

КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рождествина В.И. (veronica@ascnet.ru)

*Амурское отделение. Институт геологии и природопользования ДВО РАН
г. Благовещенск, Россия*

KINETICS OF PROCESSES OF GENERATION OF IRREGULARITY IN PRECIOUS METALS DISTRIBUTION

Rozhdestvina V.I.

*Institute of Geology and Nature Management, Far East Branch of Russian Academy
of Sciences, Blagoveshchensk, Russia*

Природные расплавы, содержащие благородные металлы, являются сложными поликомпонентными системами, дифференциация вещества в которых приводит к выделению стабильных форм существования сложных парагенетических ассоциаций. Процессу зарождения благородных металлов в расплавах сложного состава должны предшествовать процессы, приводящие к дифференциации вещества с образованием локальных зон, в которых содержание благородных металлов будет достаточным для начала зарождения и дальнейшего формирования индивида. Для большинства веществ установлено, что в предкристаллизационном состоянии структура расплава характеризуется наличием структур ближнего порядка сходных со структурой будущей твердой фазы (Регель А.Р., Глазов В.М., 1978). В зависимости от структуры это могут быть одномерные (цепочки Se, Te), двумерные (слои Bi, Sb) и трехмерные (каркасные структуры) образования. В строении силикатных расплавов также принимают участие структурные фрагменты (домены), близкие или идентичные тем, которые слагают собой кристаллическую структуру минералов, и взаиморасположение частиц в них в расплаве приближается к таковому в кристаллическом веществе (Щербина, 1980). То есть в ходе дифференциации участвуют сложные структурные образования, отвечающие составу и кристаллической структуре будущих минералов.

В поликомпонентных расплавах (растворах) в первую очередь проявляется упорядочение атомов основных компонентов. Локальное упорядочение в расплавах с формированием структурных фрагментов будущих минералов, а также слабая растворимость благородных металлов в них вызывает отеснения атомов примесей в межструктурные зоны. В системе с понижением температуры наблюдается упорядочение структурных фрагментов минералов. Вследствие их агрегации начинаются процессы укрупнения. Формирование единой кристаллической структуры вызывают дальнейшее вытеснение жидкости богатой примесными компонентами. Процесс кристаллизации идет в трехмерном пространстве в результате происходит консервация вещества локального объема кристаллизующейся матрицей. На основе вышесказанного, наиболее вероятными местами локализации минералов благородных металлов будут границы блоков, межзерновые пространства, трещины, каверны, образование которых мо-

жет быть вызвано не динамическими нарушениями, а процессами дегазации при протекании микрохимических реакций в поликомпонентной жидкости, оттесненной в результате кристаллизации основных компонентов входящих в расплав (рис. 1).

