

Ю.А.Полтавец, Г.С.Нечкин, З.И.Полтавец

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАЛА

Урал - одна из немногих в мире железорудных провинций, известных своими крупными и уникальными по запасам руд скарново-магнетитовыми и медно-скарновыми месторождениями. Практически все эти месторождения содержат золото как в виде сопутствующего элемента-примеси в рудных минералах, так и в виде самородной минеральной фазы.

Попытки выявить реальную золотоносность скарново-магнетитовых и медно-скарновых месторождений на уровне разведки начали предприниматься около двадцати лет назад, и ограничиваются они, в основном, исследованиями Н.Н.Кускова (Третье Северное месторождение), А.И.Пельдякова (северная часть Гороблагодатского месторождения) и В.В.Дубровина (Южно-Лебяжинское). В

последние годы поведение золота, особенно в отношении его минеральных форм, на ряде скарново-магнетитовых и медно-скарновых месторождений Ауэрбахо-Турьинского и Высокогорского рудных полей изучали В.В.Мурзин и В.Н.Сазонов [3,4].

Однако, систематического изучения золотоносности месторождений скарновой формации, выявления места и времени золотой минерализации, а также масштабов ее проявления не проводилось.

При рассмотрении в целом геодинамической позиции скарновых месторождений железа и меди на Урале следует отметить, что все они размещаются над зонами субдукции и генетически (или парагенетически) связаны с вулканоплутоническими комплексами известково-щелочного ряда, становление которых происходило на различных стадиях развития островных дуг и континентальных окраин [6].

Наиболее изучены в отношении золотоносности месторождения Северного Урала, менее - Среднего и Южного. Рассмотрим количественную сторону золотоносности Покровского, Третьего Северного, Северо-Гороблагодатского и некоторых других скарново-магнетитовых месторождений.

Покровское месторождение приурочено к Покровско-Высотинской вулканоплутонической структуре в одноименном рудном районе. На площади района преимущественным развитием пользуются осадочно-вулканогенные образования рудовмещающих базальт-андезит-риолитовой ($S_1^{13} - v_2$) и андезито-базальтовой ($S_1 v_2 - Id$) формаций, ассоциирующие с интрузивными породами габбро-диорит-гранодиоритовой формации (Покровско-Высотинский массив гранитоидов повышенной щелочности). Наиболее крупные сульфидно-магнетитовые рудные тела скарнового состава имеют как стратиформный, так и секущий характер и приурочены преимущественно к осадочно-вулканогенным образованиям первой формации. С породами второй, более молодой, протягивающейся восточнее в виде узкой полосы (1-3 км.), связаны лишь мелкие рудные тела и рудопроявления. Видимое (или свободное) золото в магнетитовой руде, содержащей большое количество сульфидов (15-20%), на месторождении впервые было обнаружено М.А.Карасиком [2]. Свободное золото здесь связано с халькопиритом, в котором помимо золота наблюдались также включения линнеита, сфалерита и роговой обманки. Появление свободного золота М.А.Карасик связывал с метаморфизмом

