

RMS DPI 2008-3-34-0

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МАСШТАБОВ  
ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Гетманская Т.И. ([getmansk@vims-geol.ru](mailto:getmansk@vims-geol.ru))  
Московское отделение. ФГУП «ВИМС»

**THE MINERALOGICAL CRITERIA OF THE ESTIMATE  
OF THE SCALE OF THE TUNGSTEN ORE DEPOSITS**

Getmanskaya T.I.  
Moscow Branch. FSUE «VIMS»

Влияние термодинамических факторов на состав, свойства, физические характеристики рудных и породообразующих минералов рассмотрено при сравнении генетических особенностей жильно-грейзеновых месторождений ортомагматической плутоногенной и вулканоплутонической малоглубинной формаций. Глубинность источника и области рудоотложения, характер связи с магматизмом и структурные условия рудоотложения определяют степень закрытости рудообразующей системы и флюидный режим рудоотложения. Сделана попытка исследовать зависимость давление – щелочность - субкритическая температура и соответствующая ей гетерогенизация (расслоенность, кипение) – концентрация оруденения – состав – структура - свойства минералов.

Метасоматические и рудные образования плутоногенной формации генетически связаны с остаточными расплавами кислых палингенных магм, связанных с процессами кристаллизационной дифференциации и магматической ликвации. Формируются в условиях средних (2-4 км) глубин и относительно закрытой системы. При потенциальной рудоносности магматической системы давление создается за счет глубинности, гарантирующей достаточное литостатическое давление ( $\approx 1$  кбар), петрофизических свойств, отсутствии трещиноватости, интенсивности ороговикования вмещающих пород, обеспечивающих высокую степень закрытости системы. Повышается давление в системе за счет пространственного разобщения двух рудных стадий с проявлением ярусной обратной зональности. Приуроченность ранней хлоридной второстепенной по рудной значимости стадии к надрудной экзо-эндоконтактной зоне приводит к закупорке всех проницаемых каналов и максимальной степени закрытости системы при формировании грейзеновых зон основной промышленной стадии.

Закономерности размещения жильно-грейзеновых рудных зон в пространстве, структурные условия локализации оруденения определяются температурным полем остывающего массива, его размером, морфологией, внутренним строением (Рундквист, 1972; Покалов, 1992). Совокупное влияние P, T, состава флюида регулирует кислотность-щелочность процесса и интенсивность рудообразования.

Флюидный режим относительно закрытой хлоридно-фторидно-углекислотной системы определяется низким градиентом давления, широким температурным интервалом минералообразования (550-150°C) и связью рудоотложения с двумя режимами эволюции флюида: 1-регрессией надкритического гомогенного фторидно-хлоридного флюида и 2- гетерогенного фторидно-углекислотного, щелочная инверсия и рудоотложение регулируются фазовой расслоенностью и градиентом давления при сокращении объема флюида. Гетерогенная область имеет значительный температурный интервал (445-360°C). При высоких температурах в закрытой системе концентрация протонов уменьшается медленно и гетерогенизация слабо влияет на химизм процесса (Drummond, 1985).

Постепенное изменение физико-химических параметров при понижении температуры и увеличении кислотности флюида создает условия для широкого изоморфизма в минералах кварц-мусковитовых, кварцевых, кварц-топазовых грейзенов с рассеянной вкрапленностью флюорита, пирита, вольфрамита. Уход кислых газов (F, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>) при слабой гетерогенизации флюида в апикальные зоны рудных тел формирует вертикальную зональность отложения.

Радикальное изменение режима минералообразования при субкритических температурах 350-300°C связано с расслоением на водно-солевую концентрированную ( $\approx 65\%$  NaCl) и газовую фазы, повышением щелочности и окислительного состояния флюида.

В условиях закрытой системы при температурах  $>300^\circ\text{C}$  углекислота инертна (Рябчиков, 1975; Drummond, 1985) и участвует в образовании пострудных ассоциаций. Присутствие углекислоты

растворах многих вольфрамовых месторождений и особая роль ее в формировании оруденения отмечались в работах Г.Ф. Ивановой, Наумова В.Г., Дорошенко Ю.П., Павлунь Н.П., Банщиковой И.Г., Борщевского Ю.А. и др. Большинство исследователей присутствие углекислоты во включениях средне-низкотемпературного минералообразования связывают с участием метеорных вод (Жариков, Зарайский, 1995). Широкое развитие и телескопированность пострудных ассоциаций, представленных диккитом, диаспором, кридитом, кукцитом, серицитом ( $3M_2$ ), кальцитом, родохрозитом с рудными жилами и грейзенами представляется важной характеристикой неравномерных процессов гетерогенизации - отложение выщелоченных элементов и прежде всего алюминия в позднещелочную и нейтральную стадию процесса (температура 220-60°C) хлоридно-гидрокарбонатные растворы.

