Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLV, вып. 2, 1963 г.

ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ РАССЕЯНИЯ КВАРЦ-ЗОЛОТОРУДНЫХ ЖИЛ ЛЮБАВИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Е. М. Квятковский

Любавинское золоторудное месторождение, расположенное в верхнем течении р. Онона, разрабатывается с конца прошлого столетия. В. А. Обручев, посетивший месторождение в 1912 г., опубликовал первую сводную работу по геологии и полезным ископаемым района, в основном не утратившую значения и по сей рень [1]. Позднее в этом районе проводили геологосъемочные работы В. М. Сергиевский (1936 г.), М. И. Тулохонов (1958 г.). Летом 1960 г. в пределах Любавинского рудного поля проводились комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования преподавателями и студентами Ленинградского горного института [1].

Месторождения золота в пределах Любавинского рудного поля приурочены к четко выраженной линейной зоне малых интрузий гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров, прорывающих смятую в крутопадающие изоклинальные складки толщу песчано-сланцевых пород нижнепермского возраста. Вблизи малых интрузий наблюдается интенсивное окварцевание и ороговикование вмещающих пород. Зона малых интрузий прослеживается в широтном направлении более 8 *км*. В зоне можно выделить участки наибольшей концентрации кварц-золоторудных жил, не имеющие, однако, четких границ между собой.

Первичные ореолы рассеяния кварц-золоторудных жил изучались на двух восточных участках месторождения — Евграфовском и Любавинском. На обоих участках рудные жилы залегают главным образом в экзоконтактовой зоне малых интрузий. Некоторые жилы расположены внутри самих интрузий, либо пересекают под различными углами контакты, причем при выходе из интрузии жилы заметно обедняются золотом.

По морфологическим и структурным особенностям рудные жилы Любавинского месторождения можно разделить на два типа: 1) относительно протяженные (сотни метров), крутопадающие (60—80°) брекчиевидные кварцевые жилы, приуроченные к трещинам скалывания, часто параллельные слоистости вмещающих пород; 2) короткометражные (десятки метров), пологопадающие (40°) монолитные кварцевые жилы, приуроченные к трещинам разрыва.

Мощность рудных жил обоих типов колеблется от нескольких сантиметров до 1,5—2 *м* в раздувах. Распределение золота как по отдель-

[1] В полевых работах по отбору штуфных проб из горных выработок принимали участие студенты С. С. Локшин и Г. Н. Новожилов. Спектральный анализ проб выполнен в проблемной геофизической лаборатории под руководством В. В. Хохлова инженером Т. Д. Александрук.

ным жилам, так и в пределах одной жилы неравномерное. Золото в жилах свободное, достаточно крупное, видимое. Кроме самородного золота в кварцевых жилах и вмещающих породах, по данным В. А. Обручева и других геологов, наблюдается вкрапленность рудных минералов: пирита, арсенопирита, шеелита, молибденита, антимонита, сфалерита, галенита, касситерита. По данным обогатительной фабрики, с сульфидами связано не более 5% извлекаемого из руды золота. Руды Любавинского месторождения, по классификации Н. В. Петровской, относятся к типу арсенопиритово-кварцевых малосульфидных руд гидротермального генезиса [2].

Первичные ореолы рассеяния изучались только для кварц-золоторудных жил первого типа на Евграфовском участке по горизонту 1260 *м* (жила Перспективная), по горизонту 1230 *м* (жилы Громовская и Осенняя) и на Любавинском участке по горизонту 1075 *м* (жилы 21, 22, 23). Штуфные пробы горных пород и руд весом 150—200 *г* отбирались по стенкам квершлажных горных выработок. Расстояние между точками отбора проб вдали от кварц-золоторудных жил 5 *м*, при приближении к рудным жилам точки отбора проб сгущались до 0,5 *м*. Общая длина опробованных таким образом подземных горных выработок 500 *м*. Всего отобрано и исследовано 247 проб. Процесс подготовки к анализу заключался в дроблении проб в чугунной ступке, сокращении по способу кольца и конуса и истирании в фарфоровой ступке. Схема обработки проб общепринятая. При сокращении проб из рудных интервалов значение коэффициента k в формуле Чечетта

