

**В. И. Вострецов, Ю. И. Тарасова, А. Е. Будяк**  
Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск  
vvost@igc.irk.ru

### **Минералого-петрографическая характеристика месторождения золота Ыканское (Бодайбинский район)**

Добыча россыпного золота в Ленском золотоносном районе ведется с середины XIX в., а в XX в. были открыты коренные источники: в 1961 г. – крупнейшее месторождение России Сухой Лог (2.7 тыс. т Au на январь 2016 г.), и позднее ряд крупных и средних объектов – Высочайшее, Вернинское, Красное и др. Все эти месторождения расположены в центральной части Бодайбинского синклинория в зоне зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Долгое время считалось, что это является главным фактором образования месторождений, и за границей зеленосланцевой фации рудные объекты не находятся [Буряк, 1964].

Мараканский рудный узел приурочен к эпидот-амфиболитовой или амфиболитовой фации регионального метаморфизма и ранее считался районом исключительно россыпного золота [Буряк, 1964]. Во второй половине 80-х гг. XX в. в результате тематических, поисковых и поисково-оценочных работ под руководством А. И. Иванова [2007] удалось обнаружить месторождения коренного золота и обосновать модель формирования золоторудных объектов в условиях метаморфизма, превышающих фацию зеленых сланцев. Рудный узел включает в себя месторождения Ожерелье и Ыканское и ряд перспективных рудопроявлений [Иванов, 2014].

Ыканское месторождение залегает в породах аунакитской свиты (Vau). В пределах рудовмещающей антиклинали отмечаются вачская (Vvč) и анангская (Van) свиты, перекрывающие рудную зону. В структурном плане данная территория является крылом Маракано-Тунгусской синклинали со сложной системой зон рассланцевания надвиговой природы, обусловленной деформацией линейных складок гранитогнейсовыми куполами Мамской группы [Иванов, 2007].

Целью работы является петрографический и минераграфический анализ пород и установление этапов формирования месторождения и характера метаморфизма. Пробы для минералого-петрографического анализа отобраны из скважины № 19, пересекающей рудное тело месторождения, и непосредственно из рудного горизонта карьера. Петрографический анализ проводился на микроскопе Микромед-Полар 3.

Вмещающие породы месторождения представлены кварцевыми метапесчаниками и кварц-(хлорит)-мусковитовыми сланцами, которые пересекаются кварцевыми и кварц-полевошпатовыми жилами.

*Метапесчаники* характеризуются лепидогранобластовой структурой, массивной или сланцеватой текстурой. Наблюдается реликтовая градационная слоистость, породы неравномернозернистые: размер обломков от 0.5–0.7 до 0.05–0.2 мм. Обломки вытянутой по сланцеватости формы представлены кварцем (средний размер 0.1–0.4 мм, до 95 об. %), а также редкими калиевыми полевыми шпатами и плагиоклазами. Вокруг зерен кварца иногда наблюдаются каймы регенерации. Обломки интенсивно замещаются мусковитом, хлоритом и кальцитом. Цемент базальный и поровый, составляет 30–60 % от объема породы, сильно перекристаллизован и представ-

лен чешуйками мусковита (размер 0.05–0.2 мм, до 90 об. %) и изредка хлорита (0.1–0.2 мм). Содержание углеродистого вещества (УВ) достигает 2 об. %. УВ распространено неравномерно в виде прожилков.

Из аксессуарных минералов самый распространенный – турмалин, который наблюдается в виде окатанных и угловатых зональных зерен светло-коричневого цвета размером 0.05–0.3 мм. Циркон образует зерна округлой и овальной формы темно-коричневого цвета размером 0.05–0.2 мм. Новообразованный карбонат замещает обломки кварца и полевых шпатов, образуя зерна неправильной формы размером 0.05–0.4 мм. Рутил присутствует в виде включений темно-бурого цвета игольчатой и короткостолбчатой формы размером 0.01–0.3 мм в кварце, ассоциирует с рудными минералами. Непрозрачные рудные минералы образуют линзовидные вытянутые по сланцеватости скопления до 5–6 мм по длинной оси. Они обрастают по периферии зернами кварца и чешуйками хлорита, а также рутилом, содержат включения мелких зерен кварца и мусковита.

