

## ТВЕРДОФАЗНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Рождествина В.И. (veronika@ascnet.ru)**

Амурское отделение. ИГиП ДВО РАН

## SOLID-PHASE GENESIS OF MINERALS OF NOBLE METALS

**Rozhdestvina V.I.**

Amur branch. IGNM FEB RAS

Последовательная модель образования индивидов, включающая формирование критического зародыша и дальнейшего роста путем атомной диффузии, мало вероятна для образования минералов благородных металлов. Анализ литературных данных и собственные исследования свидетельствуют о том, что самородные формы минералов благородных металлов, таких, как золото, серебро, платина, палладий, в основном являются поликристаллическими, и даже внешне ограненные зерна имеют мозаичную субструктуру, с различной степенью разориентации блоков мозаики, со значительным количеством внутренних нанопор.

Высокопробное самородное золото образуется как в эндогенных условиях, так и в условиях экзогенного преобразования вмещающих пород: в зонах окolorудных изменений, зонах окисления, в природных россыпях и техногенных отвалах. Наиболее распространенной формой существования самородного золота являются его субмикроскопические (наноразмерные) частицы.

Нередко самородное золото представляют собой тонкие губчатые сростания – сгустки различной степени уплотнения, образующие с вмещающими минералами тонкодисперсные смеси. При уплотнении такой сгусток преобразуется в глобулы, внутреннее строение которых остается губчатым – оно пористо, проникнуто мелкими каналцами. Боме (1760 – 1761 гг.) утверждал, что каждый кристалл представляет собой пористое тело, пронизанное пустотами.

Сложно разветвленная поверхность с множеством тонких отростков играет существенную роль при агрегации. При соприкосновении тонких выростов происходит их сцепление вначале точечное, а далее взаимопроницающее, с последующим уплотнением и слиянием. Хлопьевидные сгустки, уплотняясь, образуют глобулы, вытесняя минералы, с которыми находились в тонком сростании. Глобулярные частицы также сростаются между собой, как в результате коалесценции при непосредственном соприкосновении, так и при достаточном сближении проходя стадию формирования тонкого мостика. Сростание глобул образует разнообразные фигуры, морфология которых определяется множеством

комбинаций возможной укладки структурных компонентов и дальнейшего слияния границ. Организуются сложные объемные постройки, но наиболее часто ажурные пластины.

Из общей ажурной массы начинают выделяться слои губчатой структуры с заполнением пустот дисперсной массой вмещающих минералов. Позднее золото, уплотняясь, постепенно очищается от заполнителя, образует микропластинки зернистого строения. Исследования тонкой структурной организации значительного количества зерен самородного золота показывает, что оно сложено из таких пластинок, образуя чешуйчатую поверхность. Размер субзерен, слагающих чешуйки, соответствует размеру свободных наночастиц, описанных выше. На уровне зерна продолжают процессы твердофазного преобразования более плотное слияние субзерен с образованием слоев, уменьшение их толщины, формирование элементов полизонизации. Даже на достаточно крупных зернах – самородках наблюдаются реликты чешуйчато - губчатого строения. Появление полосчатых структур, которые нередко на макроуровне интерпретируются как структуры деформации, сопровождается повышением содержания серебра в данной зоне.

Тонкопластинчатые формы самородного золота высокой пробы присутствуют как в коренных месторождениях, так и россыпях. Они легко переносятся водными потоками. Среди тонкопластинчатых зерен отмечаются относительно хрупкие индивиды, которые раскалываясь, образуют более мелкие частицы золота, или постепенно уплотняясь, еще более истончаются.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно предположить, что кинетические механизмы образования морфоструктурных разновидностей золота идентичны и определяются процессами самоорганизации в минеральной дисперсной среде. В глинистой и лимонитизированной массе минералов имеющих тонкодисперсное строение, формирующееся в результате разложения (окисления, гидратации) первичных минералов, содержатся ультрадисперсные частицы золота. Такие частицы, высвобождаясь из тонкодисперсной минеральной массы под действием сил гравитации, воды, химических реакций, твердофазных преобразований, постепенно накапливаются в локальных зонах. На начальных этапах они образуют очень рыхлые сгустки, затем, уплотняясь и сливаясь друг с другом, образуют губчатые зерна, а далее и более плотные образования, вплоть до появления огранных поверхностей. Каждое зерно не независимо от масштабного уровня и степени преобразования, на определенном этапе может стать субиндивидом при агрегации с другими зернами. Морфологические особенности определяются объемами и степенью преобразования частиц до их последующего сближения и слияния. Рост агрегатов, которые в результате твердофазных преобразований могут стать дендритами или сростками самородного золота, происходит в рыхлой тонкодисперсной среде, и их строение определяется этим условием. Тонкодисперсное состояние

минералов способствует появлению сферических частиц не только для золота, но и для других минералов системы.

Следует отметить, что процессы появления и роста самородков золота связаны с эмиссией наночастиц золота из вмещающих минералов, их накоплением, срастанием и последующими процессами твердофазных преобразований. Эмиссия частиц связана с процессами механического и химического диспергирования содержащих их минералов. Локализация и накопление наночастиц определяется перекристаллизацией и минералообразованием доминирующих минеральных форм в системе. Эти процессы способствуют вытеснению не участвующих в образовании минералов элементов, дисперсных фаз на поверхность кристаллитов, в межфазные и межзерновые границы, межслоевые пространства (в случае слюд), структурные дефекты различного рода (каверны, поры и пр.). При сближении между частицы, а позднее и их кластеры, агрегируются случайным образом, формируя сложные архитектурные постройки, со значительным количеством внутренних пустот, заполняемых вмещающей средой. Последующее слияние и сглаживание границ формирует облик самородка. Зерна, укладка частиц в которых формирует правильную геометрию в расположении, образованы в процессе последовательных твердофазных преобразований связанных с коллективными действиями наночастиц.

Такой механизм позволяет объяснить процессы обогащения россыпей и техногенных отвалов. Кроме того, поведение тонко рассеянного золота в различных минералах и в первую очередь глинистых позволяет интерпретировать появление богатых, периодически возобновляемых россыпей, не связанных с коренными источниками. Малый размер первичных строительных частиц, их способность к слиянию определяют морфологическое разнообразие будущих самородков.