

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 549:553.493.54+553.044

Т.Н. ШУРИГА, О.Ю. РОГАЧЁВА

**ТИПОМОРФНЫЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КОМПЛЕКСНОГО
НИОБИЙ-ТАНТАЛОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАК КРИТЕРИИ
ЕГО ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ**

На примере ведущих редкометалльных месторождений показана возможность использования типоморфных минералогических признаков рудоносных и околорудноизмененных пород для формационной типизации месторождений, оценки рудоносности, анализа зональности, уровня эрозионного среза и масштабности оруденения. Наиболее информативными являются фото- и рентгенолюминесцентные свойства полевых шпатов, их структурные характеристики, видовой состав слюд, структурные дефекты кварца, а также специфика микронеоднородности редкометалльных минералов.

Комплексные месторождения ниобия и тантала с широким спектром попутных компонентов (Zr, TR, TR_y, U, Th, Li и пр.) в щелочных кварц-полевошпатовых метасоматитах играют важную роль в сырьевой базе России, поскольку в них сосредоточена значительная доля запасов стратегически важных металлов [2]. Однако их разработка по целому ряду причин в настоящее время признана нерентабельной. В то же время укрупненно-экономическая переоценка сырьевой базы редких металлов показала, что существенное улучшение ее качества может быть достигнуто путем выявления новых объектов в экономически освоенных районах, а также выделения и оконтуривания участков богатых руд в пределах известных объектов [2].

В настоящее время технология прогнозирования ниобий-танталового оруденения достаточно детально разработана и рассмотрена в соответствующих методических документах [5]. Обобщен и систематизирован материал по особенностям геофизических, геохимических и шлиховых аномалий, связанных с редкометалльным оруденением различных формационных типов (табл. 1), хотя прогнозное значение этих аномалий не всегда однозначно. Для редкометалльных пегматитов геофизические и геохимические методы считаются малоэффективными, тогда как шлиховая съемка весьма перспективна. Танталоносные граниты достаточно надежно фиксируются геохимическими, геофизическими (гравиметрическими) и шлиховыми аномалиями. Для ниобий-танталовых месторождений в щелочных метасоматитах весьма ин-

формативны геофизические методы, прежде всего радиометрический, а тантал-ниобиевые карбонатитовые комплексы выявляются комплексированием радиометрического метода с магнито- и гравиметрическим [5]. Разработанная типизация геофизических полей, геохимических и шлиховых аномалий используется при составлении специализированных прогнозно-минерагенических карт на тантал и ниобий масштаба 1:200 000 с выделением перспективных территорий. Эти карты — основа для последующих поисково-оценочных работ.

Представляется, что важными дополнительными элементами прогнозирования могут быть характерные минералогические признаки оруденения, базирующиеся на типоморфных особенностях сопутствующих оруденению минералов и специфических минеральных ассоциациях как в рудоносных породах, так и в породах околорудных ореолов. Для ниобий-танталовых руд это весьма существенно, поскольку оруденение тонковкрапленное (0,25—0,16 мм) и труднодиагностируемое, а содержание редкометалльных минералов в рудоносных породах составляет несколько процентов. Рудоносные породы макроскопически сходны с безрудными гранитами и сложены микроклином, альбитом, кварцем (Σ 90%) и окрашенными минералами (Σ 10%) — щелочными амфиболами и литиевыми слюдами. Такие минералы обладают ярко выраженными типоморфными особенностями, которые могут быть использованы для решения целого ряда поисковых и оценочных задач.

Особенности геофизических, геохимических и шлиховых аномалий, связанных с редкометалльным оруденением разных рудно-формационных типов

