

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СОСТАВ РУДООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДОВ
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ
(Центральная Чукотка, Россия)**

А.В. Волков, В.Ю. Прокофьев

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
119017, Москва, Старомонетный пер., 35, Россия*

В Майском рудном узле на Центральной Чукотке выявлены в терригенных флишевых толщах фундамента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса золото-серебряные эпипермальные месторождения Промежуточное, Сильное, а также рудные тела восточного участка месторождения Сопка Рудная. Изучены флюидные включения в кварце золоторудных жил месторождения Промежуточное. Аналогичные месторождения и проявления установлены в терригенно-осадочном обрамлении ряда интрузивно-купольных структур зон тектономагматической активизации в Верхояно-Колымском складчатом поясе. В терригенных толщах близкого состава залегают золото-серебряные месторождения Высоковольное и Косманьчи в Центральных Кызылкумах, Балеи и Тасеевка в Забайкалье. Богатейшее месторождение Хисикари (250 т золота, со средним содержанием 60 г/т) в Японии также залегают в терригенных толщах основания под покровом вулканитов. Однако, за исключением месторождений Хисикари, Балея и Тасеевки, все остальные относятся к незначительным по масштабу объектам. Возможные причины этого обсуждаются в настоящей статье по результатам изучения геологического строения, вещественного состава и условий рудообразования месторождения Промежуточное. Установлены основные физико-химические параметры формирования руд месторождения: температура 247—194 °С, давление 270—30 бар, концентрация солей 4.3—2.9 мас. % экв. NaCl. Изучен состав рудообразующих флюидов комплексом методов, включающим газовую хроматографию, ионную хроматографию и ICP MS.

Рудообразующий флюид, условия, золото, серебро, модель, месторождение.

**THE FORMATION CONDITIONS AND COMPOSITION OF ORE-FORMING FLUIDS
IN THE PROMEZHUTOCHNOE GOLD-SILVER DEPOSIT
(central Chukchi Peninsula, Russia)**

A.V. Volkov and V.Yu. Prokof'ev

The Promezhutochnoe and Sil'noe epithermal gold-silver deposits and orebodies of eastern areas of the Sopka Rudnaya deposit have been discovered in the Maiskoe ore cluster, central Chukchi Peninsula, in terrigenous flysch strata of the basements of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt. Fluid inclusions in quartz from gold ore veins of Promezhutochnoe have been studied. Similar deposits and occurrences have been found in the terrigenous-sedimentary framing of some intrusion domes in tectonomagmatic zones in the Upper Yana-Kolyma fold belt. Terrigenous strata of similar compositions host the Vysokovol'tnoe and Kosmanychi gold and silver deposits in central Kyzyl Kum and the Balei and Taseevka deposits in Transbaikalia. The richest Hishikari deposit (250 tons of gold, the mean content 60 g/t) in Japan also occurs in terrigenous strata of the basement beneath a volcanic rock cover. However, deposits other than Hishikari, Balei, or Taseevka are small. The causes of this fact are discussed in the context of the geologic structure, chemical composition, and ore formation conditions in the Promezhutochnoe deposit. The main physicochemical parameters of the formation of the ores in this deposit are: temperature 247–194°C, pressure 270–30 bars, and salt concentration 4.3–2.9 wt.% NaCl equiv. The composition of the ore-forming fluids has been studied by gas chromatography, ion exchange chromatography, and inductively coupled plasma mass spectrometry.

Ore-forming fluid, conditions, gold, silver, model, deposit

ВВЕДЕНИЕ

В геологической литературе давно укоренилось основанное на огромном количестве эмпирических фактов мнение, что вулканогенные или эпипермальные месторождения не переходят с глубиной в мезотермальные или плутоногенные [Хельке, 1946; Шнейдерхен, 1958]. В частности, Г. Шнейдерхен [1958] полагал, что эпипермальные золотые и золото-серебряные месторождения образуют отдельную группу и имеют свои особые корни в субвулканических интрузивах; переходы к плутоногенным месторождениям отрицались, указывалось на отсутствие эпипермальных руд вне связи с изверженными породами. В сводке по Южно-Карпатской золотоносной провинции А. Хельке [1946] писал, что в черных

средиземноморских сланцах, подстилающих вулканиды, золото-серебряные жилы выклиниваются, проникая в них на 50 м. После этих работ терригенные толщи основания вулканоструктур было принято считать неблагоприятной средой для локализации золото-серебряного оруденения. Одновременно многие исследователи неоднократно приводили доказательства в пользу глубинных (вулканогенных) рудогенерирующих источников эпитермальных месторождений [Линдгрэн, 1935; Уиссер, 1964]. Но при этом подразумевалось, что глубинные флюиды не оставили никаких следов на своем пути от нижнекоровых (или даже подкоровых) до приповерхностных ярусов, хотя и постулировалась длительность развития вулканогенно-плутоногенных гидротермально-флюидных систем и высокие концентрации металлов в рудоносном флюиде, формировавшем бонанцевые месторождения. Эти постулаты противоречили кратковременности формирования рудных бонанцев и невысоким содержанием металлов в реликтовых растворах эпитермальных минеральных ассоциаций.

В Майском рудном узле Центральной Чукотки (рис. 1) золото-серебряные эпитермальные месторождения Промежуточное (северо-восток), Сильное, рудные тела восточного участка месторождения Сопка Рудная выявлены в терригенных флишевых толщах фундамента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [Волков, Сидоров, 2001]. Кроме того, аналогичные эпитермальные месторождения и проявления выявлены в терригенно-осадочном обрамлении интрузивно-купольных структур в пределах Хурчан-Оротуканской (Печальное, Ветвистое, Тохто) и Балагычано-Сугойской (Роговик), Куйгинской (Кысылга, Альфа, Мастах и др.) зон тектономагматической активизации (ТМА) в Верхояно-Колымском складчатом поясе. В терригенных толщах близкого состава залегают золото-серебряные месторождения Высоковольтное и Косманьчи в Центральных Кызылкумах, Балей и Тасеевка в Забайкалье. Богатейшее месторождение Хисикари (250 т золота, со средним содержанием 60 г/т) в Японии также залегают в терригенных толщах основания под покровом вулканидов [Izava et al., 1990]. Однако, за исключением месторождений Хисикари и Балей, все остальные относятся к мелким по масштабам объектам. Возможные причины этого обсуждаются в настоящей статье по результатам изучения геологического строения, вещественного состава и условий рудообразования месторождения Промежуточное.

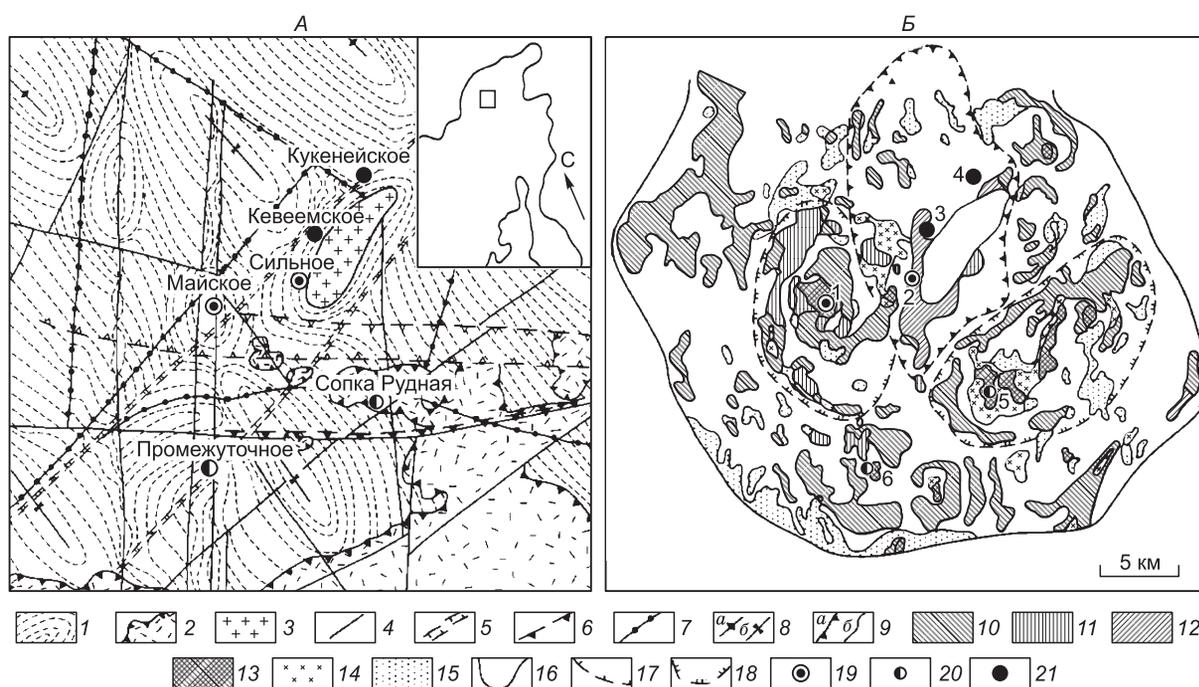


Рис. 1. Схема геологического строения (А) и геохимические поля (Б) Кукенейской сателлитной интрузивно-купольной структуры (Майский рудный узел).