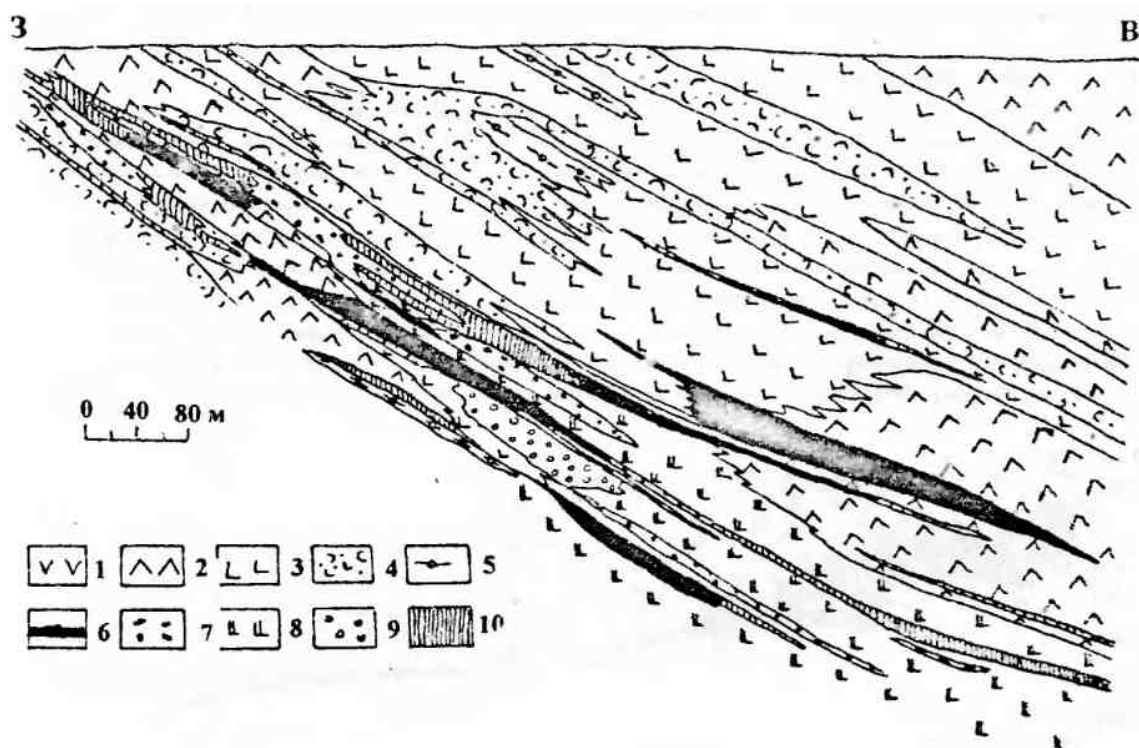


Рис.1. Схематизированный геологический разрез шестой залежи на Третьем Северном месторождении (по П.С.Прямонову).

1 - порфиры андезитовые и их туфы; 2 - то же андезито-базальтовые; 3 - то же базальтовые; 4 - туфоконгломераты смешанного состава; 5 - осветленные (сильно альбитизированные) породы; 6 - руда сплошная магнетитовая; 7 - руда магнетитовая вкрапленная; 8 - базальтоиды нерасчлененные; 9 - скарны; 10 - бедные скарново-магнетитовые руды

руд.

Позднее видимое золото отмечалось неоднократно Н.А.Ярош [7] на Третьем Северном месторождении, расположенном приблизительно в 30 км к северу от Покровского месторождения в пределах Помурского тектонического блока. Золото здесь наблюдается, по данным [7] в виде мелких включений округлой или неправильной формы среди магнетита и халькопирита (третья залежь в южной части месторождения). Третье Северное месторождение находится в пределах одноименного рудного района (5,9 x 44 км) Помурского тектонического блока. Оно представлено двумя группами скарново-рудных залежей, вытянутых с севера на юг вдоль контакта дисритовой интрузии, в виде пласто- и линзообразных тел мощностью несколько метров (до 15) и протяженностью приблизительно от 100 до 500 м. Рудные залежи северной группы (1, 4, 5 и 2) образовались в результате замещения линзовидных преслоев известняков, сложены богатыми, в основном массивными магнетитовыми рудами (с содержанием железа 20-55%, меди - до 0,8 и серы - до 1%) и сопровождаются пироксен-гранатовыми и гранатовыми скарнами и продуктами их гистерогенного разложения. Оруденение южной группы (залежи 6, 10, 3 и 7) представлено в основном в виде пластовых зон вкрапленных магнетитовых, в меньшей мере пирротиновых руд, среди нескарновых метасоматитов, представленных нередко пироксен-плагноклазовыми и пироксен-скаполитовыми породами и продуктами их гистерогенного разложения. Н.А.Ярош подчеркивала, что минералогия руд южной части месторождения отличается значительным своеобразием: повышенным содержанием сульфидов, наличием большого количества пирротина, присутствием ильменита и ряда редких сульфидов.

Наиболее золотоносна шестая залежь (рис.1), где сосредоточено около 60% общих запасов руд. Главная ее особенность заключается в значительном насыщении медью; халькопирит здесь образует нередко участки почти мономинерального состава. Например, по скв. 135 интервал 341,5-344,7 представлен в основном халькопиритом и содержит 21,78% меди, золота - 4,8-6,7 г/т и серебра - 32,3-37,5 г/т. (Для сравнения сообщим, что в халькопирите Тарньерского медно-цинкового колчеданного месторождения меди содержится около 26,1%, золота - 6,83 г/т, серебра - 132,6 г/т). Обычно халькопирит наблюдается в виде ксеноморфных выделений размером от 0,01 до 4 мм между зернами сульфидов железа и нерудными минералами, реже образует в них тонкие прожилки и включения. Халькопирит чаще обогащает фланги магнетитовых тел, иногда под такими медными-магнетитовыми рудами обособляются собственно медные (без магнетита) руды. Предполагается, что медистые фации железных руд - это и есть основные носители золота. В целом на месторождении золото распространено очень неравномерно, основная масса проб показывает его содержание от нуля до следов (при пороге чувствительности пробирного анализа в десятые доли процента), и лишь 1% всех проб (из 687 рядовых проб) дает содержание золота в породах более 2 г/т, отмечаются единичные пробы (скв. 720, инт. 281,6 - 282,3 м) из околорудных хлорит-амфиболовых метасоматитов с густой вкрапленностью и гнездами арсенопирита, где содержание золота достигает 7,4 г/т и серебра, 10,4 г/т.