*Кварц-(хлорит)-мусковитовые сланцы* обладают лепидогранобластовой структурой, сланцеватой, плейчатой текстурой. Сложены чешуйками мусковита, резе хлорита (размером 0.05–0.2 мм) и мелкими обломками кварца (менее 0.05 мм), вытянутыми по сланцеватости. Зерна кварца замещаются по краям мусковитом. Наблюдаются гнезда с более крупным кварцем (0.2–0.3 мм), а также кварц-мусковитовые. УВ (до 5 об. %) распределено в виде просечек согласно сланцеватости. Из аксессуарных минералов распространены турмалин, циркон и флоренсит. Турмалин представлен мелкими (0.02–0.05 мм) кристаллами и зернами, флоренсит – хорошо ограненными кристаллами размером 0.05–0.3 мм. Из новообразованных распространены кристаллы железо-магнезиальных карбонатов с ромбическим сечением до 1 мм по длинной оси. Непрозрачные рудные минералы наблюдаются в виде гнезд и линз (0.2–3.5 мм), линзы расположены по сланцеватости.

*Кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы* отобраны в карьере в пределах рудной зоны. Жилы мощностью от нескольких миллиметров до десятков сантиметров несогласно рассекают вмещающие породы. Как правило, жилы крупнозернистые, массивной текстуры. Крупные зерна кварца (8–10 мм) имеют волнистое и мозаичное погасание, сильно трещиноваты, по некоторым трещинам развиваются мелкие зерна рекристаллизованного кварца (0.01–0.02 мм). Кварц содержит включения УВ, а также ксеноморфные зерна железо-магнезиальных карбонатов. Альбит образует крупные (6–8 мм) таблитчатые кристаллы с полисинтетическими двойниками, интенсивно замещается чешуйками мусковита, зернами кальцита и мелкими зернами кварца.

В рудном интервале развиты золотоносные маломощные просечки и зоны (кварц)-пирротинового состава в местах гофрированной сланцеватости. Пирротин представлен тонкозернистыми агрегатами, макроскопически видимые кристаллы отсутствуют.

Ниже рудного интервала, в зоне тонкого кварцевого и кварц-сульфидного прожилкования, появляется крупнокристаллический пирит как вкрапленный в породах, так и в составе кварцевых и кварц-пирротиновых прожилков. Кристаллы пирита достигают 0.5–1.0 см, что превышает мощность прожилков, и внедряются во вмещающие породы; они интенсивно трещиноваты, брекчированы и объединены в агрегаты. Вкрапленный пирит представлен порфиробластами с овальными включениями

пирротина и халькопирита, а также реликтами вмещающей породы, пластинками мусковита.

Пирротин встречается в виде прожилковидных выделений и агрегатов. Отмечается приуроченность сульфидизации к плоскостям рассланцевания. Наблюдается интенсивное замещение пирротина магнетитом. По периферии в виде каемок и по трещинам развиваются ажурные агрегаты магнетита и титаномагнетита. Кроме магнетита по трещинам развиваются нерудные минералы.

В аншлифах установлены колломорфно-зональные агрегаты марказита, развивающиеся по пирротину. Арсенопирит визуально выявляется только в пределах золоторудной зоны, где образует вкрапленность крупных (до 5–8 мм) кристаллов, ориентированных по сланцеватости. Пластинки мусковита «утыкаются» в порфиробласты арсенопирита, что свидетельствует о его наложенном характере. Халькопирит установлен в ассоциации с пирротинном. Чаще всего халькопирит в пирротине отмечается в виде изометричных, угловатых выделений. Значительно реже халькопирит отмечается в виде округлых включений в пирите.

Магнетит встречается в виде 1) ажурных кайм или изометричных выделений, развивающихся по пирротину, изредка в ассоциации с титаномагнетитом и 2) самостоятельных ажурных или массивных выделений во вмещающих породах.

Золото образует включения размером около 7 мкм в мелких вытянутых выделениях пирротина. Форма золотинок компактная, округлая, комковатая, цвет ярко-желтый, рельеф поверхности неровный шероховатый, поверхность чистая.