Рудно-формационные типы		Геофизические аномалии	Геохимические ореолы	Шлиховые ореолы
Редкометалльные гранитные пегматиты		Локальные гравитационные минимумы, фиксирующие массивы гранитоидов, не выходящих на поверхность. Спокойное пониженное магнитное поле	В ряде случаев положительные ореолы <u>Li</u> ¹ , <u>Rb</u> , <u>Cs</u> , <u>Be</u> , <u>Nb</u> , <u>Sn</u> , <u>В</u> и др.	Щелочной берилл, касситерит «пегматитового» габитуса, турмалин, топаз, оловотанталаты, танталониобаты
Танталоносные граниты	Li-F типа	Четкие локальные гравиметрические минимумы (если вмещающие породы не гранитоиды). Слабоградиентное магнитное поле	<u>F</u> , <u>Li</u> , <u>Rb</u> , <u>Cs</u> , <u>Be</u> , <u>Sn</u> , <u>Nb</u> . Биогеохимические аномалии редких щелочных металлов, <u>Be</u> , <u>Sn</u> , <u>Nb</u> .	Танталосодержащий касситерит, колумбит-танталит, рутил, танталосодержащий вольфрамит, топаз
	сподуменовые	Высокоинтенсивная аномалия гравитационного поля	<u>Li</u> , <u>Nb</u> , <u>W</u> , <u>Mo</u> , <u>Bi</u> , <u>Cu</u> , <u>Pb</u> – широкий ореол до 7 км <u>Li</u> , <u>Bi</u> – ореольный узел до 1,5 км, фиксирующий рудоносный массив	Сподумен, колумбит-танталит
Комплексные ниобий-танталовые. Щелочные кварц-полевошпатовые метасоматиты плутоногенные		Интенсивные локальные наземные и аэрогаммааномалии преимущественно ториевой природы. Интенсивные гравитационные ступени. Области со знакопеременным магнитным полем поперечного положения относительно генерального простирания магнитных минимумов	<u>F</u> , <u>Be</u> , <u>Nb</u> , <u>Li</u> , <u>Rb</u> , <u>TR</u> , иногда <u>W</u>	Колумбит, циркон бурый
Комплексные ниобий-танталовые. Щелочные кварц-полевошпатовые метасоматиты метаморфогенные		Высокая радиоактивность ураноториевой природы с резким преобладанием тория. Низкая магнитность. В гравитационных полях не проявлены	<u>F</u> , <u>Li</u> , <u>Rb</u> , <u>Be</u> , <u>Th</u> , <u>Y</u> , <u>TR</u> , <u>Mo</u> , <u>Zr</u> , <u>Nb</u>	Циркон, пироксид, фергусонит, флюорит, касситерит (для некоторых объектов), щелочные амфиболы, эгирин

Примечание. ¹ По материалам [5,7], дополнения авторов по специфике геохимических и шлиховых ореолов; подчеркнуты наиболее характерные элементы ореолов.

Обобщение и систематизация минералогических признаков выполнены по детально изученным месторождениям различных промышленных типов (табл. 2): танталовый в пегматитах (Вишняковское); танталовый в редкометалльных гранитах (Орловское, Этыкинское) и литий-танталовый в сподуменовых гранитах (Алахинское); ниобий-танталовый в щелочных метасоматитах (Зашихинское, Улуд-Танзекское, Снежное, Катугинское). Для исследований минералов использовались методы: ИК-спектроскопия, дифрактометрия, фото- и рентгенолюминесценция (для полевых шпатов); электронография, термография и диагностическое травление (для слюд); ЭПР (для кварца). Различные типы рудоносных пород и околорудных зон изучены фотолюминесцентным методом.

Определение формационной принадлежности выявленного оруденения

Прогнозная оценка перспективных территорий, выделенных при составлении прогнозно-минералогических карт, включает установление формационной принадлежности выявленных ниобий-танталовых объектов. В системе разработанных ранее признаков формационной типизации [5] следует учитывать минералогические признаки, отражающие особенности конкретных рудных формаций. К ним могут быть отнесены особенности минерального состава потенциально рудоносных («материнских») гранитоидов, специфика минерального состава шлиховых ореолов, типоморфные свойства породообразующих и второстепенных мине-

ралов рудоносных пород, а также особенности минералов околорудных ореолов.

Минералогические признаки потенциально рудоносных гранитоидов. Подавляющее большинство месторождений тантала и ниобия (за исключением двух рудно-формационных типов: приразломных щелочных метасоматитов метаморфогенных и карбонатитов линейных зон) пространственно и генетически связано с проявлением магматизма определенного типа, что является основой их формационной систематизации и достаточно детально рассмотрено в литературе, в частности, это касается специализации рудоносных магматических комплексов по петро- и геохимическим признакам [3, 4].