1 — терригенные флишевые толщи среднего и верхнего триаса; 2 — эффузивы верхнего мела; 3 — раннепозднемеловые граниты; 4 — разломы; 5 — синвулканические северо-восточные разломы; 6 — неотектонические разломы; 7 — разломы, установленные по геофизическим данным; 8 — оси складок: антиклинальных (а), синклиналиных (б); 9 — границы: вулканидов ОЧВП (а), геологические (б); 10—14 — геохимические ассоциации: 10 — серебро-полиметаллическая (Ag, Pb, Zn, Cu, Bi), 11 — олово-серебряная (Sn, Ag, As, Pb, Zn, Au, Sb); 12 — золото-кварцевая (Au, Pb, As, Sb); 13 — золото-сульфидная вкрапленная (Au, As, Sb, Ag, Pb); 14 — золото-серебряная (Ag, Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu); 15 — зона выноса элементов; 16 — границы Майского рудного узла по геохимическим данным; 17 — границы оловорудных полей; 18 — границы золоторудных полей; 19—21 — рудные месторождения: 19 — золото-сульфидные, 20 — золото-серебряные, 21 — касситерит-сульфидные. На врезке — местоположение района исследований.

Месторождение Промежуточное (см. рис. 1) обнаружено А.А. Сидоровым в 1957 г. В 1978—1986 гг. на рудном поле проводились поисковые и поисково-оценочные работы силами Чаунской (Сутугин и др., 1980 г.*) и Майской ГРЭ (Нестеров, Волков и др., 1986 г.*). Основные рудные тела месторождения были вскрыты по простиранию траншеями и подсечены на глубине около 100 м скважинами колонкового бурения и штольневым горизонтом (80 м). Запасы месторождения по категории $C_1 + C_2$ — 1500 кг, прогнозные ресурсы категории P_1 — 5000 кг, отношение золота к серебру — 1:10.

ПОЛОЖЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ

Кукенейская зона ТМА пересекает ичувеем-паляваамские северо-западные складчатые структуры на протяжении более 150 км. Она располагается в западном обрамлении Пегтымельского вулканопрогиба ОЧВП и контролируется северо-восточными глубинными разломами. В центральной части зоны ТМА, совпадающей с периклинальным замыканием крупной Ичувеемской брахиантиклинальной складки, в узел пересечения северо-западных и северо-восточных синвулканических, магмоподводящих разломов зоны ТМА внедрился 110—107 млн лет назад Кукенейский гранитоидный массив (см. рис. 1, а). Массив вытянут в северо-восточном направлении (9×3 км), имеет асимметричное строение (крутое падение северо-западного контакта на запад и пологое падение на восток — юго-восточного контакта). Центральную часть массива слагают аляскитовые граниты, а периферические части — гранит-порфиры. Его обрамляет ореол контактово-метаморфизованных пород шириной более 2 км. В ореоле представлены биотит-кордиеритовые роговики (внутренняя зона) и узловатые сланцы и филлиты (внешняя зона).

Анализ пространственного положения золоторудных месторождений в пределах Кукенейской структуры показывает, что они структурно тесно связаны друг с другом. Месторождения Промежуточное, Сопка Рудная, Майское расположены в пределах одной зоны повышенной тектонической активности в виде подковы, охватывающей с юго-запада Кукенейскую интрузию [Волков, Сидоров, 2001]. Эта зона фиксируется отрицательной гравитационной аномалией и геохимическим полем повышенных концентраций рудных элементов. Практически все разрывные нарушения в пределах зоны содержат арсенипирит-пиритовую вкрапленность, в которой отмечается от 0.5 до 3 г/т золота. Для нее характерны локальные рудовмещающие купола, положение которых определяется узлами пересечения крупных разломов, экструзивные тела риолитов, некки андезитов, поля даек различного состава, контролирующиеся узлами пересечения северо-восточных, субмеридиональных, субширотных и северо-западных разломов. Они фиксируются гравитационными ступенями в поле силы тяжести, магнитными и геохимическими аномалиями. Формирование этой зоны, по-видимому, связано со штамповым воздействием внедряющейся интрузии на вмещающие породы, которое приводит к складчатым дислокациям, тектоническому оживлению древних и образованию новых разломов. К центральному куполу структуры также приурочены несколько месторождений и рудопроявлений золото-сульфидной вкрапленной и касситерит-сульфидной формаций (см. рис. 1, а). Это оруденение локализуется в радиальных разломах различных направлений по отношению к юго-западной и западной границ интрузии.

Сравнительное изучение различных проявлений оруденения в Кукенейской зоне ТМА показывает, что для них характерно развитие сходных минералого-геохимических ассоциаций (см. рис. 1, б). В Кукенейской зоне проявлена своеобразная металлогеническая зональность: по мере приближения к интрузиву с юго-запада на северо-восток зона эпитермального золото-серебряного оруденения (месторождения Промежуточное, Сопка Рудная) сменяется зоной золото-сульфидного вкрапленного оруденения (месторождения Майское, Сильное), а в непосредственной близости от массива располагаются касситерит-сульфидные месторождения (Кевеемское, Кукенейское), в самом массиве известно уран-ториевое месторождение (см. рис. 1, а).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вмещающие породы. В геологическом строении месторождения принимают участие терригенно-осадочные породы, представленные переслаивающимися алевролитами, глинистыми сланцами и линзами тонкозернистых песчаников флишоидной формации. Вмещающая толща слагает здесь юго-западное крыло брахисинклинальной складки и представляет собой самую верхнюю часть карнийского яруса, которая восточнее перекрывается отложениями норийского яруса (рис. 2). Общее залегание пород пологое ($10—15^\circ$), вблизи разломов вследствие местной приразломной складчатости — крутое (до 45° и более). Вмещающие породы насыщены дорудными метаморфогенными кварцевыми жилами, располагающимися согласно со слоистостью мощностью от 1 до 30 см. Эти жилы отчетливо секутся дайками и рудными телами. Нередко метаморфогенный кварц выполняет также трещины отрыва в линзах песчаника, образуя систему лестничных прожилков (мощностью 1—3 см). В местах пересечения с рудными

* Производственные отчеты (хранятся в ВГФ).