Критерии и признаки фазовой расслоенности флюида и связанного с ней рудоотложения:

Широкий диапазон состава и свойств, структурных особенностей, физических характеристик рудных и породообразующих минералов при постепенном их изменении и обязательным проявлением высокотемпературных и низкотемпературных разновидностей (флюоритов, кварцев, пиритов, вольфрамитов). Значительная дисперсия концентраций примесей и электронно-дырочных центров (УРЗЭ, Yb/La, Yb<sup>2+</sup>/Eu<sup>2+</sup> и Mn<sup>2+</sup> во флюоритах, Ti-Li, Al-O-в кварцах, Ta, Nb в вольфрамитах, Co, Ni, As в пиритах); переход изоморфных примесей во внеструктурные формы; изоморфная форма алюминия в структуре кварца кварцевых, кварц-топазовых грейзенов резко снижается в рудных ассоциациях стадии осаждения и переходит во внеструктурную форму ( $C_{Al}^T/C_{Al}=2$ ). В составе слюд постепенно уменьшается концентрация Fe, Mg, Li; пострудных ассоциациях псевдоморфного метасоматоза в ассоциации с диккитом, флюоритом (пострудной разновидностью) обнаружен тонкодисперсный серицит, идентифицированный Б.Б. Звягиным и А.П. Жухлистым (Жухлистов и др., 2001) как неоднородный политип мусковита  $3M_2$ . Гистограммы распределения Ti-Li, Ge-Li – центров в кварце; дисперсия Mn<sup>2+</sup>, Yb/La и Yb<sup>2+</sup>/Eu<sup>2+</sup> во флюоритах (Гетманская и др., 1999) позволяют оценить интенсивность гетерогенизации флюида, соотношение жидкой и газовой фаз и связанное с этими параметрами качество вольфрамовых руд.

Месторождения вулканоплутонической формации и сопровождающие их порфировые интрузии формируются в сравнительно открытых конвекционных системах в условиях малых глубин. Оруденение и магматические образования (кварц-полевошпатовые тела полосчатой-фестончатой текстуры, криолит-, топазсодержащие онгониты, криолитовые брекчии, дайки фельзитов с пегматоидными полевошпатовыми обособлениями) – производные Флюидных очагов, процессов эманационной флюидно-магматической дифференциации (Коваль, Жариков, 1998). Флюидный режим минералообразования связан с флюидным давлением, многократно превышающим величину допустимых значений  $P_{лит}$ . Для Гуджирской интрузии составляет 238 МПа (Рейф, 1990). Высокие градиенты давления, щелочности системы, и высокой концентрации углекислоты, наряду с галогенизацией, снижают субкритические температуры до 300-250°C (Шапенко, 1982) и способствуют фазовой расслоенности флюида. Концентрация CO<sub>2</sub> во флюидах определяла интенсивность рудоотложения и размах оруденения по вертикали. Высокая степень проницаемости открытой системы способствовала притоку метеорных вод в рудный процесс, формированию связанных с ними (и дегазацией CO<sub>2</sub>) площадных процессов березитизации и пропилитизации, а также окисленности руд.

В условиях дискретной среднетемпературной системы при интенсивной дегазации углекислоты изоморфизм в минералах крайне ограничен, характерна стабильность состава и свойств минералов одной генерации, дискретный характер изменения последующих генераций, отсутствие дисперсий физических характеристик минералов. Минералогическими признаками интенсивной фазовой расслоенности флюида масштабов, вертикальной протяженности оруденения является стабильность состава, свойств минералов; концентрация тяжелых РЗЭ и Eu во флюоритах, электронный беспримесный тип проводимости пирита, грубополосчатые текстуры руд, отсутствие зональности отложения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 03-05-64722).*

### Список литературы

- Гетманская Т.И. Раков Л.Т. О формах вхождения Al и Ge в кварце плутоногенных вольфрамовых месторождений // Тезисы докладов годичной сессии Московского отделения ВМО. М., 2003. С. 23-24.
- Гетманская Т.И. Раков Л.Т. Закономерности распределения парамагнитных центров в кварце вольфрамовых месторождений грейзеновой формации // Геохимия, 1998. № 5. С. 539-542.

