Li, Nb, Ta, W, Y, PЗЭ, Th, U. При этом минералы Li, Nb, Ta не характерны для более поздних метасоматитов, а минералы F, W, Y, PЗЭ, Th, U образуются на всех стадиях развития рудно-магматических систем. Типоморфными литофильными элементами рудно-геохимических процессов, сопутствующих внедрению РГ, являются F, W, Y, PЗЭ, Th, U. Фтор входит в состав флюорита, топаза, фосфатов. Тантал-ниобиевая, вольфрамовая, иттрий-редкоземельная и торий-урановая минерализации наиболее характерны для РГ и цвиттеров, где наряду с химически специализированными фазами (ферберит, монацит, ксенотим, шеелит, алланит, черновит, торит, уранинит) распространены сложные оксиды с Nb, Ta, U, Th, Y, тяжелыми PЗЭ, W, Sn (самарскит, фергусонит, висмутопирохлор, ишикаваит, эвксенит). Многие минералы Nb, W, Y, PЗЭ (шеелит, ферберит, циртолит, монацит) встречаются и в поздних гидротермалитах (см. таблицу).

Минералы халькофильных элементов возникают при формировании редкометалльных гранитов и образуются на всех стадиях постмагматического гидротермального процесса. Выделен «магмато-генно-пневматолитовый» комплекс минералов Sn, As, Bi, содержание и разнообразие которых резко возрастают при переходе от магматической стадии к цвиттеровой и затем быстро сокращаются; «гидротермальный» комплекс включает минералы Cu, Zn, Pb, In, Ag, содержание и количество которых последовательно нарастают к поздним стадиям гидротермального процесса. Главные халькофильные элементы – Sn, As, Bi – образуют кислородные соединения (оксиды, арсенаты, вольфраматы), в том числе главные рудные минералы цвиттеров и турмалинитов – касситерит и арсенипирит; входят в состав тантало-ниобатов. Начиная с цвиттеровой стадии последовательно



нарастает роль сульфидов Sn, As, Bi: от лёллингита, арсенопирита и висмутина до сульфостаннатов меди (станнина, станноидита, моусонита, кестерита и др.), сульфосолей Ag, Cu, Bi (см. таблицу). Второстепенные халькофилы – Cu, Zn, Pb, In, Ag – не характерны для гранитов. Они появляются в виде сульфидов, арсенатов, сульфосолей в цвиттерах и на поздних стадиях приобретают значение рудных элементов. Типоморфными элементами халькофильной минерализации вольфрамово-оловянных месторождений района служат Cu, In.

Эволюция минеральных ассоциаций редких элементов в рудно-магматической системе с редкометалльными гранитами Верхнеурмийского рудного узла (Приамурье)

Редкий элемент	Литий-фтористые граниты и онгониты	Цвиттеры	Турмалиниты	Хлорититы
Nb	<u>Вольфрамоксиолит</u> , <u>самарскит</u> , эшинит, ишикаваит, фергусонит, пирохлор, висмутопирохлор, ильменорутил, эвксенит, колумбит, (рутил, <u>ильменит</u>)	Фергусонит, эвксенит, пирохлор, (ферберит, рутил)	(Рутил, ферберит)	–
Ta	<u>Вольфрамоксиолит</u> , иксиолит, ишикаваит, эвксенит, колумбит, (<u>самарскит</u> , висмутопирохлор)	(Эвксенит)	–	–
W	<u>Вольфрамоксиолит</u> , ферберит, шеелит, (<u>самарскит</u> , эшинит, рутил, ильменит, ишикаваит, висмутопирохлор)	<u>Ферберит</u> , шеелит, (рутил, эвксенит, касситерит, пирохлор, ильменит)	Ферберит, (рутил)	Шеелит
Sn	Касситерит, иксиолит, (<u>вольфрамоксиолит</u> , рутил, ишикаваит)	<u>Касситерит</u> , станнин, сакураит, кестерит, (рутил)	<u>Касситерит</u> , станноидит, моусонит, станнин, кестерит, (<u>халькопирит</u> , титанит)	Касситерит
Bi	Висмутопирохлор, висмут, (ишикаваит, <u>самарскит</u> , эшинит)	Висмут, висмутин, мозговаит, виттихенит, бисмит, ганьянит, хедлейит, заварицкит, бисмутоферрит	Висмут, висмутин, виттихенит, (теннантит)	Висмут, бенжаминит
Y, PЗЭ	<u>Монацит</u> , церианит, ксенотим, <u>самарскит</u> , ишикаваит, фергусонит, алланит-(Y), эшинит, черновит-(Y), бритолит-(Y), эвксенит, твейтит, (апатит, <u>флюорит</u> , <u>циркон</u>)	<u>Монацит</u> , ксенотим, алланит-(Ce), фергусонит, эвксенит, (<u>флюорит</u> , циртолит)	Монацит, (циртолит)	(Эпидот)

Примечание. Подчеркнуты главные акцессорные и рудные минералы. В скобках – минералы, содержащие редкий элемент в виде существенной (> 0,1 %) примеси.

