

Р.Г. НЕУСТРОЕВ

## УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ СТОЛБОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАДРАН (ЯКУТИЯ)

Рассмотрены условия локализации золотого оруденения месторождения Бадран. Выявлены локальные валообразные понижения подошвы рудовмещающей зоны Надвиговая, связанные с поздними левосторонними сдвиговыми деформациями. Установлены увеличение мощности минерализованной зоны дробления в пределах локальных отрицательных структур и приуроченность к ним морфологических и концентрированных рудных столбов, представленных массивными кварцевыми жилами мощностью более 1 м и характеризующимся резким увеличением содержания золота.

Золоторудное месторождение Бадран расположено на левом берегу Индигирки, в 134 км к западу от пос. Усть-Нера (рис. 1). В изучении месторождения принимали участие М.Р. Ахъяев, Р.Г. Неустроев, Н.В. Старыгин, Е.Ф. Тарасенко, И.А. Тимофеев. Минералого-геохимические исследования выполнены В.А. Амузинским, Г.С. Анисимовой, а специальные структурные — проведены С.П. Летуновым, А.А. Матвейчуком, А.В. Татариновым, В.Ю. Фридовским.

Месторождение Бадран — наиболее крупное из отработываемых рудных объектов в Верхне-Индигирском районе. Золотое оруденение малосульфидной золотокварцевой формации связано с кварцевыми жилами, прожилками, будинами и тектонитами, приуроченными к минерализованной зоне дробления. Максимальные концентрации золота отмечены в массивных кварцевых жилах. Жильные тела сложены в основном кварцем, кальцитом и доломитом. Среди рудных минералов преобладают пирит, гётит, арсенопирит, галенит, сфалерит, тетраэдрит, в виде примесей присутствуют халькопирит, антимонит, бурнотит, самородное золото. Количество рудных минералов редко превышает 1%. Золото комковатое и интерстициальное с пробностью от 689 до 1000 [1].

Месторождение расположено на северо-восточном фланге Верхоянского складчато-надвигового пояса в Верхне-Колымской орогенной области. Мощность карнийско-норийских терригенных толщ более 3800 м. Верхне- и средненорийские отложения распространены в северо-восточной части месторождения. Ранее их относили к карнийско-ниженорийским. Вещественный состав толщ однообразен — преимущественно песчаники и алевролиты (включая переходные разности между ними). Развита метаморфизм низких ступеней. Изменениям подвергалась глинистая составляющая первичного цемента в песчаниках и алевро-

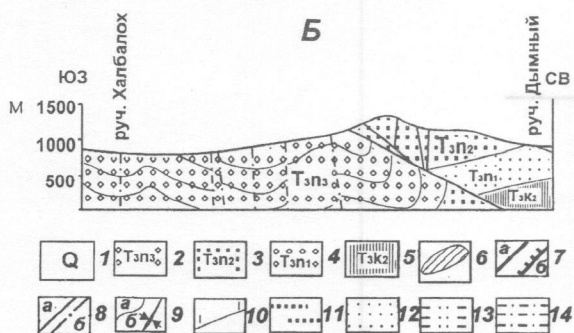
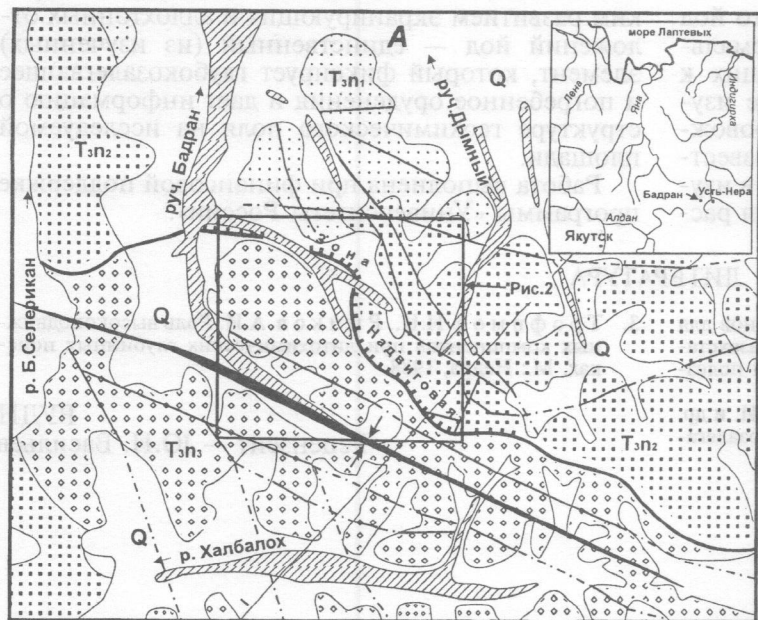