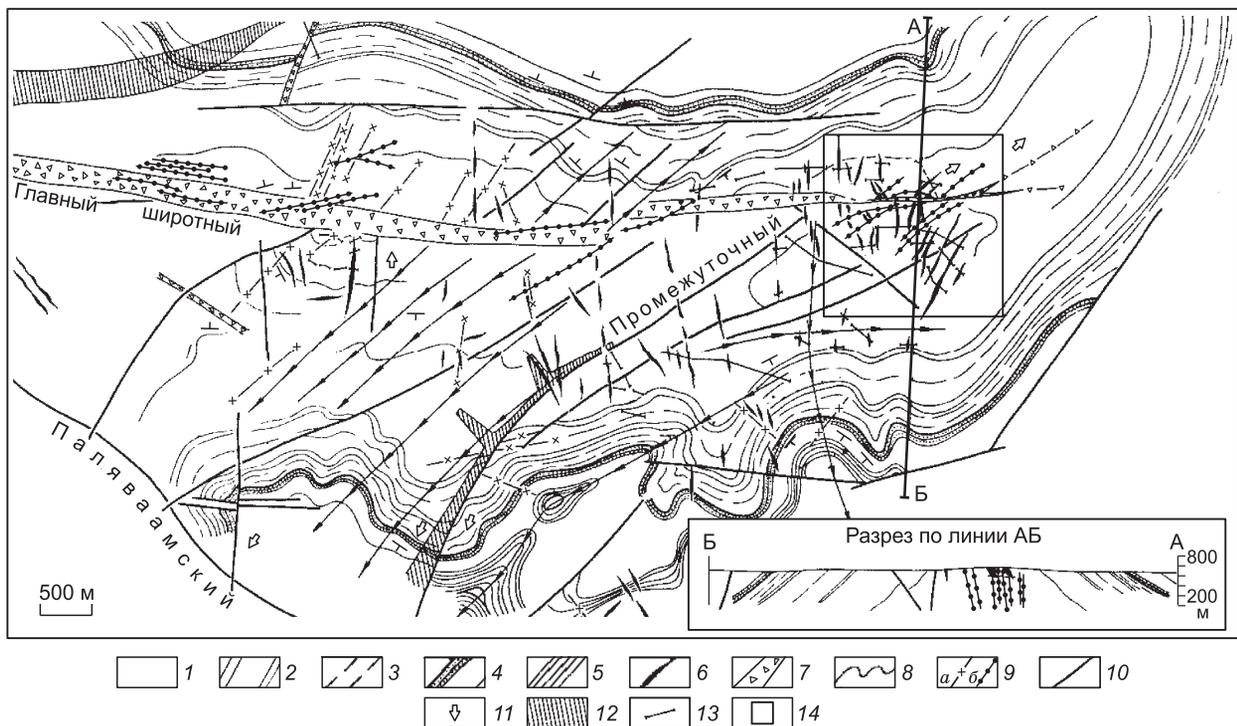


Рис. 2. Литолого-структурная схема рудного поля Промежуточное.

1—5 — терригенные толщи триаса: 1 — глинистые породы нижней пачки; 2 — породы средней песчанистой пачки; 3 — песчано-глинистые породы верхней пачки; 4 — песчаники; 5 — глинистые сланцы с монотисами; 6 — рудные тела; 7 — зоны дробления, рассланцевания и тектонических брекчий; 8 — условные пласты песчаников и глинистых сланцев; 9 — дайки диоритовых порфиров и слюдяных лампрофиров (а), долеритов и андезитобазальтов (б); 10 — разломы; 11 — направление погружения шарниров мелких складок; 12 — россыпи, в основном отработанные; 13 — каналы; 14 — площадь месторождения.

телами на метаморфогенные кварцевые жилы накладывается разнообразная рудная минерализация. Метаморфогенные жилы являются наиболее ранними довулканогенными гидротермальными образованиями в рудном узле, поскольку галька метаморфогенного кварца широко распространена в раннемеловых конгломератах фундамента вулканогенных отложений Охотско-Чукотского пояса. Кроме того, породы содержат диагенетическую вкрапленность и многочисленные конкреции пирита. Иногда пиритом замещаются раковины монотисов. Терригенная толща прорывается многочисленными дайками диоритовых порфиров и андезитобазальтов, слагающими на северо-восточном фланге рудного поля субширотный пояс (см. рис. 2). Дайки представлены сложно ветвящимися телами со ступенчатыми, иногда пилообразными контактами. Мощность даек варьирует от 0.5 до 5 м. Длина по простиранию — более 3 км, падение субвертикальное. В дайках отмечены ксенолиты песчаников, алевролитов, гранодиоритов и гранитпорфиров, аналогичных гранитоидам краевых фаций Кукенейского массива [Волков и др., 2006].

Структура месторождения. Месторождение расположено в пределах неотектонического купольного поднятия (см. рис. 2), расчлененное мелкогорье которого резко выделяется на фоне сглаженного холмисто-увалистого рельефа окрестностей. Ручей Промежуточный находится в стадии глубинной эрозии и имеет отчетливо висячие долины притоков. Площадь Промежуточного рудного поля разбита многочисленными разломами. Дуговые отрезки северо-восточных и субширотных разломов совместно с субмеридиональными «радиальными» рудовмещающими трещинами на северо-восточном фланге рудного поля, по-видимому, являющиеся элементами структуры слабоэродированного купола (см. рис. 2).

Рудные тела месторождения локализованы преимущественно с южной стороны субширотного пояса по отношению к протяженным дайкам андезитобазальтов. Большинство из них выявлены по субмеридионально ориентированным развалам кварцевых глыб и вскрыты поверхностными горными выработками и колонковыми скважинами. Серия рудных тел (р.т.) 3—7 вскрыта подземными горными выработками на глубине 80 м от поверхности. Учитывая, что из россыпей ручьев Промежуточный и Двойной (см. рис. 2) извлечено более 3 т золота и электрума, можно предположить, что месторождение значительно эродировано. Этим же объясняется преобладание брекчиевой текстуры кварцевых рудоносных жил.

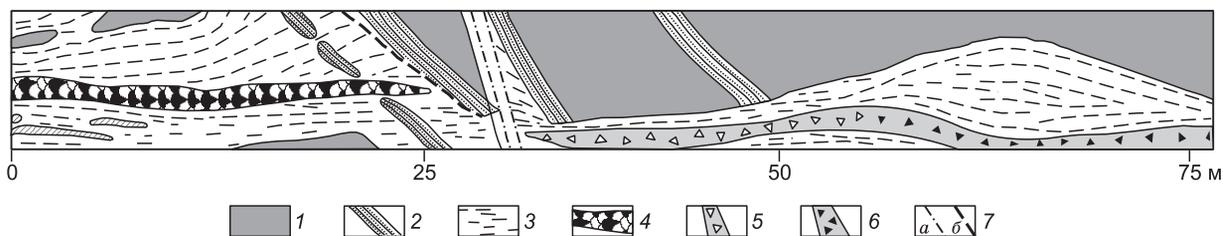


Рис. 3. Строение р.т. 1 месторождения Промежуточное в полотное траншеи.

1 — алевролиты, 2 — пласты и линзы песчаников, 3 — минерализованная зона дробления, расланцевания и смятия, 4, 5 — текстуры золото-сереброносных кварцевых жил: 4 — крустификационная, 5 — кварцевая брекчия, 6 — брекчиевая, 7 — элементы тектоники: а — зоны трещиноватости, б — тектонические границы.

В большинстве случаев жилы имеют субмеридиональное простирание и пересекаются с субширотными дайками андезитобазальтов под прямым углом. Судя по наблюдениям сложных взаимопересечений даек и рудоносных жил, дайки представляются дорудными и, возможно, внутрирудными [Волков, 1983]. В центральной части месторождения установлен ореол серицитизированных и окварцованных алевроглинистых вмещающих пород [Волков, 1989]. Размеры ореола 100×300 м, отмечено расширение его с глубиной, что, наряду с ксенолитами гранитоидов в дайках, указывает на близость не выходящего на поверхность интрузивного тела.

Морфология рудных тел. В пределах месторождения выявлено 11 рудных тел, представляющих слабоминерализованные зоны дробления с осевыми кварцевыми жилами (рис. 3). В северном блоке развиты золото-серебряные и существенно золотые (Au/Ag 2:1—10:1), а в южном — существенно серебряные (Au/Ag 1:10—1:100) рудные тела.

Поле веерообразно размещающихся рудных зон имеет ширину около 2 км на севере и 1 км на юге (см. рис. 2). Протяженность рудовмещающих зон — 200—300 м, длина отдельных кулисообразных рудных тел — 30—50 м (см. рис. 3). Падение рудных тел северо-восточное, близкое к вертикальному. Рудные столбы (бананцы) с содержанием золота 20—50 г/т контролируются участками пересечений жил с дайками (рис. 4). Кварц-антимонитовые жилы протяженностью 10—30 м и мощностью 0.1—0.5 м характерны для рудных столбов.