Новые данные об акцессорной минерализации РГ Верхнеурмийского рудного узла показывают, что в их составе широко представлены поздне- и постмагматические минералы (фергусонит, эвксенит, самородный висмут, пирохлор и др.), наблюдаемые также в цвиттерах. Установлены постмагматические генерации ряда акцессорных минералов редкометалльных гранитов: ферберита, вольфрамоксиолита, фергусонита, шеелита, флюорита, монацита, рутила и др. (рис.2). Значительная роль в комплексе гидротермальных акцессориев принадлежит сульфидам: арсенопириту, висмутину, пириту, пирротину, халькопириту, галениту, сфалериту [7, 9]. Нами выявлены также ранее не описанные на Дальнем Востоке метасоматические минералы: сакураит, купропирсеит, аргентотеннантит, мозговаит, кариббит и др. [3]. Особенно разнообразными среди акцессориев РГ и цвиттеров оказались минералы вольфрама (вольфрамит, вольфрамоксиолит, шеелит и др.), олова (касситерит, иксиолит, станнин, кестерит, сакураит и др.) и висмута (висмутопирохлор, ганьянит, виттихенит и др.) [15] (см. таблицу, рис.2).

Как следует из таблицы, состав рудной минерализации Верхнеурмийского медь-вольфрамово-оловянного рудного узла во многом сходен с составом комплекса метасоматических акцессорных минералов редкометалльных гранитов. При этом только вольфрам имеет в гранитах и рудах идентичные минеральные формы, входя в состав вольфрамит, шеелита, вольфрамоксиолита (рис.2). В качестве изоморфной примеси вольфрам входит также в состав ряда акцессорных и гидротермальных минералов: тантало-ниобатов, ильменита, рутила [3, 15]. Другие рудные элементы – Nb, Sn, As, Bi, Pb, Zn – встречаются в гранитах преимущественно в виде изоморфных компонентов акцессориев или в составе малораспространенных акцессорных минералов, а на поздне- и по-

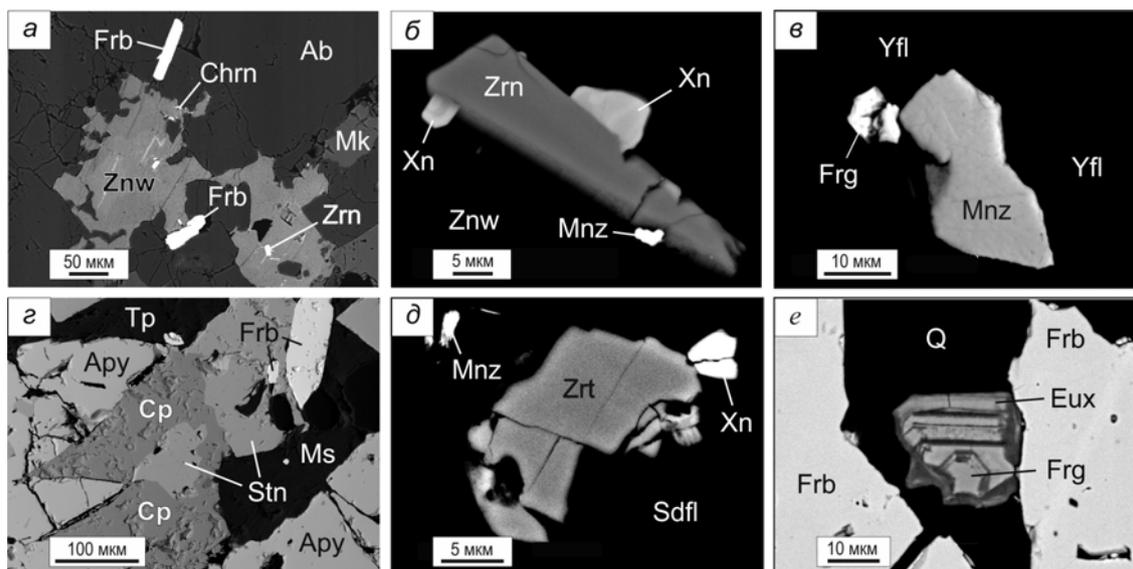


Рис.2. Унаследованный состав акцессорной и рудной минерализации циннвальдитовых редкометалльных гранитов (а-в) и топаз-кварц-сидерофиллитовых цвиттеров (г-е) Верхнеурмийского рудного узла.