Рис. 1. Схема геологического строения (А) и разрез (Б) месторождения Бадран (по материалам Верхне-Индигирской ГРЭ с изменениями): 1—5 — отложения: 1 — четвертичные — пролювиальные, коллювиальные, аллювиальные, 2 — верхненорийские — песчаники, алевролиты, линзы конгломератов, прослои ракушняков, 3 — средненорийские — песчаники, алевролиты, линзы конгломератов, 4 — нижненорийские — песчанистые алевролиты, песчаники, прослои ракушняков; 5 — верхнекарнийские — алевролиты, песчанистые алевролиты; 6 — аллювиальные россыпи; 7 — разрывные нарушения: а — Бадран-Эгеляхский взбросо-сдвиг, б — зона Надвиговая; 8 — прочие разрывные нарушения: а — установленные, б — предполагаемые; 9: а — слоистость, б — ось Мугурдахской синклинали; 10 — линия геологического разреза; 11 — конгломераты; 12 — песчаники; 13 — песчанистые алевролиты; 14 — алевролиты. Свиты: Т<sub>3tr</sub> — турахская, Т<sub>3sg</sub> — сюрямпинская, Т<sub>3bt</sub> — бытахская, Т<sub>3cg</sub> — черняйская, Т<sub>3bl</sub> — былыннинская

литах. Главными индекс-минералами метаморфического парагенезиса являются серицит, хлорит, биотит, карбонат, что отвечает зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. По метаморфическим парагенезисам минералов выделены две субфации (зоны): карбонат-серицит-хлоритовая и серицит-хлоритовая. Вдоль разрывных нарушений развиты процессы динамометаморфизма различной интенсивности. Магматические образования установлены в 30 км юго-восточнее месторождения.

Складчатые структуры представлены Мугурдахской синклиналью, разделяющей сундучные Селериканскую и Талалахскую антиклинали, и имеют выдержанное северо-западное простирание ( $300-330^\circ$ ) и значительную протяженность (120—200 км). В северной части района проявлено юго-западное крыло Талалахской антиклинали, которая деформирована и надвинута на Мугурдахскую синклиналь. Здесь наблюдается осложняющая складчатость, представленная складками брахиформного типа, ориентированными в субширотном и северо-западном направлениях. Такие складки характеризуются асимметричным строением (падение крыльев  $15-70^\circ$ ) и протяженностью до 2 км при ширине 400—800 м. Формирование подобных структур тесно связано со становлением Бадран-Эгеляхского взбросо-сдвига, который разделяет Талалахскую антиклиналь и Мугурдахскую синклиналь.

Последняя расположена в автохтоне Мугурдах-Селериканской зоны разрывов и обладает асимметричным строением с более крутым ( $30-45^\circ$ ) с элементами опрокидывания северо-восточным крылом и пологим ( $20-25^\circ$ ) юго-западным. Структура характеризуется значительной дислоцированностью, нарушена многочисленными разрывными нарушениями. Осевая часть синклинали осложнена протяженной Мугурдах-Селериканской зоной сближенных разрывов. К юго-западу расположено северо-восточное крыло Селериканской антиклинали, сложенное норийскими и карнийскими отложениями.

Формирование основных деформационных структур, проявления магматизма и золотого оруденения в районе обусловлены коллизией Колымо-Омолонского супертеррейна с восточной окраиной Северо-Азиатского кратона в поздней юре—мелу [9]. В начале (поздняя юра — ранний неоком) Колымо-Омолонский супертеррейн перемещался в юго-западном направлении, поэтому коллизия носила фронтальный характер. В позднем неокоме направление движения супертеррейна изменилось на западное. В этой связи по разломам северо-западного простирания отмечаются ранние надвиговые деформации и наложенные на них поздние сдвиги [9].

