

Ключевское месторождение

Н.А. Криволицкая, Б.И. Гонгальский

Ключевское месторождение расположено в северной части выделенного С.С. Смирновым золото-молибденового пояса Забайкалья. Следы древних отработок россыпей в устьях рек Ивачевой, Невидимки и Покойной относятся к началу XVII в. В долине р. Горбицы в районе месторождения в 1848 г. обнаружены богатые золотоносные россыпи, а "черная галля" с турмалином издавна служила поисковым критерием на россыпное золото.

Первые сведения о "горе Ключи" приводятся инженером-консультантом "Нерчинского золото-промышленного общества" английской концессии Г.А. Кенриком в 1901 г. Простота прослеживания, большая мощность рудного тела (40 футов), наличие железной шляпы с высокими содержаниями золота (13,5 г/т) способствовали быстрому вовлечению его в эксплуатацию и столь же быстрой отработке (с поверхности и штольнями) этой компанией.

Возобновлены геологические исследования в 1928 г. трестом "Дальзолото". Начался период специализированных мелко- и среднemasштабных геологических работ (П.В. Митрофанов, Б.А. Рухин, Н.И. Горностаев и др.). В 1935 г. создано Ключевское рудопоисковое управление (Ключи, Давенда, Желтуга), с 1936 г. начата эксплуатация Ключевского месторождения, с 1941 г. — Давендинского.

В 1951 г. Ключевское месторождение рассматривалось как крупнейшее в Советском Союзе, но с 1952 г. началось резкое неподтверждение запасов, в связи с чем здесь были поставлены работы НИГРИ-золото (М.Б. Бородаевская, Н.В. Петровская) — геологическая съемка (1:10 000), изучение структуры месторождения, состава пород и руд.

Новый этап изучения месторождения связан с началом планомерных исследований территории в процессе геолого-съемочных работ (Е.М. Лейфман, В.С. Алкин). В 70-80-х гг. проводились специализированные тематические исследования львовскими геологами, геологическая съемка масштабов 1:5 000 и 1:2 000, по геохимии ореолов рассеивания, изучение газово-жидких включений и т.д.

Геологическое строение Ключевского рудного поля

Рудное поле располагается в южной части Алдано-Становой области (Становой мегаблок, Геология зоны ..., 1988), сложенной преимущественно кристаллическими породами архея и протерозоя, а также многочисленными комплексами разновозрастных гранитоидов: среди древних гранитоидов протягивается полоса более молодых северо-восток — субширотного простираения шириной 10-15 км, трассирующая Могоча-Бушулейскую ветвь Монголо-Охотского разлома (рис.1).

Раннее молодые гранитоиды относились к аманово-амуджиканскому комплексу, шахтаминскому

подкомплексу и т.д. В настоящее время в геологическом строении района отчетливо обособляется этап позднепалеозойский-раннемезозойский, характеризующийся интенсивным гранитообразованием. Для нескольких массивов амананского комплекса установлен пермский возраст (Загузина, 1980), вследствие чего они на карте (Геологическая карта..., 1990) отмечены как позднепалеозойские.

Раннеамананский комплекс представлен крупными (до 1000 км²) плутонами. Устанавливается гомодромное развитие комплекса в пределах 3 фаз — от биотит-амфиболовых диоритов (реже габброидов) через гранодиориты и граносениты к лейкократовым биотитовым гранитам. Возраст раннеамананского комплекса определяется как более молодой относительно позднепермских отложений куйтунской свиты и более древний относительно палеонтологически охарактеризованных отложений могочинской свиты. Именно к этому комплексу относится Давендинский массив, в котором локализованы месторождения Ключевского рудного поля.

Однако генетическая связь гидротермального оруденения устанавливается с малыми интрузиями, т.е. дайками и штоками порфировых пород амуджиканского комплекса. Они контролируются "зонами повышенной трещиноватости" (по М.С. Нагибиной). Эти зоны часто дискордантны по отношению к складчатым структурам и линейным региональным нарушениям и благоприятны не только для внедрения магматических интрузий, но и для локализации оруденения.

В составе магматических образований разными авторами выделяются различные группы пород. Одной из последних схем является разработанная рядом авторов (Григорчук, 1968) последовательность (от ранних к поздним): 1) кварцевые порфиры и фельзит-порфиры, ранние лампрофиры; 2) роговообманково-биотитовые граниты, аплитовидные граниты (Давендинский массив); 3) гранодиорит-порфиры, диоритовые порфириты, гранит-порфиры — штоки и дайки; 4) лампрофиры, диабазовые порфириты, фельзиты (дайки).

М.Б. Бородаевской (1957) все разности позднеюрских пород разделены на 3 ряда: гранодиорит-порфировый, гранит-порфировый и энстатитовых порфиритов.

