

## РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЛЕБЕДСКОЙ СКАРНОВОЙ ЗОНЫ

Н. Ф. СТОЛБОВА

(Представлена научным семинаром кафедры петрографии)

Лебедская скарновая зона расположена в северной апикальной части Лебедской интрузии (юго-западная часть Горной Шории), которая узким вытянутым заливом далеко вдается во вмещающие породы и постепенно выклинивается. Состав пород этой части интрузии диоритовый, гранодиоритовый и сиенитовый. Вмещающие породы представлены пироксеновыми порфиритами, туфами, песчаниками с линзами мраморов, относимыми к мрасской свите  $Ст_1$ .

Скарновая зона состоит из ряда эндо-и экзоскарновых тел, располагающихся кулисообразно вдоль тектонического контакта интрузии и вмещающих пород. Кулисообразное строение тесно связано с трещинами, оперяющими тектонический контакт интрузии и вмещающих пород. В условиях относительного перемещения блоков вдоль тектонической зоны наиболее доступны для постмагматических растворов были приоткрывающиеся оперяющие трещины. Именно с ними связаны процессы скарнообразования, внедрения даек и гидротермальных жил.

Не останавливаясь на подробной характеристике скарновых тел, необходимо отметить, что их состав имеет сложный характер, что выражается в различии минералогического состава эндо- и экзоконтактовых зон и их многостадийности.

В эндоконтакте наиболее развиты мономинеральные гранатовые, магнетитовые скарны, характеризующие начальные этапы скарнирования, а также перекристаллизованные гранатовые, пироксеновые, амфиболовые, магнетитовые и их разновидности, характеризующие поздние стадии. Скарны экзоконтакта имеют волластонитовый и гранат-волластонитовый состав.

Каждое из скарновых тел характеризуется своими особенностями, которые отражают интенсивность процессов минералообразования, их пульсационность и проявление последующей гидротермальной деятельности.

Северная часть скарновой зоны наиболее детально изучена. Здесь

известно Первое скарновое мощное тело, разделяемое рекой на лево- и правобережную часть. В правобережной части находится эксплуатируемый золоторудный участок «Нижний карьер». Севернее кулисообразно располагаются друг за другом Второе, Третье и Четвертое скарновые тела. Во Втором и Третьем скарновых телах известны рудопроявления золота. В Четвертом теле расположен эксплуатируемый золоторудный участок «Верхний карьер».

Процесс золотооруденения в пределах Лебедской скарновой зоны протекал в две эпохи: гипогенную и гипергенную.

## 1. Гипогенная эпоха

Рудообразование гипогенной эпохи связано с постмагматическими процессами Лебедской интрузии. Это доказывается теснейшими пространственными взаимоотношениями скарновых, дайковых и гидротермальных образований. Гидротермальный этап рудообразования имеет многостадийный характер. Выделены следующие стадии: золото-висмутотеллуридная, кварц-эпидото-гематитовая, сульфидно-арсенидная, карбонатно-сульфидная.

В качестве критерия использованы: минералогический состав и парагенетические ассоциации, текстурные и структурные узоры, пространственное положение, геохимические особенности.

**Золото-висмутотеллуридная стадия.** Минерализация этой стадии наиболее интенсивно проявилась в правобережной части Первого скарнового тела. Именно она явилась основным поставщиком золота в эксплуатируемом «Нижнем карьере». Кроме этого, золото-висмутотеллуридные минералы встречаются в скарнах Второго рудного тела.

Среди минералов этой стадии обнаружены: золото самородное, тетрадимит, висмутин, калаверит, вейссит, халькопирит. Под микроскопом обнаруживаются структуры взаимных границ, частые включения одних минералов в другие. Наиболее часто встречаются включения золота в тетрадимите — каплевидные образования золота тяготеют к периферии зерен тетрадимита. Здесь же встречаются включения висмутина и калаверита. Известны отдельные округлые включения золота и тетрадимита в халькопирите.