*Гетманская Т.И., Чернов. Б.С., Морошкин В.В., Рассулов В.А.* Люминесцентные свойства флюорита грейзеновых месторождений вольфрама как критерий оценки масштабов и качества руд / Разведка и охрана недр, 1999. № 4. С. 16-19.

*Жухлистов А.П., Звягин Б.Б., Гетманская Т.И.* Трехслойный моноклинный политип  $3M_2$  мусковита и его проявление в электронограммах от текстур // Кристаллография, 2001. Т. 46. № 5. С. 784-788.

*Зарайский Г.П.* Условия формирования главных фациальных типов грейзенов по экспериментальным данным // Петрология, 1990. Т. 7. № 4. С. 460-480.

*Кортаев М.Ю.* Физическая геохимия процессов грейзенообразования. М.: Наука, 1994. С.150.

*Раков Л.Т., Гетманская Т.И.* Закономерности распределения примесей в кварце плутоногенных вольфрамовых месторождений // Материалы международной конференции. Новые идеи в науках о земле. М., 2003. С. 126-128.

*Рейф Ф.Г.* Рудообразующий потенциал гранитов и условия его реализации. М.: Наука, 1990. 181 с.

*Шапенко В.В.* Генетические особенности вольфрамовой минерализации Джидинского рудного поля (Юго-Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений, 1982. № 5. С. 18-29.

*Drummond S.E., Ohmoto H.* Chemical Evolution and mineral Deposition in Boiling Hydrothermal Systems // Econ. Geol. 1985. Vol. 80. P. 126-147.

RMS DPI 2008-3-30-0

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

**Глаголев Е.В. ([krim1973@rambler.ru](mailto:krim1973@rambler.ru))**

*Уральское отделение. ОАО «Экология», г. Екатеринбург*

### GENETIC CLASSIFICATION OF TECHNOGENETIC MINERALS

Glagolew E.W.

*Urals branch. "Ecology"-Limited, Ekaterinburg*

В последние десятилетия всё больший интерес геологов, химиков, гидрогеологов и геотехнологов привлекает проблема современного образования различных минералов, руд и горных пород, в том числе и техногенных, с целью определения точных и всесторонних параметров этого процесса и разработки инновационных методов для извлечения из недр различных полезных ископаемых и природоохранных целей. В настоящее время инновационными методами производится добыча 11 химических элементов: урана, золота, серебра, меди, свинца, висмута, мышьяка, железа, марганца, никеля, кобальта и подготовлены проекты по промышленному выщелачивания ЭПГ, молибдена, TR и др.

По результатам собственных полевых и тестовых исследований исходных проб в лабораториях гидрометаллургии института «УралМЕХАНОБР», ООО «Геотехнологическая компания» и др., экспериментальным и литературным данным автором в настоящее время выделено 9 основных генетических типов техногенных минеральных образований: 1) пирогенный, 2) гипергенный, 3) гидротермальный, 4) холодноводный, 5) антропогенный, 6) атмогенный, 7) техногенный, 8) радиогенный и 9) биогенный. При одновременном участии двух или нескольких из перечисленных процессов образуются сложные генетические отложения техногенных минералов, руд и/или горных пород.

Некоторые детали генетических классификаций современных отложений (в том числе и техногенных) самородного кремния и минералов кремнезёма опубликованы в (Глаголев, 2004, 2006), серы и углерода в виде графита – в (Глаголев, 2006), сульфидов – в (Глаголев и др., 2006), золота – в (Глаголев, 2007; Шмачкова и др., 2007); окислов железа и марганца с примесью никеля и кобальта – в (Глаголев, 2008).

1) Техногенно-пирогенные (магматогенные) образования подразделяются на минералы и горные породы, образующиеся: А. За счёт горения а. каустобиолитов (уголь, горючие сланцы, газ, газоконденсат, нефть, торф), б. медноколчеданных руд и в. отходов промышленности; Б. При сгорании растительности, В. При ядерных взрывах.

1Аа) Образование минералов и горных пород за счёт горения уголь содержащих отвалов наиболее полно изучено на месторождениях Челябинского (Чесноков, 1987), Кизеловского угольных