При проведении среднемасштабного прогнозирования на картах выделяются потенциально рудоносные магматические комплексы с обозначением интрузивных тел, фаз и фаций, с которыми может быть непосредственно связана редкометалльная минерализация [5].

Нами установлено, что минералогическими признаками типизации подобных гранитов являются четко проявленные фотолюминесцентные свойства полевых шпатов (яркое розовое и красное свечение), циркона (желтое, оранжевое), флюорита (голубое). При этом фотолюминесцентный анализ образцов обнаруживает относительно высокую концентрацию циркона и флюорита в породах, гнездовой характер их распределения. Биотит гранитоидов, имеющих редкометалльную специализацию, представлен высокожелезистой практически безмагнетной разновидностью сидерофиллит-антитового типа, обогащенной литием (0, *n* %), руби-

Минералогические признаки формационной принадлежности танталовых и ниобий-танталовых месторождений различных промышленных типов

Характерные признаки		Промышленный тип				
		танталовый (с Ве, Sn, Li) в пегматитах	танталовый (с Li) в редкометалльных гранитах	литий-танталовый в сподуменовых гранитах	ниобий-танталовый (с TR, Zr) в щелочных метасоматитах	
				плутоногенный	метаморфогенный	
ЭКЗОКОНТАКТОВАЯ ЗОНА						
Типоморфные минералы и минеральные ассоциации		Слюдиты (Cs-биотит), гольмквистит, турмалин (шерл), альбит — маломощные зонки, гранат-эпидотовые скопления, флюорит, карбонат (эпизодически)	Топаз-циннвальдитовые грейзены с касситеритом, вольфрамитом	Литий-фенгитовые грейзены с турмалином, апатитом, флюоритом, гельвином, сульфидами, гольмквистит	Флюорит, Ве-минералы (фенакит, берилл, бертрандит), микроклин, альбит — тончайшие прожилки, TR-сфен	Биотитовые слюдиты (биотит обогащен Li, Rb, F), альбит — тонкие прожилки, маломощные зонки, Ве-минералы (берилл, галлоинит), флюорит
Ореолы люминесцирующих минералов (ФЛ)		Плагиоклаз, калиевый полевой шпат, апатит, флюорит, кальцит, U-слюдки	Флюорит, веберит, топаз, циркон, апатит, карбонат	Апатит, флюорит, полевой шпат, циркон, карбонат	Флюорит, кальцит, полевой шпат, берилл, фенакит, циркон, U-слюдки	Флюорит, Y-флюорит, карбонат, апатит, циркон, U-слюдки
РУДОНОСНЫЕ ПОРОДЫ						
Типоморфные минеральные ассоциации		Альбит-мусковитовая с голубым апатитом, калиевошпат-мусковитовая, топаз-лепидолитовая, кварц-сподуменовая, кварц-мусковит-альбитовая	Топаз-циннвальдитовая, топаз-лепидолитовая с амазонитом, лейстовым альбитом, горошковидным кварцем	Мусковит-сподуменовая с апатитом, амблигонитом, лейстовым альбитом, горошковидным кварцем	Криолит-полилитийонит-рибекитовая, флюорит-мусковитовая	Криолит-аннит-рибекитовая (иногда с эгиринном, полилитийонитом), флюорит—Y-флюорит-рибекит-биотитовая, флюорит-эгирин-фенгитовая
Индикаторные признаки породообразующих минералов	калиевый полевой шпат	Ортоклаз Δ 0,3–0,7, микроклин Δ 1,0, Rb-микроклин, РЛ: Pb^{2+} (80–250), O^{2-} (40) Mn^{2+} (25)	Высокая упорядоченность, максимальная триклинность, РЛ: Pb^{2+} (30–200), AlO_4^+ (40–400)	Мало распространены	Высокая упорядоченность, максимальная триклинность, РЛ: Fe^{3+}_{IV} (1000–2500 у.е.)	Высокая упорядоченность, максимальная триклинность, РЛ: Fe^{3+}_{IV} (1500–4000 у.е.)
	альбит	РЛ: Pb^{2+} O^{2-} (40), Mn^{2+} (18–70)	Pb^{2+} (30–250) Mn^{2+} (35–400) AlO_4^+ (10–50) SiO_4^+ (10–50)		РЛ: Fe^{3+}_{IV} (3000–9000 у.е.)	РЛ: Fe^{3+}_{IV} (4000–15000 у.е.)
	кварц	C_{Ge} 5–21·10 ⁻⁵ у.е.	C_{Ge} 6–18·10 ⁻⁵	C_{Ge} ·10 ⁻⁵ = 17–49	Высокая концентрация E^I — центров C_{Ge} 0,5–3,6·10 ⁻⁵ C_{Ge} 0,5–8,0·10 ⁻⁵	
Фотолюминесцирующие минералы		Сподумен, петалит, эвкрипит, апатит, флюорит, плагиоклаз	Апатит, флюорит, топаз, амазонит, альбит, U-слюдки	Сподумен, апатит, амблигонит, альбит, циркон, U-слюдки	Полевой шпат, циркон, криолит, флюорит, U-слюдки	Полевой шпат, циркон, криолит, Y-флюорит, монацит, U-слюдки