Гороблагодатское скарново-магнетитовое месторождение, расположенное в южной части Покровско-Гороблагодатской рудной зоны, - один из немногих рудных объектов на Среднем Урале, где в конце 1980-х гг. под руководством А.И.Пельдякова проводились работы по промышленной оценке погруженной части месторождения и его золотоносности. Было установлено, что скарново-магнетитовое оруденение продолжается к северу от контакта Кушвинской диорит-сиенитовой интрузии на 5 км. Рудные тела, приуроченные к падающей на восток гороблагодатской толще верхнего

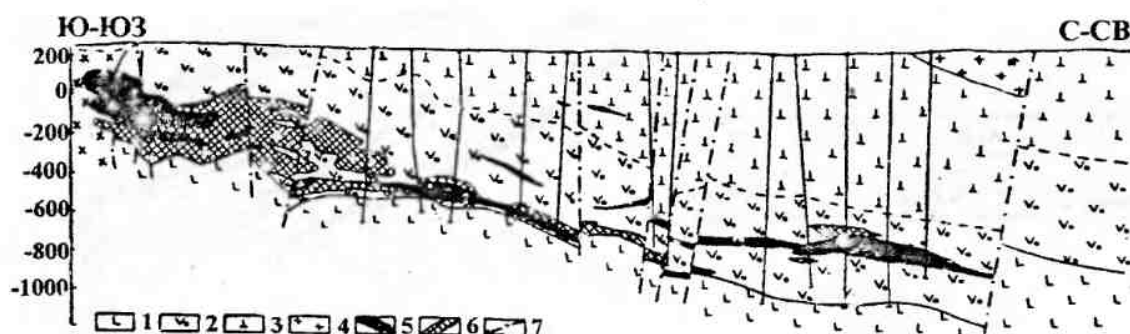


Рис.2. Продольный геологический разрез Гороблагодатского и Северогороблагодатского (рудные тела 18 и 17) месторождений (по материалам ПГО «Уралгеология» с упрощениями).

1 - эффузивы подстилающей (мысовской) толщи; 2 - вулканогенно-осадочные образования рудовещающей (гороблагодатской) толщи; 3 - эффузивы туринской толщи; 4 - диорит-сиенитовый комплекс; 5 - магнетитовые руды; 6 - известковые скарны; 7 - разрывные нарушения

силура, также погружаются к востоку на глубину до 1300 м, не обнаруживая при этом признаков выклинивания. Здесь оруденение представлено в виде двух скарново-рудных залежей сложной морфологии (рудные тела 18 и 17), субсогласно залегающих с вмещающими породами. Первая из них залегает в нижней части гороблагодатской толщи, вторая - в верхней части толщи и севернее. По составу руды в этих залежах магнетитовые и сульфидно-магнетитовые с незамещенными участками экзо- и эндоскарнов; околорудно-измененные породы представлены преимущественно альбитизированными и скаполитизированными в разной степени породами, вплоть до метасоматитов соответствующего состава, подчиненных в целом общей стратификации вмещающих пород. Рудное тело 18, имеющее по простиранию около 1000 м и падению до 600 м при средней мощности 10 м, в северо-восточной части своей характеризуется раздувом до 27 м, который, по нашему мнению, являлся стволочной зоной циркуляции рудообразующих растворов северо-западного направления, так как вблизи него резко возрастает интенсивность гидротермально-метасоматических изменений рудовмещающих вулканогенно-осадочных образований. Такие же, но более мощные раздувы, до 70-80 м, имеет и другое крупное тело 17, прослеженное по простиранию на 1800 м и на глубину до 1000 м при средней мощности около 20 м. Рудное тело представлено здесь преимущественно сплошными магнетитовыми и сульфидно-магнетитовыми рудами в гранатовых скарнах, над которыми располагаются интенсивно скаполитизированные и альбитизированные (осветленные) вплоть до метасоматитов породы рудовмещающего комплекса. По мере удаления от центральной части рудного тела массивные (сплошные) руды сменяются вкрапленным типом оруденения (рис.2).