Месторождение расположено в пределах Адыча-Нерской металлогенической зоны на границе Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омолонского супертеррейна. На юго-западе зона контролируется Адыча-Тарынским и Мугурдах-Селериканским разломами, а на северо-востоке — Яно-Индибирским [3]. Месторождение Бадран приурочено к Бадран-Эгеляхскому взбросо-сдвигу Мугурдах-Селериканской зоны разрывов, ко-

торая представляет внешнюю, юго-западную, часть Адыча-Тарынской транспрессионной при-сдвиговой структуры [8]. Вдоль Мугурдах-Селериканской зоны отмечены левосторонние сдвиговые перемещения, связанные с движением Колымо-Омолонского супертеррейна на запад в позднем неокоме.

Общая протяженность Бадран-Эгеляхского взбросо-сдвига составляет более 20 км, угол падения сместителя колеблется от  $10$  до  $45^\circ$ . Типично кулисообразное строение Бадран-Эгеляхского взбросо-сдвига. Мощность зоны изменяется от 0,6 до 16,0 м. Контакты четкие, хорошо проработанные, сопровождаются тектонической глиной трения. Морфология зоны изменяется по падению и простиранию. Амплитуда перемещения составляет 600—1300 м.

### Строение Надвиговой зоны

Оруденелая часть Бадран-Эгеляхского взбросо-сдвига — минерализованная зона Надвиговая — непрерывно прослежена поверхностными горными выработками на протяжении 5,6 км, подземными горными выработками до глубины 360 м, скважинами до 1200 м. Зона имеет сегментное строение и выполнена интенсивно передробленными, милонитизированными, рассланцованными и будинированными песчаниками и алевролитами и их переходными разновидностями, черными линзовидно-полосчатыми милонитами, кварцевыми жилами и прожилками. От всячего контакта к лежащему выделяются следующие участки: трещиноватых пород всячего крыла с единичными маломощными кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками; интенсивно рассланцованных милонитизированных пород с кварцевыми прожилками и маломощными (0,2—0,3 м) редкими кварцевыми жилами (обычное содержание кварца 10—15%), линзами и будинами слабо динамометаморфизованных песчаников; интенсивного (30—50%) прожилкового окварцевания; окварцованных пород с петельчатой-сетчатой текстурой, постепенно переходящих в кварцевую жилу с полосчатой и брекчиевой текстурами; диспергированных милонитов с полосчатой и плейчатой текстурами с кварцем (10—40%) в виде линз, линзовидных и седловидных гнезд, будин, маломощных прожилков по плейчатости; обычно кварц интенсивно деформирован (до кварцевой «сыпучки»); золотоносной жилы массивного и (или) полосчатого кварца с неоднородной структурой и ксенолитами вмещающих пород; милонитов плейчатого строения с включениями кварцевой «сыпучки» и редкими прожилками массивного кварца; рассланцованных пород лежащего крыла зоны с вкрапленниками пирита; слабодисланцованных трещиноватых пород лежащего крыла. Мощность Надвиговой зоны изменяется от 0,4 до 16,0 м. Наиболее продуктивные рудные тела приурочены к ее раздувам.

По результатам изучения палеотектонических полей напряжений и характера смещения по разрывным нарушениям В.Ю. Фридовским [9] выявлено закономерное изменение типов полей на-

пряжений и парагенезисов трещинных структур в различных частях минерализованной зоны. Для центрального участка зоны установлены надвиговые перемещения, которые в дистальных направлениях сменяются преимущественно левосторонними с незначительной взбросовой компонентой смещениями. Названная зона приурочена к дуплексам сжатия левых сдвигов, связанных со вторым этапом коллизии Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омолонского супертеррейна [9].

### Особенности локализации рудных столбов

Распределение золотого оруденения столбообразное. По определению Ю.В.Лиры и А.В.Козлова [5], рудные столбы — участки рудных тел, отличающиеся резким увеличением линейных или площадных продуктивностей. Рудные столбы характеризуются существенным увеличением мощности рудного тела при постоянной концентрации полезного компонента в руде (морфологический тип рудных столбов) или значительным увеличением содержания ценного компонента в руде при выдержанной мощности рудного тела (концентрационный тип рудных столбов). Рудные столбы классифицируются по приуроченности к линии пересечения двух структурных поверхностей, в качестве которых обычно выступают трещины и контакты пород [5].

Столбообразное распределение полезных компонентов в обогащенных участках на месторождениях Восточной Якутии изучено на примере оловорудных, сурьмяных и ртутных объектов [2]. На оловорудных месторождениях обогащенные столбы приурочены к зонам причленения основных жильных тел к апофизам, дайкам, а также участкам изменения простирания и падения рудных тел (Депутатское). Участки с максимальными мощностью и количеством полезного компонента связаны с пачками переслаивания песчаников и алевролитов, а пережимы — с пачками глинистых сланцев (Бургочанское, Сарылахское и др.). На месторождениях ртути рудные столбы приурочены к местам пересечения и сопряжения рудолокализирующих трещин (Холболохское) или к участкам пересечения такими трещинами контактов песчаников и алевролитов [2].