Околорудные изменения вмещающих пород. На ранней стадии изучения золото-серебряного оруденения, гидротермально измененные породы служат наиболее эффективным поисковым признаком [Сидоров, 1966, 1978]. Этот вывод справедлив для золото-серебряных месторождений в эффузивных породах. А в терригенном разрезе Промежуточного месторождения околожилные изменения визуально практически не фиксируются. Вместе с тем в результате детальных петрографических исследований установлено, что среди расланцованных и трещиноватых пород зон смятия и дробления, вмещающих рудоносные жилы, развито тонкозернистое пятнистое и тонкопрожилковое метасоматическое окварцевание, серицитизация и гидрослюдизация. Кроме того, широко распространены аргиллизитовые изменения, зафиксированные в керне скважин на различных глубинах. Аргиллизиты представляют собой тонкозернистые агрегаты, пятна нередко обра-

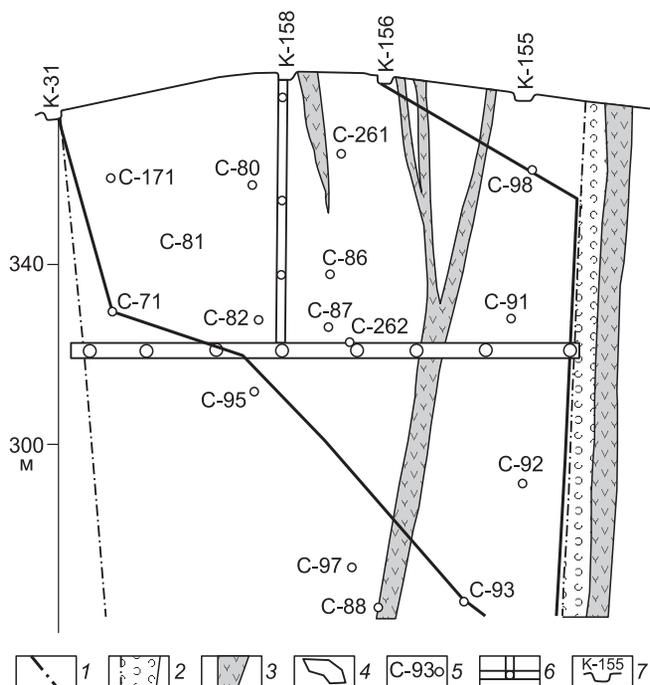


Рис. 4. Проекция рудного тела 3 Промежуточного месторождения на вертикальную плоскость.

1 — проекция рудоконтролирующих разломов; 2 — проекция главной субширотной зоны смятия; 3 — дайки андезитобазальтов; 4 — контур рудного тела; 5 — колонковые скважины; 6 — горные выработки (штрек, восстающий); 7 — каналы.

зуют разноориентированные прожилки, преимущественно каолинит-диккит-монтмориллонитового состава. В околорудных ореолах количество аргиллизитов не превышает 5—10 %. Иногда здесь отмечается хлоритизация вмещающих пород в приальбандовых частях метаморфогенных кварцевых жил. Наиболее интенсивно в околорудных зонах изменены дайки андезитобазальтов [Волков, 1983]. В результате околорудного метасоматоза из породы выносятся следующие компоненты: K_2O , Na_2O , H_2O , CaO , Fe_2O_3 , FeO . Вместе с тем в них возрастают отношения K_2O/Na_2O и Fe_2O_3/FeO , что связано с интенсивным окислением андезитобазальтов.

Геохимические особенности. Осадочные породы месторождения характеризуются содержанием золота на уровне кларков, а содержания серебра незначительно повышены (возрастают более чем на один порядок в дайках андезитобазальтов); содержание меди, свинца, цинка ниже или равно кларковому; содержание As, Sb, Sc, Ba и Mn выше на порядок, чем кларк. Рудные тела месторождения, представленные кварцевыми жилами, во вторичных геохимических ореолах фиксируются слабыми аномалиями Au, Ag, Sb, Cu, Pb, Mo, W, Ni, Zn, Hg и пониженными содержаниями по сравнению с вмещающими породами Mn, Ti, Cr, Ba. Распределение элементов по простиранию рудных тел крайне неоднородно. В р.т. 1 максимумы содержаний золота и серебра сопровождаются высокими содержаниями Pb и Cu. Рост содержания Au в рудных столбах сопровождается незначительным возрастанием содержания Ag и золото-серебряное отношение варьирует от 1:1 до 2:1. Эти рудные столбы отличаются повышенными содержаниями по отношению к рядовым рудам Pb, Bi, Zn, W, Hg, As. Высокие содержания серебра коррелируют в них с содержанием Cu, Pb, Sb, Zn, As. Установлены высокие коэффициенты корреляции (> 0.5) золота с Cu, Pb, Zn, Bi, Hg, а для серебра только с Sb. В рудах месторождения, по данным химического и спектрального полуколичественного анализа, содержится небольшая примесь карбоната, окисного и закисного железа, глинозема, Mn, Ti, Mg, P, оксидов K и Na.

Текстурные особенности. Внутреннее строение жил Промежуточного месторождения, попадающее под понятие «текстура», открывает путь к выяснению их происхождения. «В текстурном узоре отражены не только черты парагенезиса, — пишет Ф.И. Шахов [1961, с. 121], — но и формы рудных тел, а также структура рудного поля». Текстуры жил разнообразны (рис. 5) и в целом относятся к группе текстур «выполнения», типоморфных для близповерхностного эпитегрмального золото-серебряного оруденения. Преимущественным развитием в кварцевых жилах Промежуточного рудного поля пользуются брекчиевая, брекчиево-полосчатая и крустификационная текстуры. Брекиевая текстура состоит из неправильных, многоугольных обломков вмещающих пород, сцементированных шестоватым метаколлоидным кварцем, иногда формирующим радиально-концентрическую структуру (см. рис. 5, А). В последнем случае жилы содержат комбинированную брекчиево-крустификационную текстуру. Жильные тела Промежуточного месторождения отличаются истинно брекчиевыми текстурами, для которых характерны остроугольность и непостоянство формы и размера обломков, полностью заключенных в кварце, заметны зеркала скольжения и борозды, возникшие при перемещении материала в зонах дробления еще до прокварцевания. Состав обломков часто не соответствует боковым вмещающим породам, поскольку перемещения тектонитов могли быть довольно значительными, в связи с этим происходило перемешивание раздробленного материала разных пластов. Обломки пород не имеют одинаковой ориентировки, форма соседних обломков несопоставима; все они, будучи заключенными в однородном кварце, находятся во взвешенном состоянии. Некоторые жильные тела месторождения имеют более сложное строение и образованы в несколько этапов (р.т. 6 и 7). Они характеризуются брекчиево-полосчатой текстурой, представляющей собой закономерное чередование полос разной мощности от зальбанда к центру жилы, сложенных обломками вмещающих пород разной величины, размеры которых постепенно увеличиваются к центру. На рис. 5, А показана брекчия, образованная в два этапа: более ранняя мелкообломочная брекчия (с отдельными обломками алевролита и песчаника) сцементирована мелкозернистым кварцем и альбитом; более поздняя крупнообломочная брекчия целиком заключена в кварце, в ней же иногда могут присутствовать и обломки ранней брекчии. Брекиевидная текстура, отмечающаяся в р.т. 2, характеризуется замещением обломков вмещающих пород кварцем (см. рис. 5, Д). В результате прокварцевания сохраняются только реликты обломков, называемые «тенями», а такие брекчии — «теневыми». Брекиевидная текстура характерна для зальбандов жил, которые содержат удлиненные пластины вмещающих пород, интенсивно метасоматически измененных (см. рис. 5, В, Г). Положение и форма обломков, свидетельствует об их отслоении от зальбандов без значительного перемещения и без переориентировки. Вид брекчиевидной текстуры меняется по простиранию и падению жильного тела в зависимости от степени дезинтеграции на блоки и от количества жильного кварца. Брекиевидная текстура часто встречается в комбинации с полосчатой текстурой (см. рис. 5, В), что свидетельствует об активной дезинтеграции трещиноватых пород жильным кварцем, тем более полной, чем сильнее была начальная трещиноватость в зонах подводящих каналов (разломах), и чем больше кварцевого вещества поступало в них.