Примечание. ФЛ и РЛ — фото- и рентгенолюминесценция соответственно; в скобках относительные концентрации центров излучения (нм); подчеркнуты наиболее характерные минералы ореолов.

дием (0,1 %) и фтором (несколько процентов). Среди аксессуаров типична ассоциация колумбита, темноокрашенного дипирамидального циркона и флюорита.

Типоморфные минеральные ассоциации рудоносных пород и околорудных зон, типоморфные признаки минералов. Данная группа признаков выявлена при детальном изучении минералогических особенностей эталонных объектов, специфике минеральных парагенезисов руд и околорудных изменений каждого конкретного объекта, типоморфизме минералов, сопутствующих оруденению. Указанные минералогические признаки отчетливо проявлены для каждого рудно-формационного типа (табл. 2).

Рудоносные породы всех типов существенно различаются рудопродуктивными ассоциациями (табл. 2), а в пределах конкретных формаций выделенные ассоциации характеризуют минеральные типы и разновидности руд. Это имеет немаловажное практическое значение, поскольку визуальная диагностика рудных минералов затруднена вследствие малого размера зерен (0,16–0,25 мм). В связи с этим особое значение приобретают типоморфные особенности отсутствующих минералов, среди которых первостепенную роль играют люминесцентные свойства полевых шпатов, структурные дефекты кварца и видовой состав литиевых слюд. Для диагностики последних разработана специальная методика [10].

Полевые шпаты — альбит и микроклин, содержание которых в рудовмещающих породах составляет около 60—70 %, обладают четко проявленной фото- и рентгенолюминесценцией [8]. Для пегматитов и танталоносных гранитов типичные центры РЛ — Pb^{2+} , Mn^{2+} , в танталоносных гранитах — также AlO_4^{4-} , SiO_4^{3-} . Диагностическим центром РЛ полевых шпатов из щелочных метасоматитов является Fe^{3+} , причем отмечается высокая концентрация центров свечения, особенно в полевых шпатах метаморфогенного типа оруденения (табл. 2). Весьма нагляден характер ФЛ-свечения полевых шпатов, сопровождающих различные типы оруденения. В танталоносных «гранитах» полевые шпаты имеют розовое (альбит) и тускло-зеленое (микроклин—амазонит) свечение средней и слабой интенсивности, тогда как в ниобий-танталовых щелочных метасоматитах — розовое и красное свечение высокой интенсивности. В то же время в слабо переработанных породах (бедные руды) отмечены полевые шпаты фиолетового, желтого и белого ФЛ-свечения, что связано с присутствием в этих породах реликтового полевого шпата первичных пород.

Для целей формационного анализа возможно использование электронно-дырочных центров кварца, среди которых наибольшее значение имеют E'_1 - и Ge-центры. Высокая концентрация E'_1 -центров (5—41 у.е.) характерна для кварца щелочных метасоматитов, сопоставимая с таковой в кварце урановых месторождений, что связано с естественной радиоактивностью этих пород. Ge-центры обнаруживают наибольшую концентрацию в кварце танталоносных пегматитов и танталоносных гранитов (17—49 у.е.) при незначительных содержаниях в кварце из ниобий-танталовых метасоматитов (1—4 у.е.).