Центральной части зоны (между разведочными профилями 180—440) присущи пологое залегание сместителя, неровный рельеф подошвы, вызванный осложнением малоамплитудными прогибами и поднятиями, которые выделяются по рисунку изогипс (рис. 2). План изогипс по-

строен с помощью программы SURFER Access System Version 4.06. Оси всех осложняющих структур направлены по падению зоны Надвиговая. Наблюдаются локальные изменения элементов залегания минерализованной зоны: азимут падения в центральной части зоны «Надвиговая» от 65 до 355°, углы падения от 10 до 32°. Локальные осложняющие структуры подошвы надвиговой зоны связаны с левосторонними сдвиговыми деформациями.

Отмечено благоприятное влияние локальных отрицательных структур на размещение золотого оруденения. К ним приурочены участки наибольшей мощности данной зоны (5—16 м) с массивными кварцевыми жилами мощностью более 1 м и максимальной концентрацией золота. Данные участки выделяются резким увеличением мощности кварцевой жилы, значительным ростом содержания золота и характеризуются совокупностью признаков морфологического и концентрационного типов рудных столбов. Такие участки вытянуты по падению зоны и располагаются через 950—1050 м по ее простиранию. По мнению А.В.Коккина [4], благоприятные условия для локализации рудных столбов коррелируют с наличием в подошве зоны межслоевых срывов черных углито-глинистых алевролитов, насыщенных марказитом, а в кровле — насыщенных марказитом песчаников и турбидитов. Интенсивность золотого оруденения в пределах рудных столбов на 1—2 порядка выше, чем в контурах рядовых руд. А.Л.Попов [6] отметил приуроченность к рудным столбам ореолов различных морфологических типов пирита, арсенопирита, блеклых руд, сульфосолей, халькопирита, сфалерита и антимонита.

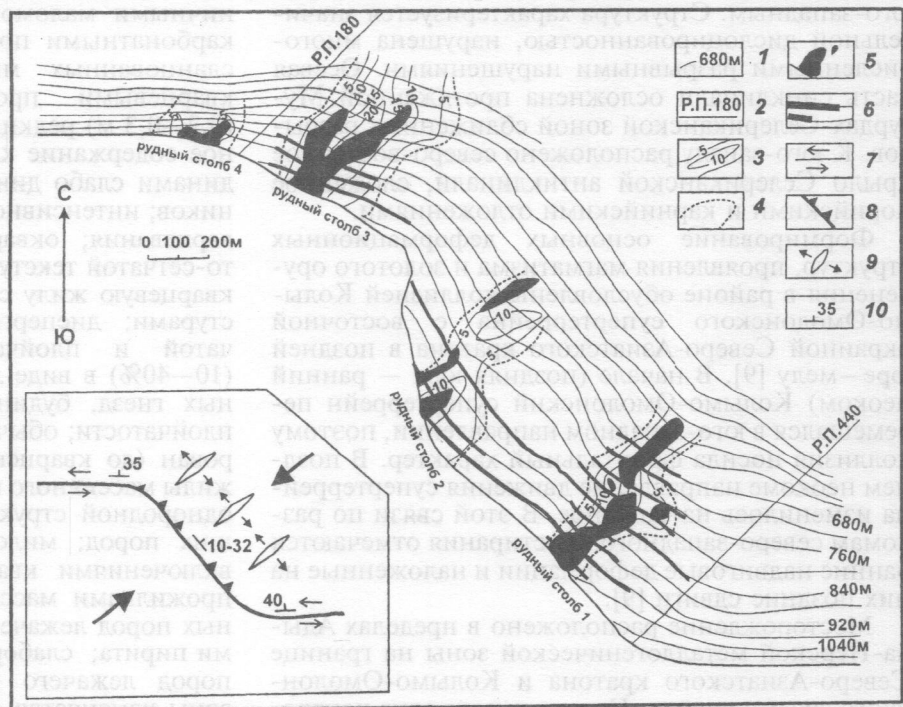


Рис. 2. Строение подошвы зоны Надвиговая (на врезке — кинематическая схема формирования рудных столбов): 1 — изогипсы подошвы; 2 — разведочный профиль и его номер; 3 — изоамплитуды локальных отрицательных структур относительно генерализованного положения подошвы; 4 — контуры локальных отрицательных структур подошвы; 5 — контуры кварцевых жил мощностью более 1,0 м; 6 — подземные горные выработки; 7 — сдвиги; 8 — надвиги; 9 — структуры растяжения; 10 — углы падения