Н.Г. Головченко с соавторами (Головченко и др., 1969) дают следующие подразделения даек амуджиканского комплекса: 1) кварцевые порфиры и фельзит-порфиры; 2) ранние лампрофиры; 3) роговообманково-биотитовые граниты, гранодиориты и кварцевые диориты; 4) мелкозернистые аплитовидные граниты; 5) гранодиорит-порфиры; 6) диоритовые порфириты кварцсодержащие и бескварцевые; 7) ранние гранит-порфиры; 8) ранние гибридные порфиры; 9) поздние гранит-порфиры; 10) поздние гибридные

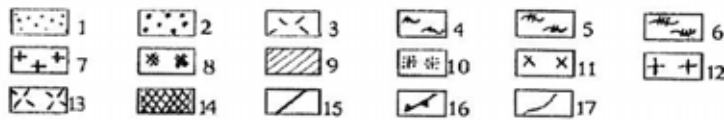


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Могочинского района (дочетвертичных образований)
(по Е.М. Заблоцкому, В.В. Старченко, В.И. Шульдинеру и др., Государственная геологическая..., 1987):

1-6 стратифицированные отложения: 1 - меловая система (нерасчлененные образования): конгломераты, песчаники, алевролиты, андезитобазальты, андезиты, 2 - юрская система (нерасчлененные отложения): песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, конгломераты, с прослоями дацитов и риолитов, 3 - пермская система (нерасчлененные отложения): риолиты, трахириолиты, туфы, олигов, андезиты, 4 - рифей (нерасчлененные отложения): метапесчаники, сланцы (зеленокаменная фация метаморфизма), кварциты, мраморизованные известняки, 5-6 архей: 5 - кристаллические сланцы (амфиболитовая фация метаморфизма), кварциты, метаморфизма; 7-14 - интрузивные образования: 7 - позднеюрские гранодиориты, гранодиорит-порфиры, диориты, лейкокротовые граниты, гранит-порфиры, 8 - среднеюрские лейкокротовые граниты, гнейсограниты (борцовочный комплекс), 9 - позднепалеозойские лейкокротовые граниты, граносиениты, гранодиориты и диориты, 10 - каменноугольные гранодиориты, граниты, лейкокротовые граниты, 11 - раннепалеозойские граниты биотитовые и двуслюдяные, граносиениты, лейкокротовые граниты, 12 - раннепротерозойские граниты, плагиограниты, гранодиориты, граносиениты, лейкокротовые граниты, 13 - архейские диориты, кварцевые диориты, гранодиориты; граниты и плагиограниты биотитовые и амфиболовые, гнейсовидные и массивные, лейкокротовые граниты, гнейсограниты, 14 - габбро, габбро-диориты, амфиболиты, пироксениты; 15 - разломы; 16 - Монголо-Охотский лилеамент; 17 - границы между разновидностями геологических образований

ные порфиры; 11) поздние лампрофиры и диабазовые порфиры.

В западной части месторождения породы дайкового комплекса достаточно широко распространены. На уступе между горизонтами карьера 780 – 810 м протяженностью 700 м установлено 22 дайки. Представлены они диоритовыми порфиритами и гранодиорит-порфирами (15), гранит-порфирами (1), гибридными порфирами (4), лампрофирами (1), аплитами (1). Мощности даек варьируют от десятков сантиметров до 27 м, причем наиболее мощные имеют более ровные контакты с вмещающими гранитами. В интервале 404 – 455 м задокументировано 4 дайки, сложенные диоритовыми порфиритами, гранодиорит-порфирами, гибридными порфирами и лампрофирами общей мощностью 40 м.

Ключевское месторождение

Ключевское месторождение представляет собой систему зон дробления и трещиноватости, выполненных многочисленными дайками, штоками гранодиорит-порфиров амуджиканского комплекса, гидротермальными образованиями с сульфидной мине-

рализацией, залегающими в измененных гранитах и гранодиоритах амананского комплекса (рис.2). Оно расположено на юге рудного поля в сильнотрещиноватом блоке, ограниченном Главным широтным разломом. С юга (восточный фланг Ключевско-Давендинского разлома) образует субширотную полосу до 1,5 км шириной и вытянутую на 3-4 км. Обособляются 3 части: центральная, восточный и западные фланги.

Восточный фланг. Восточная граница месторождения условная, поскольку в этом направлении минерализация затухает постепенно и сосредоточена в узлах пересечения оперяющих северо-западных трещин с Главным широтным разломом. Основной здесь явилась кварц-турмалиновая субширотная жила, мощность которой варьировала и достигала 10 м и расщепляющаяся в зоне Главного широтного разлома на серию маломощных сближенных жил. При ее повороте на северо-запад образовался карманообразный раздвиг, в центральной части которого развиты грубообломочные брекчии с турмалиновым цементом. Северо-западные жилы восточного фланга резко отличаются от всех других тел месторождения Ключи своей выдержанностью