Экзоконтактовым зонам свойственно развитие разнообразных по составу слюдитов и грейзенов: цезий-биотитовых в ореолах танталоносных пегматитов, топаз-циннвальдитовых с касситеритом в ореолах танталоносных гранитов. Типоморфным минералом околорудных зон плутоногенных щелочных метасоматитов является флюорит, ассоциирующий с бериллиевыми минералами: фенакитом, щелочным бериллом и бертрандитом, нередко образующими значительные концентрации. В связи с метаморфогенными щелочными метасоматитами для околорудной зоны типичны биотитовые слюдиты, обогащенные литием и фтором, а также незначительные проявления флюорита, берилла, иногда гадолинита.

Особую роль при прогнозировании формационных типов оруденения играют ореолы фотолуминесцирующих минералов (табл. 2), специфичные для каждого типа. Метод ФЛ экспрессный и весьма эффективен для прогнозирования слепого оруденения [1].

Морфология и мощность ореолов, а также видовой состав и количество люминесцирующих минералов определяются целым рядом факторов, в том числе составом и трещиноватостью вмещающих пород, характером контакта. В случае крутопадающего контакта образуются ореолы небо-

льшой мощности. Пологие контакты способствуют появлению широких площадных ореолов измененных в различной степени вмещающих пород, причем наибольшие степень изменения и концентрация люминесцирующих минералов присущи зонам непосредственного экзоконтакта, мощность которых варьирует от нескольких сантиметров до нескольких метров. Люминесцирующие минералы образуют вкрапленность, гнезда, тонкие прожилкоподобные выделения. По мере удаления от контакта сокращается количество люминесцирующих минералов, а их распределение становится более равномерным. Ассоциации ореолообразующих люминесцирующих минералов приведены в табл. 2.

Прямые признаки типа оруденения по шлихам и свалам. Определяющее значение имеют характерные ассоциации минералов-носителей полезных компонентов и минералов-спутников определенного типа оруденения: 1) танталоносные пегматиты: танталит, воджинит, полихромный турмалин, сподумен, касситерит «пегматитового» габитуса; 2) танталоносные литий-фтористые граниты: танталит, танталсодержащие касситерит и вольфрамит, рутил, топаз; 3) танталоносные сподуменовые граниты: танталит, сподумен; 4) ниобий-танталовые щелочные метасоматиты: колумбит, фергусонит, бурый и розовый циркон, гагаринит, иттрофлюорит, щелочные амфиболы, эгирин.

Определение элементов зональности на месторождениях

Танталовым и ниобий-танталовым месторождениям, связанным с гранитоидным магматизмом, свойственна пространственная изменчивость оруденения, обусловленная стадийностью рудообразования и проявленная в виде довольно четкой зональности рудных объектов (петрографической и минералого-геохимической). Как правило, зональность рудоносных объектов отражает расположение различных типов руд в пределах описываемых объектов. При этом наиболее ранние минеральные ассоциации являются наименее продуктивными (бедные и рядовые руды), а поздние ассоциации характеризуются наиболее высокими содержаниями полезных компонентов, представляя собой богатые руды. Существенную роль в анализе зональности играют типоморфные ассоциации окрашенных минералов с редкометалльными и второстепенными минералами при особой роли литиевых слюд, сопутствующих оруденению и маркирующих стадии рудного процесса [11].

Месторождения танталоносных гранитов литий-фтористого типа характеризуются отчетливо проявленной вертикальной зональностью [9]. Наиболее простой и надежный критерий для выделения рудных зон различной продуктивности — видовой состав слюд. По ведущему типу слюды представляется возможным выделить природные разновидности руд и провести их картирование в пределах рудных тел с оконтуриванием богатых участков, а также дать заключение об уровне эрозионного среза [11].