Таким образом, рудная зона Ыканского месторождения залегает в кварцевых метапесчаниках и кварц-(хлорит)-мусковитовых сланцах аунакитской свиты. В породах проявлена мусковитизация, хлоритизация и окварцевание. С гидротермальными процессами связаны секущие кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы. Минеральная ассоциация и структурно-текстурные особенности свидетельствуют о метаморфизме в условиях кварц-альбит-мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. По данным А. И. Иванова [2007] на месторождении найдены высокотемпературные гранат и биотит, не установленные нами. С внедрением гранитов Мамского комплекса в изученном районе связана более поздняя стадия ретроградного метаморфизма, сопровождавшегося хлоритизацией и мусковитизацией пород [Иванов, 2007], которые наблюдаются в шлифах. Рудная минерализация представлена, в основном, пирротинном, который, возможно, образовался при замещении более раннего идиоморфного пирита в процессе метаморфизма по формуле  $4\text{FeS}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{FeS} + 4\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$  [Tomkins, 2010]. В эту же стадию образовались халькопирит, арсенопирит и самородное золото. Более поздние изменения привели к образованию магнетита и марказита, замещающих пирротин.

## Литература

Буряк В. А. О влиянии процессов регионального метаморфизма на развитие золото-сульфидной минерализации в центральной части Ленского золотоносного района // Физико-химические условия магматизма и метасоматоза. Мат. трет. Всесоюз. петрограф. сов. М.: Наука, 1964. С. 184–191.

*Иванов А. И.* Месторождение «Ыканское» – новый тип коренных месторождений золота сульфидного типа в Бодайбинском рудном районе // Известия Сибирского отделения. Секции наук о Земле РАН. 2007. № 1. С. 34–44.

*Иванов А. И.* Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014. 215 с.

*Tomkins A. G.* Windows of metamorphic sulfur liberation in the crust: implications for gold deposit genesis // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2010. Vol. 79. P. 3246–3259.

**С. Ю. Степанов, А. В. Козлов**

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург*

*Stepanov-1@yandex.ru*

**Структурно-вещественные закономерности проявления  
хромит-платинового оруденения  
в клинопироксенит-дунитовых массивах Среднего Урала**

Фактические материалы для исследований собраны в период полевых работ с 2012 по 2017 гг. на дунит-клинопироксенитовых массивах Среднего Урала. В ходе полевых работ детально задокументированы известные ранее [Кашин и др., 1956; Иванов, 1997; Толстых и др., 2011] хромит-платиновые рудные тела Нижнетагильского и Каменушенского массивов. Выявлены и детально исследованы хромит-платиновые зоны в дунитах Светлоборского и Вересовоборского массивов [Степанов, 2014]. Проведена детальная геологическая съемка участков дунитовых тел с хромитовыми сегрегациями. Для штучных проб изготовлены петрографические шлифы и аншлифы. Ряд проб проанализирован методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, а также пробирным анализом на содержание элементов-примесей и, прежде всего, благородных металлов. Пробы большинства крупных хромитовых сегрегаций средним весом 27.5 кг раздроблены и гравитационно обогащены для извлечения минералов платиновой группы (МПГ). Породообразующие минералы и МПГ исследованы методом растровой электронной микроскопии, а их состав определен на рентгеноспектральных микроанализаторах с волновыми детекторами.

Проблема генезиса платиновой минерализации обозначилась уже на первых этапах изучения клинопироксенит-дунитовых массивов Урала. Ранние исследования, проводившиеся параллельно с разработкой коренных месторождений, базировались на представительном каменном материале. Более поздние исследования, проводимые после завершения разработки этих месторождений, были в меньшей степени обеспечены образцами платиноносных пород, но создали обширную базу аналитических материалов, что однако не привело к созданию обоснованной генетической концепции. За последние пять лет выявлены ранее неизвестные хромит-платиновые зоны в дунитах Светлоборского и Вересовоборского массивов. Их изучение позволило установить ключевые структурно-вещественные закономерности проявления хромит-платинового оруденения. Таким образом, основываясь на совокупности результатов предыдущих исследований и новых данных, предлагается геолого-генетическая