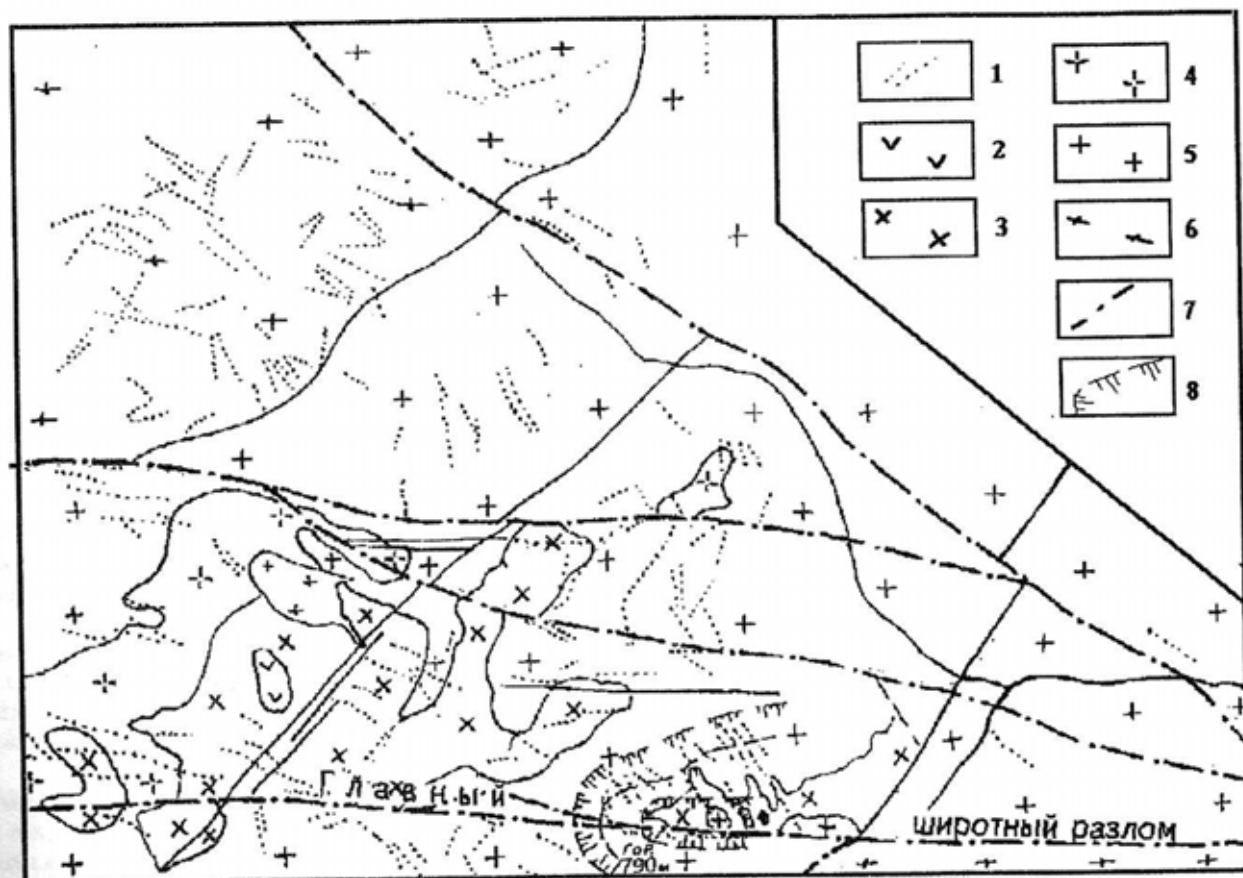


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Ключевского месторождения (по Луневу В.Г., 1972):

1 – дайки амуджиканского комплекса; 2-5 – малые интрузии амуджиканского комплекса: 2 – диоритовых порфиров, 3 – гранодиорит-порфиров; 4 – гранит-порфиров; 5 – граниты амананского комплекса; 6 – гнейсовидные граниты олекминского комплекса; 7 – тектонические нарушения; 8 – границы уступов карьера

по простирацию. Околожильные изменения развиты вокруг них слабо. Отдельные маломощные, хотя и богатые по содержанию, жилы разделены большими участками пустой породы (Бородаевская и др., 1957).

Центральная часть. Оруденение приурочено к раздуву (до 400 м) дайки гранодиорит-порфира. Центральная часть месторождения представлена широтноориентированными сложно построенными штокверками (Главное рудное тело) и состоит из линзовидных кварцево-турмалиновых тел и брекчий с кварцево-турмалиновым цементом. Отдельные тела ветвятся, характерно большое число апофиз, тела быстро выклиниваются и по простирацию обычно не превышают 15-40 м. По падению Главная широтная штокверковая зона прослежена более чем на 300 м, по простирацию на 1 км. К штокверку приключается серия жильных зон северо-западного простираения, занимающих положение оперяющих систем по отношению к широтной зоне разлома. Мощность этих зон достигает 4-10 м, максимальная длина 50-60 м, затем они разбиваются на серию мелких прожилков и на расстоянии 200-300 м полностью затухают. По падению эти зоны сочленяются с Главным рудным телом.

Западный фланг месторождения представлен системой крутопадающих рудных зон мощностью до первых метров, сближенных в пространстве, примерно в 200 м к северу от Главного широтного разлома. Характерно широкое развитие процессов серицитизации и затухание турмалинизации.

Главным структурным элементом рудного поля является Ключевско-Широкинский разлом, восточная ветвь Могоча-Бушулейского разлома (см. рис.1). Оперяющими по отношению к нему являются: Ключевско-Давендинский (восточный фланг - Главный широтный разлом, азимут простираения 270-290°), Алексеевский (270-290°), Срединный (280-310°) и Северо-Западный (290-310°).