$$Q = kd^2$$

было равно 0,2, а для проб из нерудных интервалов 0,05. Предварительное дробление образцов до $\leqslant 3$ *мм* производилось в проборазделке одной из экспедиций Читинского геологического управления, окончательная обработка — в Ленинграде. При обработке из рудных интервалов пробы сокращались в два этапа — после дробления до $\leqslant 1$ *мм* и после последующего дробления оставшейся части пробы до $\leqslant 0{,}25$ *мм*. Пробы из вмещающих «пустых» пород сокращались за один прием — после дробления до $\leqslant 0{,}5$ *мм*. Конечный вес проб после обработки в обоих случаях 10—12 *г*. После обработки пробы поступали на «рядовой» спектральный анализ с испарением пробы из канала нижнего угольного электрода при силе тока около 12 *а*, экспозиции 1 *мин*. Часть проб, главным образом с повышенными содержаниями некоторых элементов по данным «рядового» спектрального анализа, повторно анализировалась по методике М. М. Клера с целью уточнения и контроля полученных результатов [3]. Кроме того, все пробы проанализированы по специальной методике на ртуть с применением малого железного электрода [4]. Примерно половина проб (105 из 247) проанализирована двудуговым методом на золото [1]. Из 30 с лишним элементов, на которые проводилась расшифровка спектрограмм, для характеристики первичных ореолов выбрано всего 11 элементов (Mo, W, Sn, Cu, Pb, As, Sb, Zn, Ag, Au, Hg), которые достаточно четко фиксировались в ореолах. На рис. 1 приведены графики содержания 9 из этих элементов в первичном ореоле рассеяния жилы Перспективной, подсеченной квершлагом из штольни Громовской.

Двудуговым методом спектрального анализа золото обнаружено только в висячем боку рудной жилы на интервале 5—6 *м*, причем максимальная концентрация несколько удалена от жилы. Вероятно, зо-

---

[1] См. статью настоящего сборника О. А. Григорьевой и Е. М. Квятковского. «Высокочувствительный двудуговой метод спектрального анализа на золото и некоторые рассеянные элементы».

лото во вмещающих породах (ороговикованные песчаники и сланцы) находится либо в дисперсном состоянии, либо в виде примесей в сульфидных минералах, тогда как в самой жиле — в виде мелких включений самородного золота.