В зоне Надвиговая выделены и с различной детальностью изучены четыре рудных столба (рис. 2). Наиболее обогащен золотом рудный столб 1. Обогащенные участки приурочены к приосевой части рудного столба, отличающейся повышенной мощностью кварцевых жил. В поперечном разрезе рудного тела содержание золота в кварцевых рудах выше, чем в оруденелых тектонитах на 1—2 порядка, пустые прослойки отсутствуют. Положение рудного столба 2 контролируется участком повышенной мощности. Столб представлен оруденелыми окварцованными милонитами и милонитизированными породами, которые вмещают кварцевые жилы различных размеров. Рудный столб 3 фиксируется хорошо выраженным корытообразным понижением осевой плоскости зоны Надвиговая. В пределах структуры повышена мощность зоны и широко развиты непротяженные мощные кварцевые жилы, с которыми связано в основном золотое оруденение. Жилы сопровождаются слабо оруденелыми окварцованными милонитами и милонитизированными породами. Наличие рудного столба 4 прогнозируется по вскрытой в долине руч. Безводный кварцевой жиле. Мощность минерализованной зоны 6,0—7,0 м.

Участки между рудными столбами сложены безрудными тектонитами и убогими рудами с ря-

довым содержанием золота — милонитами, милонитизированными и рассланцованными осадочными породами, несущими прожилковое окварцевание и иногда маломощные кварцевые жилы.

### Заключение

Подошва рудовмещающей зоны Надвиговая характеризуется локальными валообразными понижениями, связанными с поздними левосторонними сдвиговыми деформациями. Локальные отрицательные структуры контролируют увеличение мощности минерализованной зоны дробления до 16 м. На таких участках образуются морфологические и концентрационные рудные столбы, характеризующиеся резким увеличением мощности кварцевой жилы и значительным увеличением содержания золота. Интенсивность золотого оруденения в пределах рудных столбов на 1—2 порядка выше, чем в контурах рядовых руд. Рудные столбы вытянуты по падению зоны и расположены через 950—1050 м по простиранию зоны. В зоне выделены и изучены четыре рудных столба, из которых наиболее крупным является рудный столб 1. Рудные столбы месторождения Бадран приурочены к участкам кулисного приоткрытия в результате левосдвиговых движений вдоль Бадран-Эгеляжского взбросо-сдвига.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Г. С. Минералогические критерии локального прогнозирования золотого оруденения на основе топоминералогического картирования Бадранского рудного поля // Минералого-генетические аспекты магматизма и оруденения Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1993.
2. Атлас структур рудных полей Якутии / В.И. Шур. М.: Недра, 1985.
3. Гамянин Г.Н., Суплецов В.М., Фридовский В.Ю. Адыча-Нерская металлогеническая зона: гидротермальные и метаморфогенные золотокварцевые жильные месторождения // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Отв. ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: Наука/Интерпериодика, 2001.
4. Кокан А.В. Структурно-морфологические, минералого-геохимические и литолого-фациальные особенности локализации золотого оруденения в Верхнеиндигирском золотоносном районе // Вест. Госкомгеологии. 2002. № 1.
5. Лир Ю.В., Козлов А.В. Структуры рудных полей и месторождений. СПб.: Изд-во СПГИ, 1993.
6. Парфенов Л.М. Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // Тихоокеанская геология. 1995. Т 14. № 6.
7. Попов А.Л. Зональность золоторудного месторождения Бадран (Восточная Якутия) // Колыма. 1994. № 3.
8. Фридовский В.Ю. Коллизионная металлогения золота Верхояно-Колымской орогенной области. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1999.
9. Фридовский В.Ю. Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран (северо-восток Якутии) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1999. № 3.
10. Фридовский В.Ю. Тектонофизические условия и механизмы формирования структур золоторудных месторождений Верхояно-Колымской орогенной области // Геология и тектоника платформ и орогенных областей северо-востока Азии (мат. совещ.). Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1999.

Государственный комитет Республики Саха (Якутия) по геологии и недропользованию