По данным И.В.Козаченко (1986) формирование структуры данного участка земной коры произошло в условиях вращательного сдвига, в результате чего была образована сложная система трещин, обусловившая появление обширного дайкового пояса и большого числа рудных тел.

Эти разломы оказали существенную роль в размещении оруденения. В частности, Срединный разлом, вероятно, предопределил разобщенность в пространстве кварц-молибденитовой и золотокварц-пиритовой ассоциаций. Большую роль в структуре месторождения сыграли и кулисообразные нарушения северо-восточного простираения.

Характеристика рудных тел

Среди рудных образований выделяются: жилы и линзы, жильные зоны, рудные зоны, штокверковые зоны.

Отдельные жилы, резко меняющейся мощности, с раздувами в виде крупных линз, пережимами, изгибами, встречаются редко. В западной части месторождения их протяженность не превышает первых десятков

метров; мощность резко варьирует от первых сантиметров до 1 м. Контакты с вмещающими породами резкие, иногда тектонические; положение рудных тел в ряде случаев контролируется контактами даек гранодиорит-порфира. Жилы имеют кварц-турмалин-сульфидный состав и характеризуются неоднородным внутренним строением. Пример одной из таких жил приведен на рис.3.

Существенно пиритовая жила (до 80% объема рудного тела; аз.пд. 35-70, угол 60-85°) мощностью до 20 см залегает в висячем боку дайки гранодиорит-порфира на контакте ее со среднезернистыми гранитами. На контактах с жильной зоной породы сильно обохрены, особенно в лежачем боку, где породы дайки подвержены этим изменениям лимонитизации в зоне мощностью до 2 м от поверхности контакта. Здесь же наблюдаются многочисленные турмалиновые прожилки (2-5 мм), достаточно равномерно распределенные в объеме породы (через 10-20 мм), иногда сближенные в пространстве (на участках около 0,5 м). Граниты в висячем боку сильно осветлены, почти белого цвета, раздроблены, на контакте вплоть до образования глинки трения.

Строение жильной зоны рассмотрено на примере одной из них в северо-западной части месторождения (рис.4). Она также имеет достаточно резкие, отчетливые границы с вмещающими породами, особенно в верхней части, где экранируется дайкой гра-

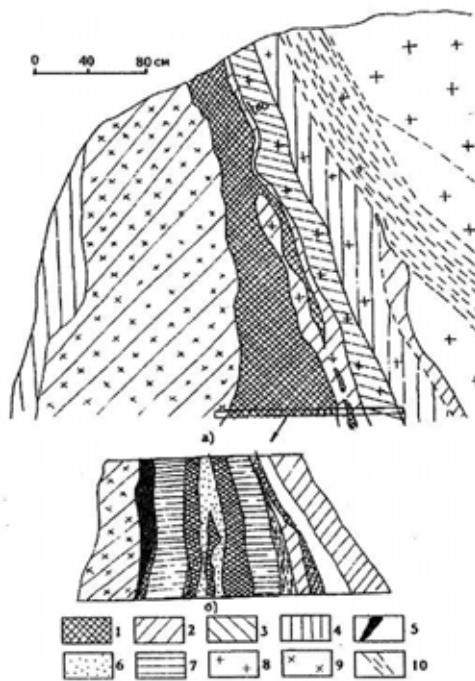


Рис. 3. Строение жилы I:

зона: 1 - монокристаллического пирита, 2 - милонитизированных пород, 3 - состоящая преимущественно из гематита и гидрогематита; 4 - лимонитизированных пород, 5 - существенно турмалиновых пород; 6 - крупнокристаллического пирита; 7 - кварц-пиритового состава; 8 - граниты, 9 - гранодиорит-порфиры; 10 - зона дробления; а - общий вид; б - деталь внутреннего строения

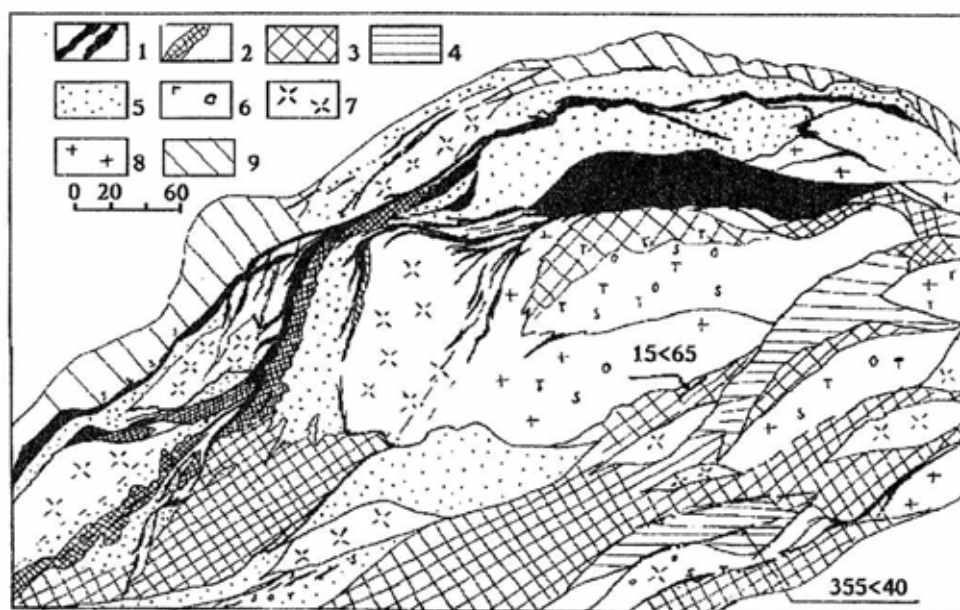


Рис. 4. Строение кварц-турмалиновой зоны:

1 - турмалиновые прожилки с небольшим количеством кварца; 2 - кварц-турмалиновые метасоматиты; 3 - сплошной "сыпучий" пирит; 4 - кварц-пиритовые полосчатые руды; 5 - окисленные руды "сухари"; 6 - плотные кварц-турмалиновые метасоматиты с сульфидами; 7 - гранодиорит-порфиры; 8 - граниты; 9 - рыхлые каолиновые породы

нодиорит-порфиры. Внутри зоны устанавливаются участки, сложенные безрудными гранитами, гранодиорит-порфирами; на отдельных участках это сочетание мелких кварц-турмалиновых прожилков с расплывчатыми границами, которые то сливаются в крупные (1-2 м) жильные, то разветвляются на ряд сближенных прожилков. Внутреннее строение ее неоднородно (см. рис.4). На контактах, а иногда и в центральных частях устанавливаются тонкозернистые существенно турмалиновые породы; в центральных частях это более раскристаллизованные кварц-турмалиновые метасоматиты с пиритом. Последний иногда слагает сплошные мелкозернистые массы, имеющие полосчатую текстуру. Названные разновидности не протягиваются непрерывно вдоль всей жильной зоны: они формируют гнезда, ленты, сменяющие друг друга по простиранию. Контакты между ними то резкие, то расплывчатые.

Подстилающие зону граниты превращены в плотные турмалин-кварц-полевошпатовые метасоматиты, с вкрапленностью (до 15%) сульфидов (с сохранением структурного рисунка гранитов), а также рассечены кварц-турмалиновыми прожилками.

Рудные зоны представляют собой трещиноватые, милонитизированные, брекчированные породы с гидротермально-метасоматическими образованиями кварц-турмалинового состава с сульфидами или просто с прожилково-вкрапленной минерализацией пирита. Первые встречаются чаще и представляют собой сочетание субпараллельных прожилков небольшой мощности (до 5 см) и протяженности. Вмещающие породы между жилками также турмалинизированы в различной степени и содержат вкрап-

ленность сульфидов либо подвержены только серицитизации и каолинизации, что встречается редко.

Весьма типичными являются изометричные тела кварц-турмалинового состава с сульфидами, имеющие трубообразную форму. Залегают они субвертикально, мощность их изменяется в пределах 10-15 м, по вертикали прослеживаются до 50 м. Об истинной их протяженности судить трудно, поскольку они наблюдались только в карьере, где верхние их части срезаются верхними уступами. Границы тел чаще всего нерезкие, наблюдается постепенный переход к вмещающим их гранитам, часто через систему мелких турмалиновых пятен, жилкообразных образований, тонких турмалиновых прожилков. Внутреннее строение их также неоднородное: тонко-, мелкозернистые кварц-турмалиновые породы слагают основной объем тел, среди которых отмечаются крупные глыбы (десятки сантиметров) гранитов. Иногда практически весь материал вмещающих пород полностью замещается тонкозернистым кварц-турмалиновым агрегатом, а остаются реликты кварца, часто ориентированно расположенные, так что создается впечатление флюидалной текстуры.

Следует отметить, что брекчии, аналогичные описанным, встречаются очень широко в пределах месторождения и они характерны не только для крупных тел, но и наблюдаются в небольших кварц-турмалиновых зонах, жилах, даже отдельных прожилках. По данным М.Б. Бородаевской (1958), крупные тела кварц-турмалинового состава приурочены к узлам пересечения разрывных нарушений, особенно в местах сочленения северо-западных нарушений с Главным широтным разломом.

Интерес представляют и достаточно хорошо

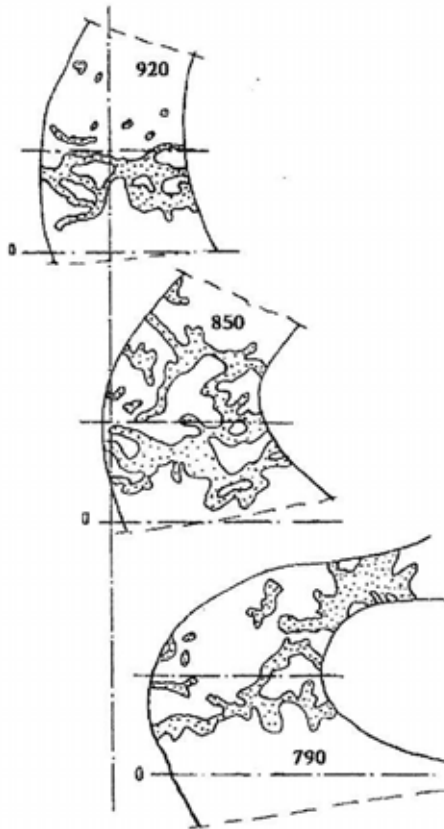


Рис. 5. Изоконцентраты золота, 1 г/т на 940, 850 и 790-м горизонтах Ключевского карьера (по результатам опробования геологической службы Амазарского ГОКа)