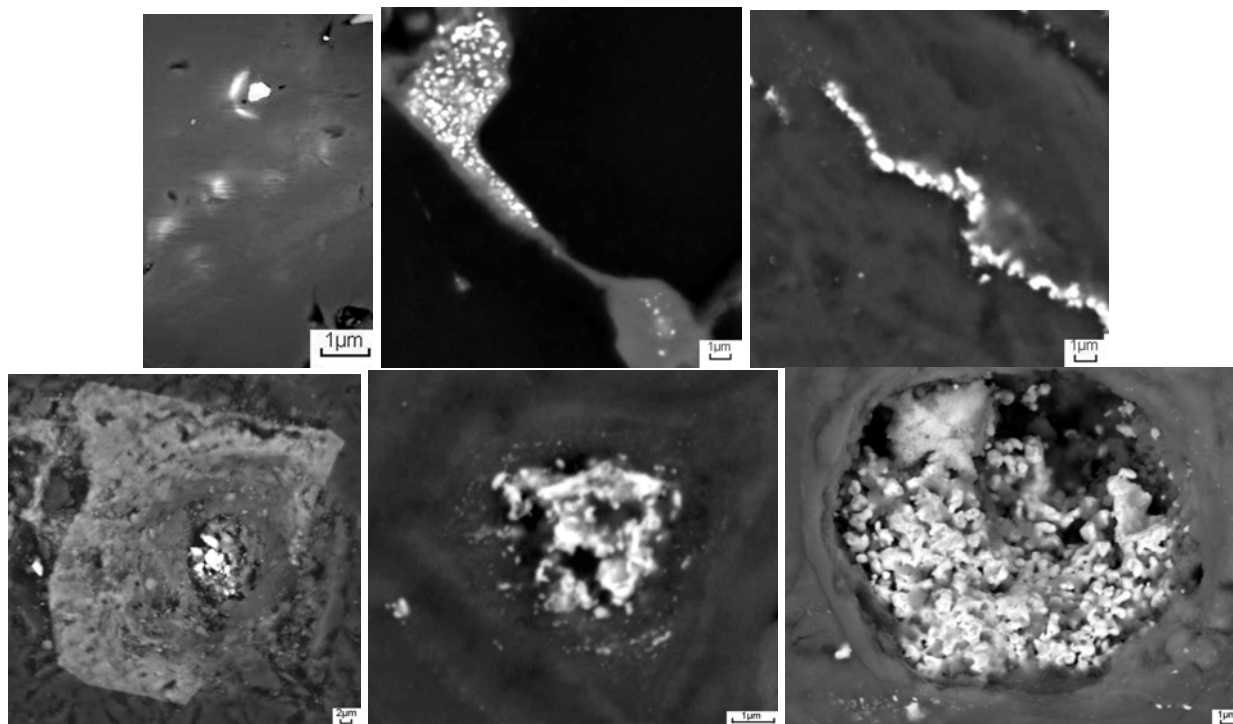


Рис. 1. Локализация субмикроскопических частиц самородного золота

При взаимодействии высокотемпературных гидротермальных растворов с вмещающими породами в результате химических реакций, температурного и динамического воздействия также происходят процессы минералообразования и перекристаллизации. При этом происходит высвобождение не только изоморфных форм благородных металлов из минералов и оттеснение привнесенных с гидротермальными растворами элементов благородных металлов, но и ранее законсервированных частиц, которые оттесняются новыми формирующимися минералами как целое и являются центрами осаждения для привнесенного вещества. Формируются локальные зоны с повышенным содержанием благородных металлов. Кристаллизация вещества в таких зонах может проходить как одновременно с кристаллизацией основной массы, так и в законсервированном состоянии. В эти зоны оттесняется вещество не участвующее в непосредственной кристаллизации основной минеральной массы, формирующей породы (руды), поэтому в этих зонах часто сосредоточены различные минеральные формы. Нередко эти зоны пористые, рыхлые, что вызвано накоплением газовой составляющей. Структура этих зон часто коломорфна, с проявлением глобулярных форм (рис. 2), что связано с условиями кристаллизации и составов оттесненного вещества.