Следует отметить, что для рудоносных жил Промежуточного месторождения также характерны сложные, комбинационные текстуры. В этом случае жильное тело представляет собой «композитное»

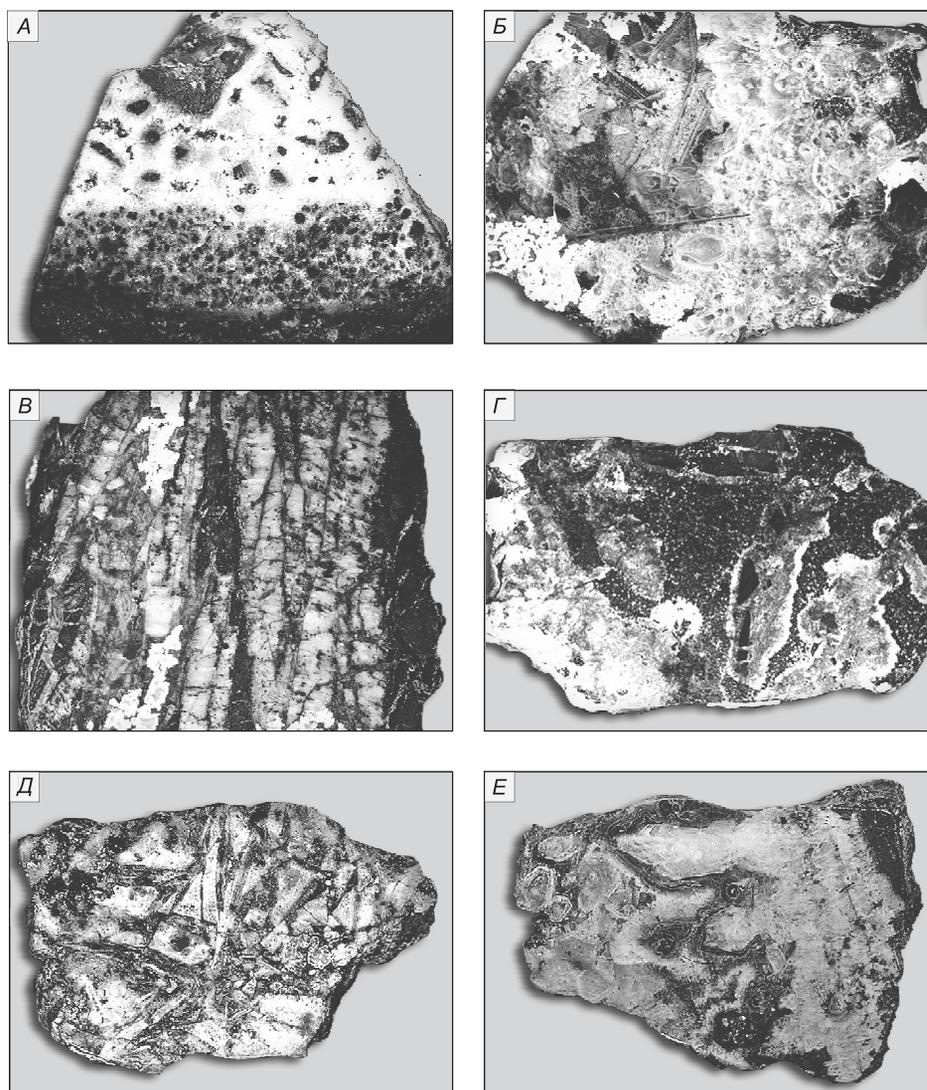


Рис. 5. Текстуры руд месторождения Промежуточное.

A — брекчиевая текстура (р.т. 6); *Б* — пластинчато-каркасная текстура (р.т. 1); *В* — полосчатая текстура (р.т. 2); *Г* — метаколлоидная текстура (р.т. 3); *Д* — текстура «кварцевой теневой брекчии» (р.т. 1); *Е* — текстура брекчии (обломки представлены кристаллами и фрагментами кристаллов кварца в метаколлоидном цементе (р.т. 1).

образование, в разных его участках отношение объемов кварца и включений вмещающих пород изменяется от 1:10 до 10:1 и в более широких пределах. В ряде жильных тел (р.т. 1, 3, 5, 11) распространены брекчии, обломки в которых представлены кварцами ранних генераций (см. рис. 5, *Г*, *Е*), а цемент — поздним метаколлоидным кварцем. Кроме того, отмечаются пострудные брекчии, в которых обломки вмещающих пород и кварцевых жил сцементированы карбонатом (анкеритом).

Перечисленные выше «композитные» текстуры относятся к деформационным, в их состав часто входят элементы кокардовых, друзовых, гребенчатых текстур. Для рудных тел Промежуточного месторождения характерны переходы от брекчиевой к пластинчато-каркасной и крустификационной текстур, что резко отличает их от жил золото-кварцевой формации, также локализирующихся в терригенных толщах. Примером сложной брекчиевой текстуры может служить фрагмент р.т. 1 (см. рис. 5, *Е*): обломки и целые кристаллы раннего кварца цементируются поздним метаколлоидным кварцем, пустоты в котором выполняет кварц третьей генерации. Подобная метаколлоидная текстура обычна также для кварц-антимонитовых агрегатов и образуется округлыми стяжениями халцедоновидного кварца (см. рис. 5, *Г*). Центральные части жил иногда представлены каркасно-пластинчатой текстурой (см. рис. 5, *Б*).

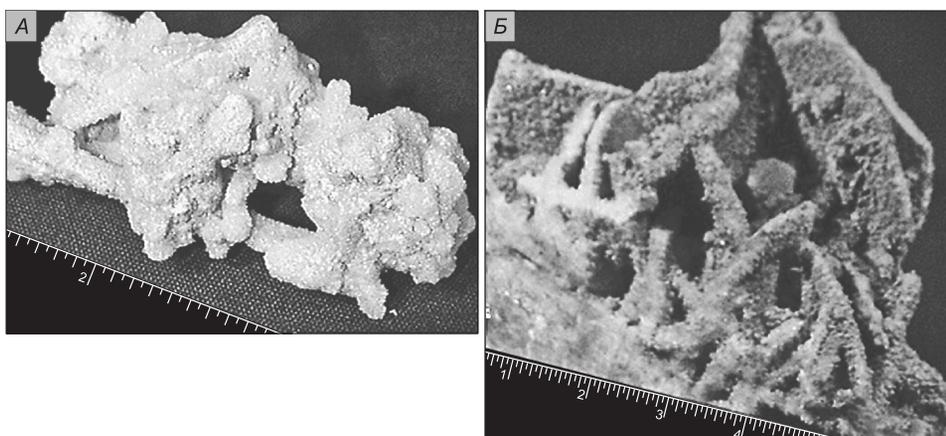


Рис. 6. Текстуры кварца в карманах жильных тел месторождения Промежуточное.

А — кораллоподобная по игольчатым кристаллам антимонита (штрек 5 юг, р.т. 5), *Б* — «кварцевая роза» (р.т. 11, траншея).

По данным Н.В. Петровской [1961], пластинчатые текстуры в жилах Бaleyского месторождения формировались в результате раскристаллизации поликомпонентных гелей, затравками пластинок служили ранние кальцитовые каркасно-пластинчатые образования, позднее замещенные кремнеземом. Другие исследователи полагают, что такой процесс образования рассматриваемой текстуры не может быть признан удовлетворительным по многим причинам: во-первых, прямолинейные пластины в ряде случаев сменяются криволинейными фестончатыми (см. рис. 5, *б*) и переходят в гребенчатые, ритмично-полосчатые кокардовые текстуры, во-вторых, часто обнаруживается катакластическая природа пластинок, они пересекают друг друга и обломки вмещающих пород. В изученных жилах Промежуточного месторождения не обнаружены реликты раннего кальцита; в целом для вмещающих пород месторождения карбонатный материал нехарактерен. Таким образом, можно признать справедливым предположение А.А. Сидорова [1998], что затравками пластинок могли быть ранние параллельно-полосчатые агрегаты, образующиеся по типу агатов. Для фрагментов жил с пластинчато-каркасной и крустификационной текстурами обычны пустоты, которые часто выполняются крупными друзами кварца, кристаллы последнего достигают размеров 10 см (р.т. 11), или уникальными кварцевыми розами (р.т. 5) и сложными кораллоподобными, ветвистыми кварц-антимонитовыми образованиями (рис. 6). Формирование последних возможно в результате постепенной кристаллизации из насыщенных коллоидных растворов. Крустификационная и кокардовая текстуры жильных тел указывают на пульсационный характер процесса рудообразования.

Картирование текстур в жилах Промежуточного месторождения показало, что для р.т. южного блока характерны пластинчато-каркасная, крустификационная и друзовая текстуры, а в р.т. северного блока преобладают брекчиевая и брекчиево-полосчатая текстуры. По простиранию р.т. также происходит смена текстур. Например, в южной части р.т. 1 отмечаются пластинчато-каркасная, гребенчатая, фестончатая текстуры, которые сменяются в центре р.т. брекчиевой и далее на его северном фланге крустификационной текстурами (см. рис. 3). Кроме того, текстуры изменяются вкрест простирания р.т. В нескольких отрезках р.т. 1 (вкрест его залегания) наблюдается чередование крустификационной, гребенчатой, пластинчато-каркасной, полосчато-брекчиевой текстур.