проявленные в западной части месторождения штокверковые кварц-сульфидные образования: прожилки (5-7 см), гнезда (10-15 см) и крупные (до 1 см) скопления сульфидов неправильной формы в гранитах, часто не сопровождаемые кварцем. Они насыщают измененные граниты к северу от основной зоны дробления и трещиноватости вблизи Главного широтного разлома, располагаясь в 150-200 м от него. Их обособления имеют овальную, неправильную формы. По составу преобладают скопления пирита, реже с халькопиритом, пересекаются галенитовыми прожилками с небольшим количеством (до 10 %) сфалерита размером около 5-7 мм, в разрывах до 10 см.

На основании изучения взаимоотношений рудных образований с сопутствующими метасоматитами выделяются следующие стадии (от ранних к поздним): 1) молибденит-кварцевая (с калишпатизацией); 2) сульфидно-кварц-турмалиновая (с калишпатизацией); 3) кварц-турмалин-сульфидная (с альбитизацией); 4) сульфидная (пиритовая, полиметаллическая); 5) карбонатная (с халцедоном).

Характерной особенностью Ключевского месторождения является широкое развитие в его пределах брекчиевых образований, наиболее ранние - с турмалиновым цементом. Поздний кальцит также цементирует обломки (размером до десятков сантиметров)

гранитов, даек различного состава, а также кварц-турмалиновых метасоматитов с сульфидами. Чаще в число обломков попадают кварц-турмалиновые брекчии, описанные выше, при этом образуется текстура "брекчия в брекчии" прекрасно выделяющаяся за счет контрастной окраски слагающих ее образований: обломки черных турмалиновых метасоматитов с включениями в них магматических пород различного состава цементируются белым кальцитом. Н.В.Петровской (1958) также описаны брекчии, в которых анкеритовые образования цементируются халцедоном. К поздним относятся также брекчии с хлорит-актинолитовым цементом.

Сульфиды в рудных телах разных типов занимают различные по объему части, количество их колеблется от первых до 80%, составляя в среднем 15-20%. Главным рудным минералом является пирит; остальные присутствуют в резко подчиненном количестве или относятся к редким. Всего в рудах исследователями установлены следующие минеральные виды: рудные - пирит, арсенопирит, халькопирит, гематит, галенит, сфалерит; мало распространены - фрейбергит, рутил, сфен, золото, энаргит, теннантит, молибденит, магнетит; редкие - ильменит, макинавит, хромит, мушкетовит, пирротин, глаукодит, петцит, айкинит, люцит, виттохинит, эмплектит, гессит, сильванит, бенджаминит, фаматинит, тетраэдрит, висмутин, самородный висмут, сульфовисмутин меди, тетрадимит, антимонит, марказит, оранжеборнит, борнит, ольгодонит, валлерит, глаукодит, калаверит, шеелит; нерудные - турмалин, кварц, карбонаты, серицит, мусковит, хлорит, полевые шпаты, флюорит, барит; минералы окисленных руд - гетит, гидрогетит, каолинит, гидрослюда, кальцит, ярозит, скородит, сульфаты железа, азурит, малахит, халькозин, бейделлит, церрусит, базобисмутин, сода, халькантит, эпсомит.

Руды Ключевского месторождения относятся к умеренно-сульфидным слабозолотоносным. Количественные соотношения сульфидов и силикатов крайне непостоянны, содержания рудных минералов колеблются от нескольких процентов (в слабозолотоносных березитах) до 80-90% в отдельных кварц-турмалин-сульфидных жилах. В среднем же оно составляет 10-15%. Исходя из полученных нами данных, наиболее богатыми являются кварц-турмалин-сульфидные жилы (см. жилы 1, 2 на рис. 3, 4), а именно их зоны, обогащенные пиритом (до 13-15 г/т), а также вмещающие их граниты с кварц-турмалин-сульфидными прожилками в ближайшем экзоконтакте (на расстоянии первых метров от жил).

Золото распределено крайне неравномерно (рис.5), что видно из результатов опробования по бермам. В рудах присутствуют также Ag, Cu, Zn; отдельные участки обогащены Co, Se, Te, Pt, Pd.

Зоны повышенной сульфидной минерализации с убогой сульфидной вкрапленностью в кварц-турмалиновых метасоматитах, приуроченные к тектоническим нарушениям, как правило, характеризуются низкими (десятые доли граммов на 1 т) концентратными золотом.

Практически все исследователи месторождения считают продуктивными 2 ассоциации: кварц-турмалиновую и сульфидно-полиметаллическую. Наиболее богатые рудные столбы формировались при их совмещении.