Полуколичественный спектральный анализ мономинеральных фракций золота, тетрадимита, а также агрегата нескольких минералов стадии показывает присутствие элементов-примесей: Pb и Ag более 1%, Hg, Sb, Zn, Ba, Ва — 0,03—0,3%; Ga, Ge, Ti, Be, Zr—0,001%. Обращает на себя внимание многообразие элементов-примесей и высокое содержание их.

Тесные структурные взаимоотношения минералов повторяемость элементов-примесей в минералах свидетельствуют о генетическом родстве и близкой по времени кристаллизации минералов.

Для минералов золото-висмутотеллуридной стадии характерны тонко- и мелкозернистые агрегаты до 0,1—0,5 мм. Лишь в особо благоприятных условиях, где образуются значительные скопления минералов, можно встретить укрупненные зерна золота или тетрадимита до 3,5 мм с довольно четкими очертаниями габитуса. В целом для золота и сопровождающих его минералов присущи агрегативные скопления, принимающие формы тех полостей, которые они выполняют.

Распространение золоторудной минерализации тесно связано с гранатовыми, мегнетитовыми, гранато-магнетитовыми, магнетито-пироксеновыми и магнетито-амфиболовыми перекристаллизованными скарнами, то есть с теми его разновидностями, которые завершают процесс скарнообразования. Перечисленные разновидности скарнов обладают

отчетливой зернистостью, повышенной хрупкостью и, следовательно, интенсивной трещиноватостью, наличием значительных интерстиционных полостей. Золото и сопровождающие его минералы в таких породах заполняют интерстиции, проникают по тонким трещинкам во внутренние части кристаллов, охотно отлагаются по спайности пироксенов и амфиболов. Протяженные и значительные по мощности прожилки не встречаются.

Расположение золотооруденения на участке «Нижнего карьера» соответствует пространственному положению вмещающих скарновых пород поздних генераций. Временное положение описываемой стадии определяется тем, что она пространственно связана с последующими продуктами скарновой деятельности, кристаллизация ее происходит несколько позднее. Продукты ее заполняют интерстиции, трещинки, спайность в скарнах.

В пироксен- и амфиболсодержащих скарнах, обогащенных золотом, отмечается замещение хлоритом, кальцитом и апатитом. Во внутренних частях замещенных пироксенов и амфиболов золоторудные минералы отлагаются очень часто. Этот факт также указывает на более позднее время отложения золота и сопровождающих его минералов по отношению к скарнам и на изменение характера растворов в сторону увеличения щелочности.

В соответствии со взглядом С. С. Ильенка [1] золото-висмута-теллуридная стадия минерализации, следующая за формированием магнетитовых руд, связана с галоидным этапом проявления рудных растворов. Следующая за ним кварц-эпидото-гематитовая стадия обнаруживает деградацию растворов этого этапа и значительное увеличение потенциала кислорода, что не характерно для растворов со значительным участием галоидов.

Кварц-эпидото-гематитовая. Минерализация этой стадии представлена кварцем, эпидотом и гематитом. Наиболее широко и интенсивно проявилась эта стадия в северо-восточной части левобережных скарнов и скарновых образований «Нижнего карьера», то есть в центральных частях скарновых тел. Здесь гематит отлагается в кварцевых и кварц-эпидотовых гнездах и линзах. Размеры гнезд и линз 20—30 см и более. Все минералы имеют крупнозернистое строение. Отдельные кристаллы достигают 5—10 см. По периферии скарновых тел минералы этой стадии встречаются в виде маломощных, выдержанных по простиранию прожилков. Состав их преимущественно мономинеральный — кварцевый или эпидотовый, в этом случае ассоциации с гематитом редки. Таким образом, видно, что минерализация этой стадии наиболее полно и интенсивно проявилась в центральных частях скарновых тел. Изучение структурных и текстурных взаимоотношений минералов показывает, что гематит кристаллизуется последним, цементируя отдельные кристаллы и друзы кварца и эпидота.

Спектральный анализ мономинеральных фракций обнаруживает незначительные количества примесей Cu, Zn, Mn, V, Be.