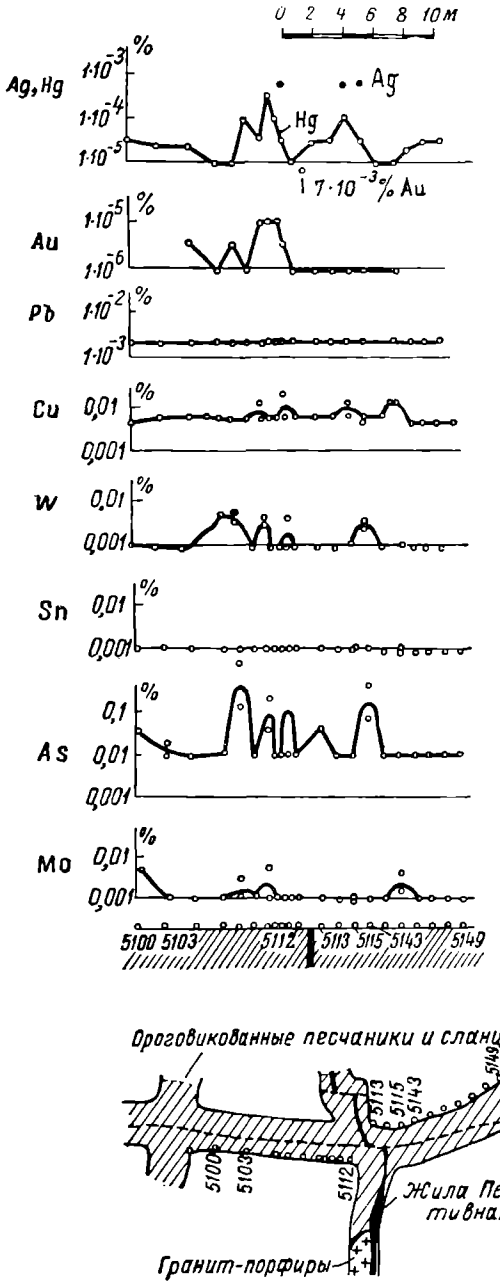


Рис. 1. Первичный ореол рассеяния жилы Перспективной. Горизонт 1260 *м*

Остальные элементы, за исключением свинца и олова, как бы выносятся из рудной зоны во вмещающие породы. Наиболее отчетливо такая закономерность проявляется для мышьяка, ртути и вольфрама, менее четко — для молибдена и меди. Максимальные содержания этих элементов располагаются в 5—6 *м* по обе стороны от жилы, причем наиболее широкий ореол наблюдается для мышьяка и вольфрама (9 *м*), а наиболее узкий — для ртути (6 *м*). Как и по золоту, ореол этих элементов несколько асимметричен: в висячем боку ширина его и содержание элементов больше, чем в лежачем. По меди и молибдену ореол расширяется в сторону лежачего бока при общей своей ширине 8 *м*.

В трех пробах, расположенных также по обе стороны от жилы (одна в висячем и две в лежачем боку), встречено серебро в концентрациях, близких порогу чувствительности анализа.

Свинец и олово не создают ореолов рассеяния вокруг жилы — содержание свинца равномерное ($\approx 0{,}002\%$) во всех пробах, содержание олова — ниже порога чувствительности анализа ($\leqslant 0{,}001\%$).

Примерно аналогичная картина получена и по первичным ореолам рассеяния на остальных участках. Так, на Любавинском участке (горизонт 1075 *м*) на тех интервалах, где квершлаг пересекает рудные жилы 21, 22 и 23, отмечаются достаточно четкие ореолы рассеяния мышьяка, ртути и молибдена, причем для всех трех жил (особенно 23) ореолы рассеяния имеют такую же «двугорбую» форму, как и для жилы Перспективной, т. е. элементы как бы выносятся из рудной зоны во

вмещающие породы. В отличие от жилы Перспективной, на горизонте 1075 *м* отсутствуют ореолы рассеяния вольфрама. Свинец и олово (если не считать самого западного фланга опробованного участка горной выработки) также не создают первичных ореолов, однако в целом содержание этих элементов несколько выше, чем на горизонте 1260 *м*. Серебро встречено всего в трех пробах в концентрациях, близких к порогу чувствительности. В трех других пробах обнаружена сурьма, которая отсутствует на горизонте 1260 *м*. Цинк не обнаружен.

На горизонте 1230 *м* Евграфовского участка первичный ореол у жилы Осенней, которая представляет собой зону дробления без минерализации, практически отсутствует. Слабо проявлен ореол жилы Громовской. Лишь в отдельных точках наблюдаются повышенные содержания ртути, мышьяка, золота. Сходная картина обнаружена на самом южном фланге горной выработки — вблизи контакта песчано-сланцевой толщи с малой интрузией гранит-порфиров. На этом интервале отмечено повышенное содержание мышьяка, золота, вольфрама и молибдена, тогда как медь, свинец и олово характеризуются фоновыми значениями. В отдельных точках обнаружен цинк. Серебро и сурьма отсутствуют.

На горизонте 1260 *м* Евграфовского участка кроме первичного ореола жилы Перспективной встречен аналогичный ореол Второй жилы, подсеченной штольней вблизи противоположного контакта малой интрузии гранит-порфиров. В пределах самой малой интрузии — между жилами Перспективной и Второй — отмечена широкая зона повышенного содержания ряда элементов, характерных для первичных ореолов — молибдена, меди, вольфрама, ртути, в меньшей степени мышьяка. В отдельных точках зафиксировано золото, серебро, цинк. В центральной части зоны содержание элементов заметно падает. Создается впечатление, что горная выработка пересекает здесь ореол рассеяния под острым углом, а сама кварцевая жила имеет пережим, вследствие чего на нее могли не обратить должного внимания при проходке горной выработки.