Кварц-турмалин-сульфидная ассоциация отличается наличием тонкого (0,1 мм) самородного золота, сосредоточенного главным образом в пирите. Последний содержит по данным Н.В. Петровской (1958) и М.М. Озеровой (1991), %: As-0,1-1,0, Cu-0,05-1,0, Co-0,01-0,1, Mo-0,001-0,02, Ti-0,01-0,1, V-до 0,005; Au-10-15 г/т; Ag-100-200 г/т. Золото каплевидное, часто при травлении выявляются зернистая структура, двойники. Наиболее богатой является сульфидно-полиметаллическая ассоциация, в которой золото более крупное (0,1-0,5 мм), образует друзы, угловатые зерна; часто имеет шагреньевую поверхность. Пирит данной стадии содержит, %: As-0,1-1,0; Cu-0,1-1,0; Co-0,1; Bi-0,001-0,02; Au-5-20 г/т; Ag-1-30 г/т. В халькопирите, встречающемся здесь в значительных количествах, установлены, %: As-0,1-0,7, Bi-0,0001-0,005, Zn-0,007-0,05, Sb-0,1-0,2, Pb-0,001-0,01; Au-10-50 г/т; Ag-20-100 г/т. Пробность золота колеблется в широких пределах: от 740 до 980; с глубиной увеличивается от 840 до 970 (Озерова, 1991). Однако, помимо самородного золота, встречаются теллуриды золота и серебра (петцит, гессит, сильванит).

Содержания серебра чаще всего находятся в прямой пропорциональной зависимости от золота. Редко отмечается самородное серебро. С переходом к глубоким горизонтам Au/Ag отношение уменьшается. Предварительные данные о платиноносности руд Ключевского месторождения свидетельствуют о наличии в них невысоких содержаний Pt и Pd (до 50 ppb).

Зона окисления

Зона окисления на месторождении достаточно хорошо выражена, но в настоящее время практически отработана ее верхняя, наиболее богатая часть (в том числе и зона вторичного сульфидного обогащения). Реликты площадной зоны окисления, а также линейные ее элементы сохранились в северо-западной части месторождения. В бортах карьера отчетливо видно, что мощность, состав и строение зоны окисления сильно варьируют на разных участках: максимально мощность ее достигала 100 м (в среднем 30-40 м). Граница ее с неизменной частью рудных тел неровная, карманообразная, неотчетливая: глубина проработки зависит как от состава исходных рудных тел, так и степени раздробленности пород. При сильной трещиноватости отдельных блоков и зон поверхностные воды достаточно глубоко проникали в рудные тела, формируя линейные участки зоны окисления. В настоящее время в карьере (на горизонте 790 м, в 200 м от поверхности) большая часть рудных тел значительно окислена. Степень окисления зависит от состава и текстурно-структурных особенностей рудных тел: наиболее устойчивыми являются сульфидно-кварц-турмалиновые тела, наи-

менее – зоны вкрапленной, прожилково-вкрапленной минерализации, приуроченные к тектоническим нарушениям. Последние отчетливо выделяются на фоне вмещающих пород за счет рыжевато-бурой окраски. В результате проработки руд первого типа образуются массивные или полосчатые бурые железняки, а второго типа – губчатые лимониты. При разложении анкерита возникают светло-желтые скопления, похожие на лимонит. Нами обнаружены такие минералы, как сода, халькантит, эпсомит и др.

Условия образования руд

Происхождение руд Ключевского рудного поля достаточно подробно рассмотрено в работах М.Б. Бородаевской, Н.В. Петровской, Н.Г. Головченко и др. на основании геологических данных, а также изучения газово-жидких включений в кварце, турмалине, кальците и сфалерите.

Образование рудных тел месторождения неразрывно связано со становлением интрузивных пород амуджиканского комплекса и происходило в несколько этапов (различные исследователи выделяют от 4 до 7). В наиболее общем виде они рассмотрены в работе Н.В. Петровской (1958).

1. Этап дотурмалиновый. Внедрение малых интрузий резкопорфировидных гранитов с сопровождающим их комплексом ранних (дорудных) даек. Сюда же относится образование кварцевых жил с молибденитом, кристаллизация которых происходила при температуре 450 °С (по результатам гомогенизации трехфазовых включений, где газ составляет 25-50%) (из газовой фазы переход в жидкое состояние при 390 °С).

2. Кварцево-турмалиновый. Приоткрытие системы мелких трещин привело к преимущественному формированию метасоматических образований (а не жильных) при использовании вещества боковых пород. Судя по широкому распространению брекчий в кварц-турмалиновых телах большое значение имели в процессе формирования газы взрывы. Собственно кварц-турмалиновые тела образовались в пневматолитовую стадию при температуре 365-290 °С, а существенно сульфидные при температуре 350-310 °С.

3. Этап сульфидной (сульфидно-кварцевой) и полиметаллической минерализации разделяется на 2 стадии. Несмотря на небольшой объем, образования этого этапа играют большую роль, поскольку с ними связаны главные количества самородного золота. Растворы проникали по системе трещин (ореолы которых несколько смещены относительно таких ранних этапов) как в кварц-турмалиновые метасоматиты, так и в мало затронутые турмалинизацией граниты. Чаще всего рудные образования этапа сложены чистыми сульфидами, иногда с небольшой примесью кварца, результаты изучения газово-жидких включений в котором свидетельствуют об образовании в гидротермальных условиях при температуре 250 °С.