Минералы: Ab – альбит, Ару – арсенопирит, Chrn – черновит-(Y), Cp – халькопирит, Eux – эвксенит-(Y), Frb – ферберит, Frg – фергусонит-(Y), Mk – микроклин, Mnz – монацит-(Ce), Ms – мусковит, Q – кварц, Sdfl – сидерофиллит, Stn – станнин, Tp – топаз, Xn – ксенотим-(Y), Yfl – иттрофлюорит; Znw – циннвальдит, Zn – циркон, Zrt – циртолит

стагматическом этапах развития рудно-магматических систем образуют рудные минералы. В частности, ниобий и тантал входят в состав акцессорного и рудного ферберита, а также целого ряда тантало-ниобатов, включая фергусонит (рис.2). Магматогенно-гидротермальная эволюция минеральных видов заключается в обеднении вольфрама Nb, Sc и увеличении разнообразия редкоземельных примесей в фергусоните.

Редкоземельные элементы образуют собственные минеральные фазы в РГ и метасоматитах: монацит-(Ce), ксенотим-(Y), алланит-(Y), алланит-(Ce), эвксенит-(Y) и др. Акцессорный касситерит оказался не столь распространен в лейкогранитах и редкометалльных гранитах, как этого можно было ожидать исходя из опубликованных работ [3, 15]. Причиной служит наличие иных позднемагматических носителей олова в РГ: рутила (до 22,92 % SnO₂), вольфрамоиксиолита (до 2,65 % SnO₂), стрюверита, титанита. Редкие находки касситерита в редкометалльных гранитах имеют позднемагматическое происхождение. Висмут концентрируется в виде висмутопирохлора, в самородном состоянии или наблюдается в виде примеси в ишикаваите, самарските, эшините.

Обсуждение результатов. Глубокая лейкократизация пород земной коры под воздействием интрателлурических флюидов способна привести к формированию рудно-магматических систем с редкометалльными гранитами [6, 8, 9]. Крупнейшее Правоурмийское месторождение олова и вольфрама пространственно совмещено с одноименным комплексом РГ [2, 3, 15]. С точки зрения существующих классификаций [10] вольфрамово-оловорудные месторождения Верхнеурмийского рудного узла являются полиформационными и несут в себе минералогические признаки касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций. Выделена единая вольфрамово-оловорудная цвиттер-турмалинитовая формация, ассоциированная с РГ [1, 2, 7, 10]. Характерной особенностью минералого-геохимической эволюции цвиттер-турмалинитовых месторождений является наследование постмагматическими минералами редкоэлементного состава акцессориев РГ, при котором минералообразующая роль переходит от главных литофильных компонентов (W, Nb, Y, PЗЭ) к второстепенным халькофильным (Sn, Bi, As, Cu, Pb) [3].

Эволюция минеральных форм редких элементов указывает на генетическую связь цвиттер-турмалинитовой формации с РГ. Объяснить эту эволюцию можно следующим образом. Важной особенностью РГ является устойчивое присутствие в них групп геохимически и кристаллохимически родственных акцессорных минеральных видов [5, 11, 16]. Такие акцессории образуют, как правило, закономерные сростки, которые содержат сведения об условиях своего возникновения и роста [3, 12]. Уникальные особенности редкометалльно-гранитовой магмы обеспечивают возможность синхронной кристаллизации родственных акцессорных минералов [11, 16]. Химическая



микрөгетерогенность и эволюция расплава, накопление редких элементов в остаточных поровых растворах определяют последовательность кристаллизации и замещение раннемагматических акцессорных минералов (топаз, флюорит, ильменит, циркон, монацит, ксенотим, ферберит, вольфрамоксиолит, фергусонит, эшинит, торит, сподумен, амблигонит) поздне-постмагматическими (ильменорутит, касситерит, висмутопирохлор, самарскит, алланит, ишикаваит, черновит, шеелит, рузвельтит, бритоцит, асселборнит, филипсборнит, церианит, торинит, пирофанит) [3]. Формируется особая генетическая категория минералов, образующихся в результате кристаллохимического приспособления (псевдоморфизации) магматических протоминералов к новым условиям существования, – трансформационные минералы [14]. Такие поздне- и постмагматические акцессории, возникающие в результате взаимодействия кристаллизующегося расплава с флюидом или постмагматического преобразования РГ, В.В.Ляхович называл «метасоматическими» [12]. Следует подчеркнуть, что в список метасоматических минералов входят именно те минералы, которые считаются индикаторами рудогенерирующей способности лейкогранитов Дальнего Востока: касситерит, вольфрамит, шеелит, арсенопирит, лёллингит, висмутин и др. [3, 8, 9].