По результатам изучения первичных ореолов рассеяния кварц-золоторудных жил Любавинского рудного поля можно сделать общие выводы о процессах формирования этих ореолов и самих рудных жил.

1. Повышенное содержание мышьяка, ртути, вольфрама, молибдена, меди и золота по обе стороны от рудных жил (в 4—5 *м* от жилы), вероятно, связано с формированием диффузионного ореола рассеяния этих элементов вокруг рудопроводящей ослабленной зоны. Однако для типичного диффузионного ореола рассеяния характерно, как известно [5], постепенное убывание содержаний элементов с удалением от рудного тела. В рассматриваемом случае в центральной зоне ореола (т. е. в непосредственной близости к рудному телу) резко уменьшается содержание элементов. Это может объясняться как особенностями поведения различных элементов при фильтрации рудообразующих растворов сквозь пористую среду [6], так и последовательным наложением двух процессов: на первом этапе процесса формирования нормального диффузионного ореола рассеяния и на втором этапе — процесса выноса элементов из центральной зоны ореола. Золотая минерализация сопровождает оба этапа: на первом золото в рассеянном виде идет вместе с другими элементами (по-видимому, одновременно с мышьяком и ртутью и несколько ранее вольфрама, меди и молибдена) и не создает практически интересных концентраций; на втором — формируются кварц-золоторудные жилы, приуроченные к осевой части рудоподводящей зоны, причем одновременно происходит вынос элементов (в том числе и золота) из центральной части первичного ореола и, возможно, переотложение их в самой кварцевой жиле. На втором этапе образуется

свободное золото в кварцевой жиле, представляющее наибольший практический интерес. В первичном диффузионном ореоле рассеяния содержится не менее $^1/_3$ всего золота. На некоторых участках, где второй этап минерализации проявлен слабо или не проявлен, это соотношение, возможно, резко изменится в пользу первичных ореолов рассеяния. Именно такое положение, по-видимому, на участке Федоровском-1. При золотометрической и шлиховой съемках на этом участке зафиксированы достаточно интенсивные ореолы рассеяния мышьяка и золота в элювиально-делювиальных отложениях. При вскрытии же ореолов рассеяния многочисленными канавами ни одной практически интересной кварц-золоторудной жилы не встречено.

2. Сопоставляя содержание элементов в первичных ореолах рассеяния на различных горизонтах (рис. 2), можно установить, что для большинства элементов (мышьяк, ртуть, молибден, медь, серебро,

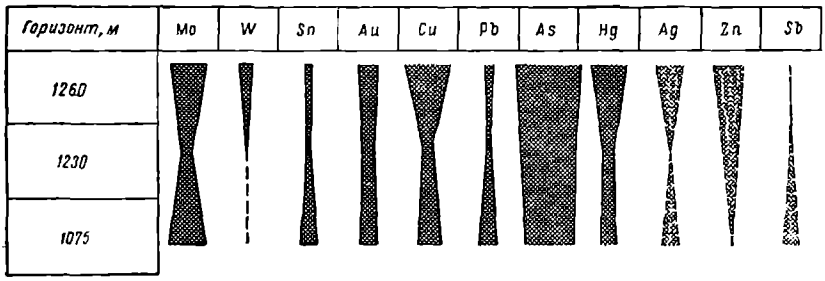


Рис. 2. Содержание элементов в первичных ореолах рассеяния кварц-золоторудных жил на различных горизонтах