Возрастное положение стадии определяется тем, что прожилки минералов этой стадии пересекают скарны и скарнированные породы и, в свою очередь, пересекаются прожилками сульфидов. На основании этого можем заключить, что формирование кварц-эпидото-гематитовой стадии происходило в послескарновый этап, но до появления сульфидов.

Дополнительно следует отметить, что в магнетитовых скарнах, в которых наблюдается проявление этой стадии минерализации, идет интенсивный процесс мартитизации, что указывает на ее существенно окислительный потенциал. Растворы, из которых происходило отложение вещества, были, по всей вероятности, высокотемпературными. Об этом свидетельствует присутствие серого кварца, эпидота и полное от-

сутствие сульфидов. Судя по элементам-примесям, растворы были очень бедны металлами. Наложение последующей сульфидной стадии вызывает мушкетовитизацию, что указывает на проявление восстановительного режима.

Сульфидно-арсенидная стадия. Минералы этой стадии: пирит, пирротин, арсенопирит, леллингит, магнетит, гематит. Во многих случаях их сопровождает кварц. Эта минерализация проявилась почти повсеместно в пределах зоны как в скарнах, скарнированных порфири-тах, гнейсах, измененных диоритах, так и в дайках диабазов. Текстуры — вкрапленные и тонкопрожилковые, а на участке «Нижнего карьера», наряду с ними, отмечаются и гнездовые. В центральной части карьера вскрыто тело со значительным содержанием сульфидов и арсенидов. Агрегаты рудных минералов сцементированы в нем кварцево-хлоритовой массой. Отдельные прожилки сульфидов вблизи тела увеличивают свою мощность и сливаются с общей сульфидной массой. Структуры мелко- и среднезернистые.

Сульфиды в кварц-амфиболовых гнездах, широко распространенных на «Нижнем карьере», обнаруживают резкий ксеноморфизм к друзовым образованиям кварца и амфибола, тяготея ко внутренним частям гнезд и жил. Кроме того, прожилки сульфидов секут гематитовые образования, а сами, в свою очередь, секутся прожилками кальцита. Эти факты определяют самостоятельность стадии и ее положение в парагенетической схеме.

Парагенетическая схема

Эпоха, этап, стадия	Гипогенная				Гипергенная эпоха
	гидротермальный				
Минералы	золото-висмутотеллуридная	сульфидно-гематитовая	Сульфидно-арсенидная с золотом	карбонатно-сульфидная	
1 Золото	—		—		
2 Тетрадимит	—		—		
3 Калаверит	—		—		
4 Вайсцит	—		—		
5 Висмутит	—		—		
6 Гематит		—	—	—	
7 Магнетит			—	—	
8 Пирротин			—	—	
9 Пирит			—	—	
10 Арсенопирит			—	—	
11 Леллингит			—	—	
12 Халькопирит	—		—	—	
13 Борнит				—	
14 Кварц		—	—	—	
15 Элидоит		—	—	—	
16 Кальцит	—			—	
17 Сидерит				—	
18 Хлорит	—			—	
19 Малахит				—	
20 Халькозин				—	
21 Азурит				—	
22 Гетит				—	

Среди образований этой стадии можно выделить несколько парагенетических ассоциаций: пирротиновую, пирито-магнетитовую, пирито-гематитовую.

Пирротиновая ассоциация представлена пирротином со значительной изоморфной примесью золота (более 1%) и молочно-белым кварцем. Текстуры вкрапленные и прожилковые, структуры тонкозернистые. Распространение выделяемой ассоциации наиболее характерно для Третьего и Четвертого скарновых тел.

Пирито-магнетитовая ассоциация наиболее характерна для сульфидов Второго и Третьего скарных тел, встречается и в Первом. Текстуры вкрапленные, структуры мелко- и среднезернистые. Под микроскопом отмечается замещение пирита магнетитом. В этом случае на корродированной поверхности пирита и в содержащихся в нем трещинках отлагается магнетит. В пирите обнаружена примесь тонкодисперсного золота, содержание которой достигает 0,05—0,1%.