Наиболее золотоносными, по данным геолого-разведочных работ и технологического опробования, здесь оказались богатые магнетитовые руды, особенно из приподовенных частей рудных тел. Самый богатый золотом минерал в скарновых рудах - халькопирит (2,62-5,96 г/т), менее золотоносный - пирит (0,876-3,70 г/т) и затем магнетит (0,01-0,07 г/т).

На Южно-Лебяжинском месторождении золото также концентрируется в медно-магнетитовых рудах, обычно занимающих нижние части рудных тел.

В связи с этим следует заметить, что на Урале, как и в других железорудных районах, золото в наибольшей степени концентрируется в халькопирите, достаточно распространенном после пирита сульфидном массиве скарновых руд.

Сопоставление скарново-магнетитовых месторождений Северного и Среднего Урала, с одной стороны, и Тургая (Валерьяновской зоны) - с другой, в отношении их золотоносности показывает, что сульфидно-магнетитовые руды и скарны в североуральских месторождениях (Покровском, Третьем Северном, Втором Северном и др.) характеризуются, как правило, относительно высокими содержаниями благородных металлов (золота - до 4,8 и серебра - до 54 г/т). В тургайских же месторождениях аналогичные по составу руды и скарны (судя по очень ограниченному материалу) содержат заметно меньше благородных металлов. Даже в самом богатом из них по золотоносности Бенкалинском месторождении, в пространственной связи с которым находится, как известно, Южно-Бенкалинское медно-порфиоровое месторождение, содержание золота в сульфидно-магнетитовых рудах не превышает 1,6-3,2 г/т. Следует отметить, что в уральских месторождениях халькопирит распространен гораздо шире, нежели в тургайских. Что же касается золотоносности отдельных минералов, то здесь обнаруживается та же тенденция: в частности, пириты (пиритные концентраты с содержанием пирита 98-99%) скарново-магнетитовых месторождений Тургая характеризуются в целом пониженным по сравнению с пиритами уральских месторождений содержанием золота (по данным пробирного

Содержание Au в монофракциях пирита, отобранных из различных метасоматических зон Соколовского месторождения (данные атомно-адсорбционного анализа)

Зона метасоматической колонки	Количество проб	Au, мг/т
Богатые магнетитовые руды	4	90
Магнетит-гранатовые скарны	3	120
Пироксен-скаполитовые метасоматиты	3	53
Пироксен-альбитовые и альбит-пирит-хлоритовые метасоматиты	2	43



Рис.3. Гистограмма содержания золота в пиритах (г/т) из зон рудно-метасоматической колонки на Соколовском месторождении

анализа), г/т: Глубоченское - 1,0-1,2; Петровское - 1,2; Качарское - 0,6-5,8; Куржункульское - 0,4. Ранее [5] на примере отдельных месторождений было показано, что пирит - сквозной минерал, отлагающийся на всех стадиях скарно-руднообразующего процесса (хотя основная его масса выделяется после магнетитовой руды), состав его не остается постоянным, закономерно изменяясь в соответствии с зонами метасоматической колонки. Это хорошо видно на примере одного из крупнейших в Южном Зауралье (Тургае) Соколовского месторождения. Оно имеет сложное строение и состоит из многочисленных быстро выклинивающихся и поэтажно (кулисообразно) расположенных массивных магнетитовых рудных тел, окруженных ореолом вкрапленных руд и метасоматических пород. Последние образуют с рудами единую рудно-метасоматическую зональность, состоящую из нескольких зон: центральную часть слагают массивные магнетитовые руды, затем последовательно идут магнетит-пироксен-гранатовые скарны (вкрапленные руды), безрудные скарны, пироксен-скаполитовые метасоматиты, пироксен-альбитовые породы и пропилитизированные эффузивы. В этих зонах пирит, присутствующий повсеместно, - равноправный парагенный член тех или иных минеральных ассоциаций, в которых он наблюдается; то есть образование пиритной минерализации происходит синхронно с формированием рудно-метасоматической зональности. Установлено различное поведение в этом процессе сопутствующих элементов-примесей, характеризующихся различной дифференциальной подвижностью и концентрирующихся в основном в пиритах. Так, наименее подвижным элементом оказался никель, основная его масса концентрируется в пирите сплошных магнетитовых руд; кобальт - более подвижен, он довольно легко мигрирует до самых периферических частей метасоматической колонки, хотя нередко при этом концентрируется во внутренних частях колонки. Медь, хотя и создает обширные ореолы, захватывая как центральные, так и периферические зоны, наибольшие скопления все же образует в зонах сплошных магнетитовых руд и рудных скарнов. Аналогичной (с медью) закономерностью характеризуется и поведение золота на Соколовском месторождении (см. таблицу и рис.3).