Таким образом, проведенный выше текстурный анализ показал, что жильные тела Промежуточного месторождения представляют собой в конечном итоге результат как активной дезинтеграции вмещающей породы жильным веществом, одновременно проникающим по многим трещинам, раскрывая их на первом этапе, так и выполнения свободного пространства в трещинах отрыва, образующихся на втором этапе. Рудоносные жилы с брекчиевыми текстурами образовались в результате прокварцевания тектонических брекчий.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ

Специфические особенности золото-серебряного оруденения в терригенных толщах месторождения в значительной мере определяются его минералогией. К таким особенностям относятся: отсутствие адуляра — минерала, являющегося типоморфным для эпитеермального оруденения в вулканитах; наличие в рудах значительного количества высокопробного золота [Волков, Сидоров, 2001]; развитие в рудах в качестве основного серебросодержащего минерала — фрейбергита. Наиболее распространенным руд-

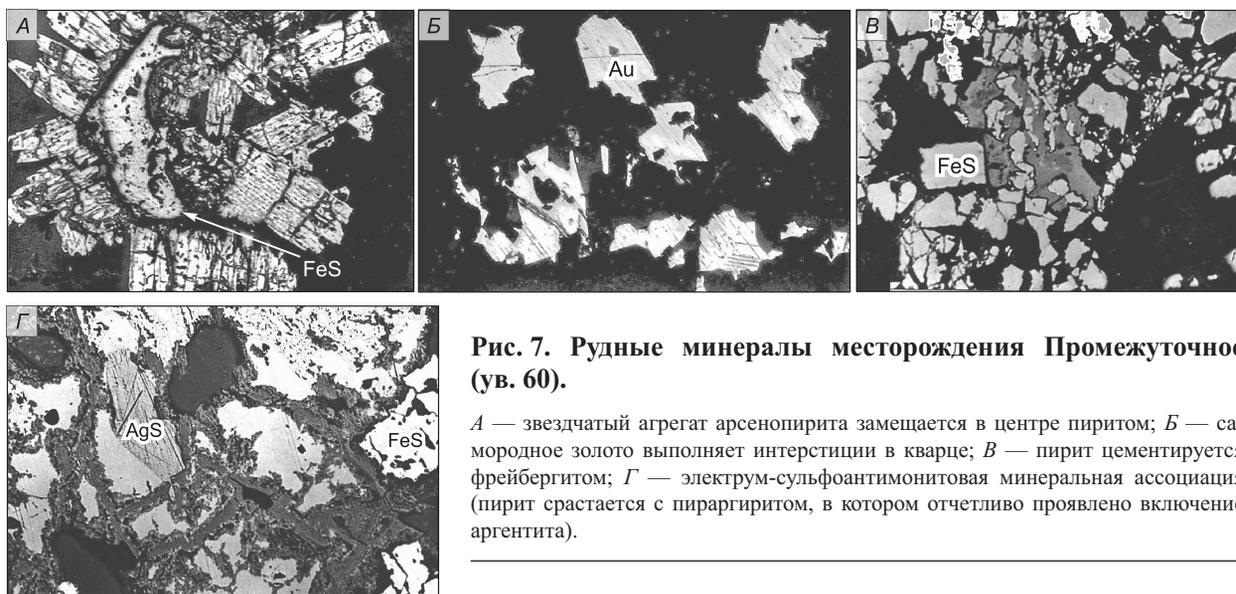


Рис. 7. Рудные минералы месторождения Промежуточное (ув. 60).

А — звездчатый агрегат арсенопирита замещается в центре пиритом; *Б* — самородное золото выполняет интерстиции в кварце; *Б'* — пирит цементируется фрейбергитом; *Г* — электрум-сульфоантимонитовая минеральная ассоциация (пирит сростается с пираргиритом, в котором отчетливо проявлено включение аргентита).

ным минералом является пирит, заметным развитием пользуются арсенопирит, антимонит, электрум, фрейбергит. Обычные для многих золото-серебряных месторождений селениды представлены науманитом, селенистым аргентитом, миаргиритом и пираргиритом. Общий список обнаруженных к настоящему времени минералов составляет более 40 наименований [Волков, Сидоров, 2001]. Количество сульфидов в рудах не превышает 2 %. При сравнительном изучении минералогии рудных тел выявляется однотипность их минерального состава. Характерными для руд месторождения являются структуры: аллотриоморфно-, гипидиоморфно- и идиоморфно-зернистые, шестоватые, двойникования, распада твердых растворов, свободной и стесненной кристаллизации, деформации. Наиболее распространены в руде структуры свободной и стесненной кристаллизации. Первые связаны с друзами, которые обычны для кварца и антимонита. Характерным представителем второй группы в рудах является интерстициальная структура. Интерстиции в кварце выполняются электрумом, золотом, фрейбергитом, галенитом, селенидами, антимонитом и другими рудными минералами.

К ранним допродуктивным образованиям на месторождении относится кварц-хлорит-пиритовая минеральная ассоциация, развитая в метаморфогенных кварцевых жилах и прожилках. Пирит в этой ассоциации представлен крупными кристаллами (до 5 мм) кубической и кубооктаэдрической форм, он отличается от «рудных» пиритов большой дисперсией коэффициента термоЭДС. Для него характерна невысокая примесь золота и серебра.

Продуктивность р.т. месторождения определяют минеральные ассоциации золото-сульфидной стадии. Главная продуктивная в р.т. месторождения — пирит-блеклорудная минеральная ассоциация, приуроченная к зальбандам и местам выклинивания жил, а также к границам обломков в брекчиях, где она образует неправильные и прерывистые темные полосы и вытянутые линзы, состоящие из изометричных, размазанных пятен. В количественном выражении среди рудных минералов на первом месте стоит пирит, на втором — фрейбергит, на третьем — пираргирит, на четвертом — арсенопирит. Пирит образует своеобразную цепочечную структуру (рис. 7, *В*), состоящую из сростшихся кристалликов кубической формы, в которых иногда наблюдаются грани октаэдра и пентагон-додэкаэдра. Отличается от пиритов других минеральных ассоциаций достаточно высоким содержанием золота, серебра, других элементов примесей и высокими значениями коэффициента термоЭДС. Фрейбергит (или серебристый тетраэдрит) содержит серебро в значительных количествах от 13.6 до 32 %, цементирует выделения пирита, образует неправильные, угловатые зерна, содержит многочисленные мельчайшие включения халькопирита, сфалерита, галенита, пираргирита, золота (см. рис. 7, *В*).

Золото представлено крупными интерстициальными образованиями (до 1 мм), в рудных телах Северного блока часто встречается в виде гнезд (см. рис. 7, *Б*). Отмечаются сростания золота с пиритом и галенитом. В некоторых случаях золотины выстраиваются в своеобразную цепочку вдоль контакта обломков в брекчиях, причем удлиненные зерна ориентируются перпендикулярно к контакту (см. рис. 7, *Б*). Пробность золота изменяется от 700 до 990 %.

Электрум распространен в бананках Южного блока. Он образует самостоятельные выделения (размером 0.1—1 мм) или сростается с галенитом, миаргиритом, пираргиритом, фрейбергитом, аргентитом. Выделения электрума неоднородны по составу, в пределах одного зерна пробность варьирует от 250 до 500 %, т.е. в нем отмечается кюстелит. Кроме того, в самородном золоте и электруме месторож-

дения отмечаются примеси Cu, Mn, Pb, Sb, Fe и As, указывающие на минеральную ассоциацию, к которой принадлежит золото.

В дорудную стадию на месторождении образовались диагенетический пирит вмещающих терригенных отложений и метаморфогенные кварцевые жилы. Процесс рудообразования начался с отложения раннего кварца (кварц-хлорит-пиритовая минеральная ассоциация), нараставшего на поверхность рудовмещающих трещин и сформировавшего зальбанды рудоносных жильных тел. Затем отложился кварц из коллоидных растворов, выполнивший центральные части жил (метаколлоидные и пластинчато-каркасные агрегаты). Вместе с этим кварцем выделилась основная масса рудных минералов, что позволяет объединить их в кварц-сульфидную стадию. В этой стадии на основании структурных и текстурных особенностей размещения и взаимоотношений различных минералов установлены четыре минеральные ассоциации: арсенопирит-пиритовая, пирит-блеклорудная, золото-сульфидно-полиметаллическая, электрум-сульфоантимонитовая. Арсенопирит-пиритовая минеральная ассоциация, по-видимому, наиболее ранняя, образовалась совместно с отложением кварца второй генерации, что доказывается распространением ее неравномерной вкрапленности по всей массе жил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Изучение условий рудообразования Промежуточного месторождения проводилось на протяжении многих лет разными методами термобарогеохимии. Достаточно много замеров температур гомогенизации было выполнено на термокамере конструкции Н.П. Ермакова. Предварительно изучались морфологическая характеристика флюидных включений, особенности их распределения в минерале-хозяине и фазовый состав. Характеристика включений в кварце различных генераций из различных жильных тел месторождения приведена в табл. 1. При визуальном изучении выделены два типа флюидных включений: 1) двухфазовые газожидкие и 2) газовые включения, среди которых выделяются малоплотные включения с водяным паром (2а) и более плотные, содержащие при комнатной температуре фазу жидкой углекислоты (2б).