Пирито-арсенопирито-гематитовая ассоциация встречается в «Нижнем карьере». Текстуры вкрапленные, прожилковые, характерны гнезда, имеется довольно мощное сплошное сульфидное тело.

В этом парагенезисе наблюдается четкая последовательность в кристаллизации минералов: сначала выделяется пирит, затем его обрастают агрегаты арсенопирита, несколько позднее отлагается гематит с кварцем. Встречаемый в делювии леллингит относится, вероятно, к этой же ассоциации. В арсенопирите и пирите здесь обнаруживаются примеси золота около 0,001%.

Появление различных парагенетических ассоциаций в одной стадии свидетельствует о некоторых изменениях в физико-химических условиях формирования, в частности, в изменении режима серы и кислорода. Если железо первой ассоциации все входит в сульфиды, то во второй — часть его уже переходит в магнетит. Это свидетельствует о понижении потенциала серы и увеличении потенциала кислорода. Процесс идет дальше и приводит к смене сульфидов арсенидами а магнетита гематитом. В этой же последовательности убывает содержание тонкодисперсного золота в сульфидах различных ассоциаций.

Карбонатно-сульфидная стадия. Минерализация этой стадии представлена кальцитом с рудными минералами: халькопиритом, пиритом, борнитом, магнетитом и гематитом. Выражена она особенно четко на «Нижнем карьере». Это мощная крутопадающая жила, прослеживаемая по простиранию на 350 м и по падению на 150 м. Мощность ее на верхних горизонтах 10—20 см, на нижних 4—5 м. В зальбандах жилы сосредоточены многочисленны обломки вмещающих пород, сцементированные кальцитом. Встречаются и кокардовые текстуры. Характерны околожильные изменения, которые выразились в интенсивной карбонатизации пород.

По всей кальцитовой жиле неравномерно распределены гнезда рудных минералов. Структурные особенности этой ассоциации минералов свидетельствуют о том, что пирит замещается халькопиритом и магнетитом. При этом в халькопирите наблюдаются структуры распада борнита. Эти структурные и минералогические особенности свидетельствуют о продолжительном существовании растворов и изменении окислительно-восстановительного потенциалов серы и кислорода в сторону увеличения концентрации кислорода.

Несколько обособленно от описываемой ассоциации стоит гематит. Он кристаллизуется не в виде гнезд, а по отдельным тонким прожилкам, межзерновым промежуткам, по спайности в кальците. Очевидно, что образование гематита происходило в условиях дальнейшего увеличения потенциала кислорода, а отложение его было тогда, когда основная масса кальцита была уже раскристаллизована. Параллельно с жилой кальцита идет формирование сидеритовых прожилков с халькопиритом, борнитом и магнетитом. Спектральный анализ мономинеральных фракций показывает содержание Co, Zn, Cu — до 0,03%, Ag, As; Pb до 0,005%, спорадически встречаются Ba, Ni, Sb, Ti, Cr.

## II. Гипергенная эпоха

Руды, формирование которых происходило в гипергенную эпоху, представляют практический интерес. Это относится, в частности, к рудам «Верхнего карьера». Золотооруденение связано с зоной окисления интенсивно трещиноватых скарнов и скарнированных порфиритов, обогащенных золотосодержащими сульфидами. Мощность зоны окисления невелика от 2 до 4 м. В ней на фоне бурых и красно-бурых образований четко выделяются участки темно-вишневого цвета. Это участки с многочисленными обломками молочно-белого кварца, обогащенные гетитом и гематитом. Вероятно, это окисленные реликты кварцево-сульфидной минерализации в скарнах. Именно эти участки наиболее обогащены золотом.

Золото здесь тонкозернистое, пылевидное. Размеры отдельных золотинок не превышают 0,1 мм. Форма их округлая, каплевидная. Цвет золота часто теряется из-за бурых налетов гидроокислов железа.

Все эти данные указывают на то, что экзогенные процессы могут мобилизовать золото сульфидов в зоне окисления и при условии накопления создавать промышленные его концентрации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Ильенко. Магматизм и связь с ним эндогенных месторождений. В сб. «Геология месторождений золота Сибири» СОАН СССР (в печати).