золото) характерно одновременное уменьшение содержания на горизонте 1230 *м* и увеличение на горизонте 1075 *м* по отношению к горизонту 1260 *м*. Несколько иного характера поведение олова, свинца и сурьмы. Их максимальное содержание приурочено к самому нижнему горизонту (1075 *м*). Хотя на основании имеющихся материалов нельзя судить о наличии или отсутствии вертикальной зональности элементов в пределах рудной зоны, однако достаточно отчетливое различие в характере поведения указанных выше двух групп элементов позволяет предполагать существование свинцово-сурьмяного (с оловом (?)) этапа минерализации. Такое предположение подтверждается также и результатами площадной литохимической съемки Любавинского рудного поля: к югу от основной рудной зоны, в пределах которой фиксируются четкие ореолы рассеяния мышьяка и отсутствуют ореолы свинца и сурьмы, на водоразделе между падями Боян-Зурга и Средний Хангорук наблюдаются отчетливые сурьмяно-свинцовые ореолы, на которые накладываются более слабые ореолы мышьяка.

Учитывая структурно-геологическую позицию участка со свинцовыми ореолами рассеяния, можно предполагать, что сурьмяно-свинцовый (с оловом (?)) этап минерализации был наиболее ранним — до сульфидно-золотого и кварцево-золотого.

Рассмотренные выше закономерности и особенно выделенные три этапа минерализации

первый — Pb, Sb, Sn
второй — Hg, As, Ag, Au, W Mo, Cu
третий — Au в кварцевых жилах

базируются на сравнительно небольшом фактическом материале, достаточно не подкрепленном минералогическом изучением рудных жил. Поэтому полученные выводы следует проверить в процессе дальнейших работ на месторождениях Любавинской группы.

Интересно отметить, что элементы, относящиеся к первому этапу минерализации, характеризуются максимальными атомными радиусами, а элементы наиболее поздней стадии второго этапа минерализации — наименьшими атомными радиусами. Радиусы нейтральных атомов при координации, равной 12, следующие [7]:

Элемент	Pb	Sb	Sn	Hg	As	Ag	Au	W	Mo	Cu
Атомный радиус, Å	1,74	1,62	1,59,	1,55	1,45	1,44,	1,44	1,41	1,40	1,28

Возможно, распределение элементов по атомным радиусам обусловлено процессами дифференциации во времени рудообразующих растворов, связанных с единым магматическим очагом. По ионным радиусам зависимости получаются значительно менее четкие.

Итак, учитывая наличие вокруг рудных жил четких первичных ореолов ряда элементов и в первую очередь ртути, можно по аналогии с другими типами месторождений использовать эти ореолы для поисков слепых рудных тел. Для обнаружения таких ореолов необходимы высокочувствительные методы анализа, в частности, на ртуть около 10^{-6}%. При разведочных работах целесообразно использовать первичные ореолы рассеяния для поисков рудных жил, что позволит как бы увеличить сечение выработок до 10—12 *м*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обручев В. А. Евграфовское золоторудное месторождение и соседние с ним в бассейне р. Онона (в Восточном Забайкалье). Мат-лы для геологии СССР, 1929, т. XXVI, вып. 2.

2. Петровская Н. В. К вопросу о принципах минералогической классификации типов первичных золотоносных руд. Тр. НИГРИЗолото, 1955, вып. 20.

3. Клер М. М. Методы спектрального анализа при геологосъемочных и поисковых работах. Сб. «Геохимические поиски рудных месторождений». Госгеолтехиздат, 1957.

4. Сергеев Е. А. Методика ртутнометрических исследований. Сб. «Геохимические поиски рудных месторождений». Госгеолтехиздат, 1957.

5. Моррис Х. Т., Левиринг Г. Е. Гипергенное и гидротермальное рассеяние тяжелых металлов в боковых породах близ рудных тел в районе Тинтик, Юта. Сб. «Геохимические методы поисков рудных месторождений». Изд-во иностр. лит-ры, 1954.

6. Сафронов Н. И. К теории первичных ореолов рассеяния. Информац. сб. ВИТРа, 1959, № 21.

7. Green Y. Bull. Geol. Soc. Amer., 1959, v. 70, N 9.