В метаморфогенном кварце наряду с двухфазовыми газожидкими флюидными включениями встречаются газовые, содержащие углекислоту (до 90 %) включения. Температура гомогенизации двухфазовых флюидных включений находится в интервале 350—250 °С. Вторичные флюидные включения, развитые по многочисленным трещинкам, гомогенизируются в диапазоне 170—130 °С. Размеры флюидных включений не превышают 10 мкм; их форма обычно неправильная (рис. 8). Для кварц-хлорит-пиритовой минеральной ассоциации характерны двухфазовые флюидные включения, иногда встречаются

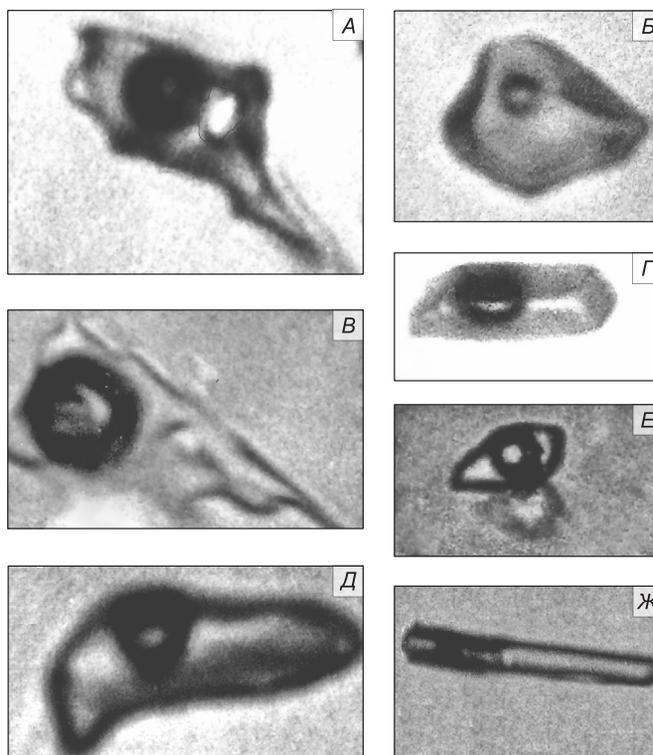
Таблица 1. Характеристика и температуры гомогенизации включений в кварцах различных минеральных ассоциаций

Разновидность кварца	Тип включений*	Размер, мкм		Температура, °С
		включений	газовой фазы	
Дорудная кварц-пиритовая ассоциация				
Метаморфогенный кварц	1, 2б	10	2—3	350—250
Пирит-арсенопиритовая ассоциация				
Полупрозрачный массивный кварц	1, 2б	30	5—8	300—260
Золото-пираргирит-блеклорудная ассоциация				
Метаколлоидный кварц	1, 2а	60	8—10	250—201
Кристаллический кварц	1	60	15—20	300—230
Полиметаллическая ассоциация				
Полупрозрачный шестоватый кварц	1, 2б	40	10	200—170
Метаколлоидный пластинчатый кварц	1	200	50	270—170
Антимонит-пиритовая ассоциация				
Полупрозрачный кварц	1, 2б	10	4	220—130
Пострудная ассоциация				
Молочно-белый кварц	1	6	2	290
Аметист	1	80	30	390—340

* 1 — двухфазовые газожидкие, 2а — газовые, 2б — газовые с углекислотой.

Рис. 8. Морфология включений в кварце жил месторождения Промежуточное и вмещающих пород.

Включения (А, В, Г, Д, Е, Ж) гомогенизируются в жидкость при температуре выше 200 °С; включения (Б) и (З) гомогенизируются в жидкость при температуре ниже 200 °С. А — ув. 800, Б — ув. 600; В — ув. 500; Г — ув. 600; Д — ув. 1000; Е — ув. 1000; Ж — ув. 600; З — ув. 1000.



ся газовые включения с углекислотой. Форма включений изометричная или вытянутая, размер от 5 до 30 мкм. Гомогенизация в жидкость наступает при температурах 300—290 °С.

В кварце продуктивной стадии встречаются различные типы флюидных включений: газожидкие, газовые (в том числе с углекислотой) и однофазовые. Размеры включений обычно не превышали 30 мкм. Морфология включений разнообразная (см. рис. 8). Наибольший интерес представляют собой двухфазовые флюидные включения, выявленные в прозрачном крупнокристаллическом кварце электрум-сульфоантимонитовой минеральной ассоциации, размеры некоторых из них превышают 50 мкм. Для этого кварца не характерны углекислотные включения, обычные для кварца других минеральных ассоциаций. Включения в кристаллах расположены по зонам роста. Наибольшее количество изометричных включений размером 30—50 мкм обнаружено в периферийных частях кристалла. Центральные части кристаллов характеризуются различными по морфологии включениями, размеры которых не превышают 10 мкм. По границе сросшихся кристаллов кварца отмечается развитие вторичных включений цилиндрической формы. Температуры гомогенизации флюидных включений в пределах одного кристалла варьируют от 220 до 170 °С, понижаясь к периферийным зонам. Температура гомогенизации вторичных включений составляет 120—130 °С. Для первичных включений установлены два типа процесса гомогенизации: в газ и в жидкость. Смена режима обычно наблюдается на рядом расположенных включениях и позволяет говорить о вскипании минералообразующих растворов в процессе рудообразования и захвате флюида во включения на границе двухфазового равновесия газ—жидкость.

Таким образом, образование кварцевых жил месторождения представляло собой длительный и сложный, многоступенчатый пульсационный процесс (рис. 9): начиналось выделением раннего шестоватого кварца (300—250 °С), продолжалось отложением продуктивного кварца (250—180 °С), затем образуется межпродуктивный кварц (200—150 °С) и завершилось отложением метаколлоидного кварца, ассоциирующего с антимонитом (220—150 °С).

Для изучения условий формирования богатых руд месторождения были выполнены термо- и криометрические исследования индивидуальных флюидных включений в кварце р.т. 3 и 11 месторождения

Промежуточное. Предварительные результаты этих исследований были опубликованы в работе [Волков и др., 2006].

Микротермометрические исследования флюидных включений проводились на установке THMSG-600 фирмы «Linkam», позволяющей производить измерения температур фазовых переходов в интервале температур от -196 до 600 °С и наблюдать за ними при больших увеличениях. Концентрация солей для флюидных

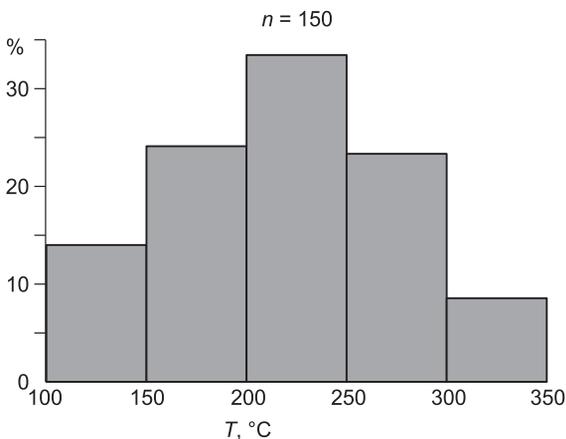


Рис. 9. Гистограмма температур гомогенизации включений в жильном кварце месторождения Промежуточное.