Минералогические признаки зональности Nb-Ta рудоносных объектов
в плутогенных щелочных кварц-полевошпатовых метасоматитах

Тип зональности		Минералогические признаки		
вертикальная	горизонтальная	окрашенные минералы	сопутствующие фториды	ассоциации люминесцирующих минералов (ФЛ)
Зоны				
Верхняя — богатые руды	Центральная — богатые руды («рудные столбы»)	Li-Fe-мусковит	Флюорит	<u>Флюорит</u> (фиолетовая, голубая), <u>циркон</u> (ярко-желтая, оранжевая), <u>полевошпат</u> (розовая, красная)
Промежуточная — рядовые руды		Циннвальдит, Fe-полилитионит	Криолит, томсенолит, гагаринит	<u>Криолит</u> , томсенолит (бледно-голубая), <u>циркон</u> (желтая), <u>полевошпат</u> (голубая, розовая)
Нижняя — бедные руды	Краевая (периферическая) — бедные руды	Li-рибекит, эгирин, протолитионит, Li-Fe-биотит, Fe-полилитионит	Криолит	<u>Криолит</u> (бледно-голубая), <u>циркон</u> (тускло-желтая), <u>полевошпат</u> (сиреневая, голубая, розовая), апатит (желтая)

П р и м е ч а н и е. Подчеркнуты главные люминесцирующие минералы.

Для нового типа танталовых руд — танталоносных сподуменовых гранитов [13], индикатором зональности и степени эрозионного среза рудного тела является уровень концентрации парамагнитных Ge- и Ti-центров в кварце. Кварц нижней зоны месторождения, представляющей слабо измененные сподуменовые граниты с убогой танталовой минерализацией, отличается повышенной концентрацией Ti-центров и низкой Ge-центров, а «горошковидный» кварц верхней зоны из богатых танталовых руд характеризуется значительной концентрацией Ge-центров, маркирующих участки развития богатого оруденения.

Для ниобий-танталовых месторождений в щелочных плутогенных метасоматитах установлено два типа зональности — горизонтальный и вертикальный, показатели каждого из которых — ассоциации щелочного амфибола и различных типов слюд с определенными фторидами, а также типичный комплекс люминесцирующих минералов в рудоносных породах этих зон (табл. 3). На объектах с вертикальной зональностью нижние горизонты сложены криолит-полилитионит-рибекитовыми метасоматитами, представляющими собой бедные руды, которые в средних частях разреза сменяются циннвальдитсодержащими метасоматитами — рядовыми рудами, а в апикальных зонах наиболее богатые руды маркируются флюорит-мусковитовой ассоциацией. При наличии горизонтальной зональности в краевых частях бедные и рядовые руды фиксируются криолит-полилитионит-рибекитовой ассоциацией, а в центральных зонах локализованы богатые колумбитовые руды с типичной флюорит-мусковитовой ассоциацией.

На месторождениях щелочных метасоматитов метаморфогенного типа рудные тела имеют сложный характер зональности с послойным чередованием различных рудоносных пород, что не позволяет использовать темноцветные минералы для определения элементов зональности и оценки степени эрозионного среза.

Перспективная оценка вероятных масштабов оруденения

Крупные и уникальные месторождения в отличие от рядовых и мелких обладают рядом генетических особенностей, которые свойственны всем крупным постмагматическим месторождениям различных полезных ископаемых, в том числе ниобия и тантала: длительностью процессов рудообразования, широким диапазоном физико-химических условий рудогенеза, интенсивностью проявления предрудных и рудных процессов. Это генетическое своеобразие четко проявлено в минералогических особенностях рудоносных пород [6].

Для ниобий-танталовых месторождений в щелочных метасоматитах прямые признаки масштабов оруденения — количество минеральных видов и разновидностей в рудах, разнообразие минеральных парагенезисов, соответственно минеральных типов метасоматитов, и степень полноты эволюционных серий слюд и амфиболов, а также количество генераций рудных и сопутствующих минералов. Так, количество минеральных видов для рядовых и мелких месторождений не превышает 30—35, тогда как на крупных месторождениях (Улуг-Танзекское, Зашихинское, Катугинское) число минералов > 100. Крупным месторождениям присуще широкое развитие эволюционных рядов минералов: фергусонит—пирохлор—колумбит; гагаринит—итрофлюорит—ксенотим—монацит; криолит—томсенолит—прозопит—ральстонит и пр. В полном объеме представлены эволюционные серии литиево-железистых слюд—Li-биотит—протолитионит—полилитионит—циннвальдит—Li-Fe-мусковит.