Сходство качественного состава магматических и постмагматических минералов отражает металлогеническую специализацию материнской гранитовой магмы [6, 7, 9]. Рудные элементы могут концентрироваться в гранитах на магматической стадии, формируя акцессорно-рудную минерализацию РГ [13], рассеиваться в виде примесей в породообразующих и акцессорных минералах или накапливаться в остаточных расплавах-растворах и формировать постмагматическую рудную минерализацию [3, 6, 12, 13]. В соответствии с принципами, изложенными в работах [6, 12, 13, 15], наличие акцессорных минералов, содержащих рудные элементы (Sn, W, Bi, Nb, Ta, РЗЭ), и их эволюцию следует расценивать как признаки генетической связи W-Sn-оруднения цвиттер-турмалинитовой формации с РГ Верхнеурмийского рудного узла.

Выводы

1. С точки зрения существующих классификаций [10] вольфрамово-оловорудные месторождения Верхнеурмийского рудного узла являются полиформационными и несут в себе минералогические признаки касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций.

2. Установлена эволюция минеральных форм концентрации редких и рудных элементов в Верхнеурмийской рудно-магматической системе, указывающая на генетическую связь рудно-метасоматической цвиттер-турмалинитовой формации с РГ.

3. Видовой состав, конституция и типоморфизм акцессорных минералов РГ и сопутствующих гидротермалитов служат индикаторами условий формирования гранитоидных серий и потенциальной рудоносности конкретных интрузий. Прогнозно-минерагеническое значение эволюции минеральных форм накопления редких элементов в рудоносных гранитах и метасоматитах определяется возможностью оценки металлогенической специализации материнской гранитовой магмы. Представления об эволюции акцессорных парагенезисов должны быть положены в основу поисковых геотехнологий (шлиховой метод, минералого-геохимическое картирование и пр.) в Дальневосточной металлогенической провинции.

Благодарность. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00364а) и Минобрнауки РФ (базовая и проектная части государственного задания в сфере научной деятельности № 5.9248.2017/ВУ на 2017-2019 годы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.И. Метасоматическая зональность рудных полей Баджальского района (Приамурье) // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1989. № 5. С. 27-37.
2. Алексеев В.И. Дальневосточный пояс литий-фтористых гранитов, онгонитов и оловорудных цвиттеров // Записки Горного института. 2015. Т. 212. С. 14-20.
3. Алексеев В.И. Литий-фтористые граниты Дальнего Востока. СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. 244 с.
4. Алексеев В.И. Редкометалльные граниты в структурах российского сектора Тихоокеанского рудного пояса // Записки Горного института. 2016. Т. 220. С. 515-520.
5. Бескин С.М. Редкометалльные гранитовые формации / С.М.Бескин, В.Н.Ларин, Ю.Б.Марин. Л.: Недра, 1979. 280 с.



6. Бескин С.М. Металлогеническое районирование областей гранитоидного плутонизма (дедуктивный подход). М.: ИМГРЭ, 2007. 108 с.
7. Гавриленко В.В. Геохимия, генезис и типоморфизм минералов месторождений олова и вольфрама / В.В.Гавриленко, Е.Г.Панова. СПб: Невский курьер, 2001. 260 с.
8. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: В 2 кн. / Под ред. А.И.Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
9. Гоневчук В.Г. Оловоносные магматические системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток: Дальнаука, 2002. 297 с.
10. Гоневчук В.Г. О проблемах в классификации оловянных месторождений на формационной основе / В.Г.Гоневчук, А.М.Кокорин, П.Г.Коростелев // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований (к 100-летию Е.А.Радкевич) / Под ред. А.И.Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 70-88.
11. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометалльных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977. 206 с.
12. Ляхович В.В. Акцессорные минералы горных пород. М.: Недра, 1979. 296 с.
13. Марин Ю.Б. Акцессорные минералы гранитоидных серий оловянных и молибденовых провинций // Записки Российского минералогического общества. 2004. № 6. С. 1-7.
14. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М: Наука, 1990. 200 с.
15. Alekseev V.I. Composition and evolution of accessory mineralization of Li-F granites in the Far East as indicators of their ore potential / V.I.Alekseev, Yu.B.Marin // Geology of Ore Deposits. 2015. Vol. 57. N 8. P. 635-644.
16. Linnen R.L. Granite-related rare-element deposits and experimental constraints on Ta-Nb-W-Sn-Zr-Hf mineralization / R.L.Linnen, M.Cuney // Rare-element geochemistry and mineral deposits / Eds. R.L.Linnen and I.M.Samson. Geological Association of Canada Short Course Notes. 2005. Vol. 17. P. 45-68.

Авторы: **В.И.Алексеев**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, via@spti.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), **К.Г.Суханова**, инженер, cris.suhanova92@yandex.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), **И.М.Гембицкая**, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, marblsya@bk.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Статья принята к публикации 11.11.2016.