Судя по различным содержаниям золота, равно как и рассмотренных выше элементов (Ni, Co и Cu), концентрации его в гидротермальных скарно-руднообразующих растворах были различными на момент формирования той или иной зоны рудно-метасоматической колонки. В связи с этим вслед за В.А.Вахрушевым [1] мы можем утверждать об отложении золота, равно как и других элементов, на протяжении всех стадий (или этапов) процесса скарно-руднообразования. Как подчеркивалось выше, основная масса золота в скарновых месторождениях железа и меди заключена в халькопирите. Но, подобно пириту, отложение халькопирита происходит в более растянутый промежуток времени, чем принято считать; судя по ряду структурно-текстурных признаков, начало образования халькопирита синхронизируется с заключительными фазами кристаллизации магнетита и скарновых минералов. Такой ранний халькопирит будет более высокотемпературным, как и заключенное в нем самородное золото, нежели основная масса халькопирита, отлагающаяся после магнетита. Это обстоятельство объясняет данные В.В.Мурзина и В.Н.Сазонова [4], показывающие, что в Высокогорском месторождении наиболее высокопробное, а следовательно, и наиболее высокотемпературное золото наблюдается в магнетитовых рудах с вкрапленностью сульфидов, а не в богатых халькопиритовых рудах.

Таким образом, приведенный краткий обзор золотоносности скарново-магнетитовых месторождений на Урале позволяет сделать предварительные (в силу слабой изученности месторождений в отношении их золотоносности) выводы.

1. Наиболее золотоносные - скарново-магнетитовые и медно-скарновые месторождения, сформированные на поздних этапах развития островодужных систем и начальных этапах развития

активных континентальных окраин. Приурочены они к таким структурно-тектоническим блокам, в низах которых залегают колчеданосные формации. Поэтому нередко в данных блоках наблюдаются и медноколчеданные месторождения (например, Третье Северное скарново-магнетитовое и Тарньерское медно-цинковое колчеданное, Северогороблагодатское скарново-магнетитовое и Красногвардейское медноколчеданное).

2. Привнос золота и его отложение происходят на всех стадиях формирования месторождения, но основная его масса связана с той пирит-халькопиритовой ассоциацией, которая образуется на заключительной стадии отложения основной массы скарновых минералов - граната и магнетита.

3. Главным критерием золотоносности скарново-магнетитовых месторождений служит, по видимому, степень проявления в них меденосных сульфидных фаций. Масштабность и пространственная выдержанность последних, собственно, и будет определять промышленную значимость, но лишь в качестве сопутствующего компонента. Определяющая черта сульфидной минерализации в отношении золотоносности на скарново-магнетитовых месторождениях железа и меди, равно как и в других типах месторождений (скарново-золоторудных и жильных кварц-сульфидных), - преобладание в составе руд сульфидов меди (халькопирит, борнит и др.) над сульфидами железа (пирит, пирротин и др.).

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Интеграция»

Список литературы

1. *Вахрушев В.А.* Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации. Новосибирск: Наука, 1972. 238 с.
2. *Карасик М.А.* Самородное золото в некоторых железорудных контактово-метасоматических месторождениях// Минералогический сборник. М., 1953, N. 2. С.130-135. Тр. горно-геологического ин-та, вып.20.
3. *Мурзин В.В., Сазонов В.Н.* Минеральные ассоциации и условия образования сульфидных золотосодержащих руд Турьинско-Ауэрбаховского рудного пояса. Екатеринбург: УрО РАН. 1995 98 с.
4. *Мурзин В.В., Сазонов В.Н.* Сульфидная золото-кобальт-медная минерализация Высокогорского скарно-магнетитового месторождения (Урал)//Ежегодник-1996 Ин-та геологии и геохимии УРО РАН. Екатеринбург, 1996. С. 168-170.
5. *Полтавец З.И.* О времени и месте пиритной минерализации на железорудных месторождениях Тургайского прогиба//Эндогенные рудообразующие процессы. Свердловск, 1980. С.62-73.
6. *Прокин В.А., Сазонов В.Н., Полтавец Ю.А.* Эволюция эндогенных рудных формаций Урала с позиций тектоники плит// Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35, N 2. С. 151-160
7. *Ярош Н.А.* К минералогии руд Третьего Северного Рудника. Тр. горно-геол. ин-та. 1959 Вып. 42. С. 53-61