Минеральные индивиды из руд крупных месторождений характеризуются специфической внутренне-го строения: значительной микронеоднородностью, зональным и микрizonaльным строением, микроблочностью, структурными дефектами, отражающими на микроуровне процессы многократного переотложения вещества и перестройку внутренней структуры минералов по ходу длительного многостадийного минерогенеза [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушев А.Г., Горобец Б.С., Сидоренко Г.А. и др. Методические рекомендации по поискам пегматитов различных формационных типов по ореолам люминесцирующих минералов: Методические рекомендации НСОММИ. М.: ВИМС, 1989. 54 с.
2. Быховский Л.З., Кудрин В.С., Усова Т.Ю. Проблемы и пути использования МСБ циркония, ниобия, тантала и редких земель России // Разведка и охрана недр. 2000. № 11. С. 25–28.
3. Гинзбург А.И., Караева З.Г. Критерии связи месторождений редких элементов с магматизмом // Магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1974. С. 25–43.
4. Кудрин В.С., Кудрина М.А., Шурига Т.Н. Редкометалльные метасоматические образования, связанные с субщелочными гранитоидами. Геология месторождений редких элементов. В. 25. М.: Недра, 1965. 146 с.
5. Кудрин В.С., Соловьев С.Г., Рябцев В.В. Методические рекомендации по составлению прогнозно-минералогических карт масштаба 1: 200 000 на тантал и ниобий. М.: ВИМС, 1995. 62 с.
6. Кудрин В.С., Шурига Т.Н. Специфика минерального состава крупных редкометалльных месторождений в плутоногенных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитах // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. СПб, 1998. С. 110–112.
7. Луговской Г.П., Сурков Б.К. О воджините из пегматитов Сибири // Новое в минералогических исследованиях. М.: ВИМС, 1976. С. 46–47.
8. Лупашко Т.Н., Тарашан А.Н., Караева З.Г., Шурига Т.Н. Типоморфные особенности щелочных полевых шпатов из редкометалльных метасоматитов (по данным люминесценции) // Минералог. журнал 1985. Т. 7. № 3. С. 30–45.
9. Руб А.К. Зональность редкометалльных гранитоидов, отраженная в эволюции составов акцессорных танталониобатов и сопутствующих минералов // Минеральное сырье. № 1. М.: ВИМС, 1997. С. 58–74.
10. Шурига Т.Н., Березина Л.А. Исследование литиевых слюд методом треков // Новые данные о минералах СССР. В. 34. М.: Наука, 1987. С. 3–12.
11. Шурига Т.Н. Группа литиевых слюд. Типоморфизм минералов: Справочник. М.: Недра, 1989. С. 252–259.
12. Шурига Т.Н., Гайдукова В.С., Нечелюстов Г.Н. Микронеоднородность редкометалльных минералов из субщелочных метасоматитов. Проблемы генетической и прикладной минералогии. М.: Наука, 1990. С. 186–195.
13. Шурига Т.Н. Литий-танталовые руды Алахинского месторождения // Минеральное сырье. Т. 1. № 6. М.: ВИМС, 2000. С. 171–180.

ВИМС

Рецензент — В.Е. Бойцов

Журнал «Известия вузов. Геология и разведка» публикует рекламные объявления. В качестве рекламодателей могут выступать предприятия, организации, фирмы, акционерные общества и отдельные граждане, рекламирующие печатные издания, различные изделия, разработки, технологии, имеющие отношение к геологии, разведке и горному делу.

Публикация рекламных объявлений платная. Стоимость рекламы устанавливается по договоренности. По желанию заказчика реклама может публиковаться несколько раз.

Контактные телефоны

<i>Б.М. Ребрик</i>	433-62-66 доб. 1149
<i>О.С. Брюховецкий</i>	433-64-55 т/ф