4. Этап послерудный карбонатно-халцедоновый. Тектонические движения были достаточно интенсивные до и при кристаллизации самых поздних порций гидротермальных растворов (130-140 °С), поскольку очень широко распространены различные брекчии: как с кальцитовым цементом, так и эруптивные брекчии с хлоритовым цементом, являющиеся, по-видимому, пострудными, поскольку они не несут следов ни турмалинизации, ни сульфидизации.

Итак, процесс рудоотложения представляется весьма длительным, сложным и прерывистым во времени. Сопровождавшие его пульсирующие тектонические движения в связи с геолого-структурными особенностями среды здесь приводили к приоткрытию мелких трещин, что обусловило рассеяние не только ранних новообразований в породах, но и поздних, в том числе золотонесущих ассоциаций. Именно в связи с этим месторождение приобрело характер развития рассеянного и потому небогатого оруденения.

Типичен процесс внутрирудного перестроения и перекристаллизации. Несмотря на постоянное присутствие золота в молибденовых рудах и наоборот, частое обнаружение молибденита в золотых месторождениях, они образуют самостоятельные участки, разбросанные в пространстве. Н.В.Петровская допускает их формирование из параллельно развивающихся магматических камер (хотя они и связаны генетически с породами одного комплекса), причем локально они были обогащены бором, что обусловило формирование турмалиновой минерализации. Вероятно, эти участки представляют собой различно сродированные блоки, в результате чего мы наблюдаем сечения разновременных образований, может быть, единой системы.

Литература

- Бородаевская М.Б. Особенности структуры Ключевского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Тр. ЦНИГРИ. - 1958. - Вып.25, кн. 1. - С.11-31.
- Бородаевская М.Б., Петровская Н.В., Андреева М.Г., Шмидт А.И. Геология, петрография и минералогия золоторудного поля Ключи в Восточном Забайкалье и оценка его перспектив // Тр.НИГРИзолото. - 1957. - Вып.22. - С.3-14.
- Бородаевская М.Б., Шмидт А.И. Петрогенетические особенности формирования малых интрузий послевулканического возраста одного из районов Восточного Забайкалья // Тр. НИГРИзолото. - 1956. - С.103-172.
- Гаврикова С.Н., Николаев М.С., Соколов С.Ю., Смоляр М.И. Особенности мезозойского гранитного магматизма на юге Алданского щита (Могочинская провинция): Записки ВМО. - Ч.СХХI. - № 1. - С.321.
- Гаврикова С.Н. Петрология и геохимия амуджиканского комплекса гранитоидов (Восточное Забайкалье): ЗВМО. - 1983. - Вып.6. - С. 652-669.
- Гаврикова С.Н. и др. К проблеме генезиса гранитоидов активной окраины Алданского щита // Геохимия. - 1988. - № 10. - С. 1396-1407.
- Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист № (50), 51. - Сквородино. Объяснительная записка. - Л., 1990. - 110 с.
- Геология зоны БАМ. Геологическое строение. - Л.: Недра, 1988. - Т. 1. - 443 с.
- Геологическая карта СССР (новая серия). Лист № (50),51 / Заблоцкий Е.М., Старченко В.В., Шульдинер В.И. и др. - Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1987.
- Головченко И.Г. Структурно-минерализационные блоки Ключевского рудного поля // Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья. - Чита, 1966. - Вып. 2. - С. 72-76.
- Григорчук Г.Ю. Размещение гидротермальной минерализации в рудных полях блоковой структуры // Геол. и геофиз. - 1987. - № 3. - С.61-69.
- Загружина И.А. Эволюция мезозойского магматизма в Тихоокеанском обрамлении в свете радиологических данных // Геол. и геофиз. - 1980. - № 4. - С.10-17.
- Казаченко Ю.А. Выбор и обоснование рационального варианта эксплуатационного опробования на золоторудных карьерах // Разведка и охрана недр. - 1986. - № 9. - С.20-24.
- Лейфман Е.М. О структурном контроле эндогенного оруденения в Могочинском рудном районе (В.Забайкалье) // Геол. и геофиз. - 1965. - № 6.
- Литвинов В.Л., Соломин Ю.С. Зоны повышенной трещиноватости восточной части Восточного Забайкалья и их роль в распределении постмагматического оруденения // Изв.вузов. Сер. геол. и разв. - 1964. - №2. - С.83-92.
- Луцев Г.А. Структурные особенности Ключевского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Вестник Львов. ун-та. Сер.геол. - 1972. - Вып.5. - С.117-125.
- Нагибина М.С. Тектоника и магматизм Монголо-Охотского пояса. - Изд. АН СССР, 1963.
- Петровская Н.В., Андреева М.Г. Минералогические особенности Ключевского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Тр. ЦНИГРИ. - 1958. - Вып.25, кн. 1. - С.32-66.
- Ранний докембрий южной части Становой складчатой области / Гаврикова С.Н., Николаева Л.Л., Галанин А.В. и др. - М.: Недра, 1991. - 171 с.

* * *