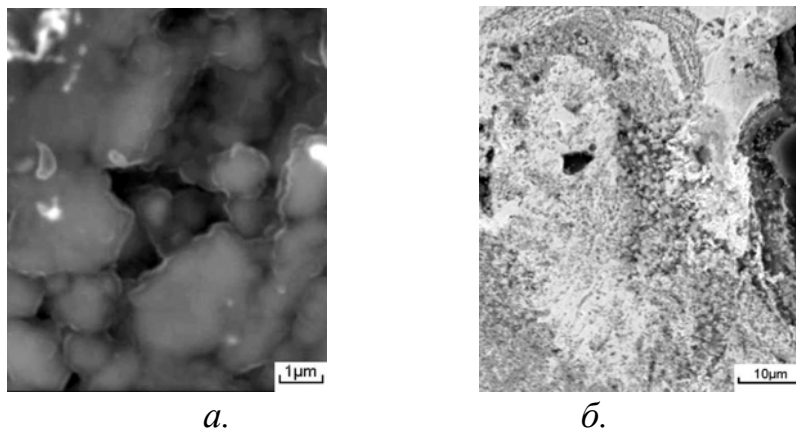


Рис. 2. Коломорфные структуры: *a* – кварц; *б* – самородное золото

Экспериментальными исследованиями с применением методов быстрой кристаллизации установлено, что в многокомпонентной системе содержащих благородные металлы, происходит дифференциация вещества. Состав выделившихся фаз зависит от условий выдержки расплава в предкристаллизационном состоянии и возможных химических взаимодействий между элементами расплава. Значительные скорости расслоения при кристаллизации объясняются не механизмами диффузии примеси при кристаллизации, а процессами самоорганизации вещества в расплаве, протекающими по принципу структурирования доминирующих элементов расплава с формированием протокристаллических частиц. То есть протокристаллическая частица рассматривается не в виде растущего зародыша твердой фазы, а в виде подвижного структурного фрагмента, в котором частицы располагаются в соответствии с симметрией твердой фазы. В последующих процессах дифференциации сформированные в результате коллективных действий структурные фрагменты (домены) участвуют уже как структурные единицы, то есть возникает новый уровень иерархии. Между макроскопически различными частями возникает корреляция, и домены выстраиваются по отношению друг к другу определенным образом, подготавливая расплав к фазовому переходу из жидкого состояния в твердое. При температуре кристаллизации система уже подготовлена к переходу в новое агрегатное состояние. Частицы, несмотря на значительную амплитуду колебаний, расположены в соответствии с законами симметрии твердого вещества. Кристаллизацию в этом случае можно рассматривать как эффект «стоп - кадра». При медленном отводе тепла в расплаве перестройка и слияние структурных фрагментов приводят к формированию крупнокристаллических агрегатов. При быстром отводе тепла перестройки и укрупнения путем слияния структурных фрагментов не реализуется, в результате формируется мелкокристаллическое, а иногда и аморфное состояние.

Неравномерность в распределении благородных металлов вызвана общими процессами кристаллизации доминирующих в системе минералов. Формирование их структурных фрагментов в предкристаллизационном состоянии и дальнейшее слияние вызывает вытеснение слабо растворимых элементов в межструктурные области. Межструктурная жидкость консервируется кристаллизующейся общей массой минералов, слагающих породы и руды. Наличие избыточной газовой компоненты вызывает образование пор и каверн, а также коломорфных форм твердения, с которыми нередко ассоциируют благородные металлы.

Но процессы перераспределения вещества не заканчиваются и после перехода из жидкого в твердое состояние. Температурный интервал от температуры кристаллизации вещества до температуры Дебая характеризует метастабильными состояниями системы, устойчивыми при данных условиях. Переход в область температур ниже дебаевских вызывает процессы структурной самоорганизации, приводящей к расслоению твердых растворов и выделению стабильных фаз. Движущей силой процессов структурной самоорганизации является появление эффекта установления дальнедействующей связи между основными компонентами твердых растворов. Коллективные действия между основными компонентами твердого раствора направлены на стремление системы к более упорядоченному состоянию, совершенству кристаллической структуры. Структурные примеси вызывают локальные возмущения вследствие напряженного состояния решетки. Коллективные действия атомов растворителя направлены на вытеснения примесей в межструктурные области. Данный процесс идет через разделение вещества на наноскопические объемы и последующего вытеснения элемента примеси из объема сформированных частиц к границе. Дальнейшие процессы релаксации приводят к слиянию наноскопических частиц и постепенному оттеснению примеси с формированием частиц новой фазы в межзеновых пространствах и других дефектах: каверны, поры, межслоевое заполнение и т.д.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Президиумом ДВО РАН интеграционного проекта между УрО РАН и ДВО РАН 06-II-УО-08-017 «Онтогенез благородных металлов в природе, эксперименте и технологии» и проекта 06-III-A-08-339 «Генетическая кристаллохимия минералов благородно-метальной группы Востока России», 06-III-B-02-057 «Дисторсия кристаллической структуры и ее влияние на массоперенос в гетеросистемах».

Список литературы

Регель А.Р., Глазов В.М. Периодический закон и физические свойства электронных расплавов. М.: Наука. 1978. 309 с.

Щербина В.В. Миграция элементов и процессы минералообразования. М.: Наука, 1980. 284 с.