Таблица 2. Результаты термо- и криометрических исследований флюидных включений в кварце богатых руд Промежуточного месторождения (Северо-Восток России)

№ пробы	Минерал	n	Температура, °С					С солей, мас. % экв. NaCl	d, г/см ³	Давление, бар	P _{общ.} /P _{воды}
			гомогенизации	эвтектики	плавления льда	плавления CO ₂	гомогенизации CO ₂				
Рудное тело 5											
10	Кварц*	7	221	-33	-2.3	—	—	3.8	0.88	270—230	13.4—21.3
	»	6	194	-24	-2.5	—	—	4.1	0.90		
	»	17	—	—	—	-58.0	28.5 Г	—	0.30		
Рудное тело 11											
9	Кварц*	9	247	-33	-1.7	—	—	2.9	0.83	30	1.0
	»	5	244	-32	-2.5	—	—	4.2	0.84		
	»	17	241	-34	-1.9	—	—	3.2	0.85		
	Кварц	8	193	-30	-2.1	—	—	3.6	0.90		
	»	3	179	-32	-2.4	—	—	4.0	0.92		
	»	2	178	-31	-2.6	—	—	4.3	0.92		

* Гетерогенное состояние флюида (вскипание). Г — гомогенизация CO₂ в газ.

включений оценивалась по температуре плавления льда с использованием данных из работы [Bodnar, Vityk, 1994]. Давление определялось для гетерогенного флюида по сингенетичным существенно газовым и газожидким флюидным включениям как сумма парциальных давлений паров воды и давления CO₂ [Прокофьев, Кигай, 1999]. Для оценки давления использовался метод пересечения изохоры (строилась по флюидным включениям газовой фазы) и изотермы (по температуре гомогенизации существенно водных флюидных включений) [Калужный, 1982]. Оценка концентраций солей, плотностей водного флюида и CO₂, а также давлений проводилась с использованием программы FLINCOR [Brown, 1989].

В кварце р.т. 3 обнаружены первичные существенно газовые и газожидкие флюидные включения, являющиеся сингенетичными и свидетельствующие о гетерогенном состоянии флюида. Газовые флюидные включения содержат малоплотную углекислоту (0.30 г/см³), которая гомогенизируется в газовую фазу при температуре +28.5 °С. Газожидкие флюидные включения содержат водный раствор хлоридов натрия и калия с концентрацией солей 4.1—3.8 мас. % экв. NaCl. Температура гомогенизации газожид-

ких ФВ составляет 221—194 °С, оценка давления 270—230 бар, а отношение $P_{общ.}/P_{воды}$ 13.4—21.3 (табл. 2).



В кварце р.т. 11 также присутствуют сингенетичные существенно газовые и газожидкие флюидные включения (рис. 10). Параллельные слои этих включений в кварце представляют реликты халцедоновидных и агатовидных (пластинчатых и каркасно-пластинчатых) текстур кремнезема. Однако газовые флюидные включения в нем содержат только водяной пар. Газожидкие флюидные включения заполнены водным раствором хлоридов натрия с концентрацией солей 4.2—2.9 мас. % экв. NaCl. Температура гомогенизации этих флюидных включений 247—241 °С, давление водяного пара около 30 бар, а отношение $P_{общ.}/P_{воды}$ составляет 1.0 (см. табл. 2). Кроме того, во внешней части кристаллов

Рис. 10. Первичные двухфазовые флюидные включения в кварце р.т. 11 месторождения Промежуточное.

T_{гом.} 240 °С. Длина масштабной линейки 10 мкм.

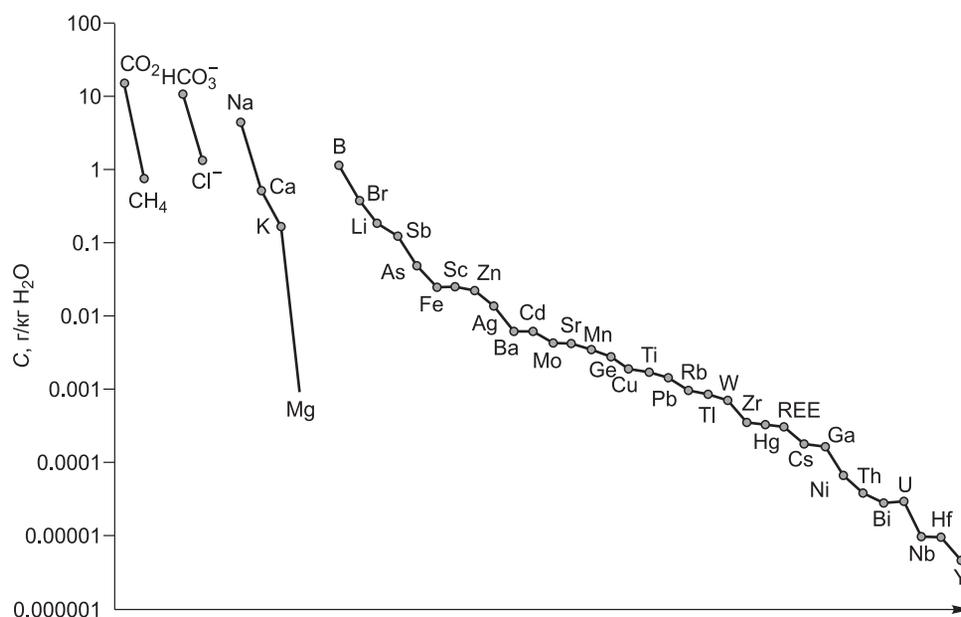


Рис. 11. Состав рудообразующего флюида р.т. 11.

Выделены 4 группы компонентов: газы, анионы, катионы и микроэлементы.

кварца имеются более низкотемпературные газожидкие флюидные включения ($T_{\text{гом.}}$ 193—178 °С) с концентрацией солей 4.3—3.6 мас. % экв. NaCl (см. табл. 2), которые не сопровождаются сингенетичными газовыми флюидными включениями (т.е. кипения раствора при их захвате уже не было).

Состав раствора флюидных включений в кварце р.т. 11 был изучен методами газовой хроматографии, ионной хроматографии и ICP MS по методике, опубликованной в работе [Кряжев и др., 2006]. Анализ флюидных включений производился из навески кварца весом 0.5 г фракции 0.5—0.25 мм в ЦНИГРИ (аналитик Ю.В. Васюта). Предварительно во флюидных включениях той же навески определялось количество воды для расчета концентраций всех компонентов в гидротермальном растворе. Анализировались также углекислота и метан, а после приготовления вытяжки в растворе определялся хлор, калий, натрий, кальций, магний, растворенный кремнезем и широкий круг микроэлементов.

Результаты изучения состава флюидных включений в жильном кварце позволили оценить концентрации многих компонентов в растворе флюидных включений (рис. 11). Из газов в составе флюида были обнаружены (г/кг воды) углекислота (15.3) и метан (0.7). Среди анионов установлены (г/кг воды) HCO₃⁻ (11.0) и Cl⁻ (1.4). В составе катионов преобладал (г/кг воды) натрий (4.6), а калий (0.5), кальций (0.2) и магний (0.001) находились в подчиненном количестве. Из микрокомпонентов установлены (г/кг воды): B (1.2), Li (0.40), Br (0.19) и As (0.13), а также (мг/кг р-ра): Sb (51), Fe (26), Sc (26), Ag (22.9), Zn (14), Ba (6.3), Cd (6.2), Mo (4.4), Sr (4.3), Ge (3.7), Mn (2.8), Cu (1.9), Ti (1.7), Pb (1.4), Rb (1.0), Tl (0.85), W (0.7), Zr (0.37), Hg (0.34), Cs (0.3), REE (0.18), Ni (0.16), Ga (0.07), Th (0.04), Bi (0.03), Nb (0.03), U (0.01), Y (0.01) и Hf (0.005). Среди микрокомпонентов нужно отметить повышенные концентрации серебра, сурьмы и железа, которые согласуются с геохимическим профилем рудной минерализации. Суммарная величина солёности раствора составила 37.5 г/кг воды, что хорошо согласуется с данными криометрических исследований индивидуальных флюидных включений. Низкие концентрации солей и сравнительно низкие температуры позволяют достаточно уверенно говорить о гидросульфидной форме нахождения золота в растворе.

Повышенные концентрации бора и лития в растворе флюидных включений свидетельствуют об участии в рудообразующем процессе флюидов, связанных с гранитоидами. В то же время высокая величина K/Rb отношения (556) указывает на участие в рудоотложении и растворов иного генезиса [Прокофьев, 2005]. При этом данные оценки давления показывают на различную тектоническую обстановку в период формирования изученных р.т. — открытых трещин для р.т. 11 и полуоткрытой системы (плохо проницаемой для углекислоты) для р.т. 3. Возможно, р.т. 11 формировалось вблизи области основной разгрузки гидротермальной системы, что может указывать на большую перспективность этой части структуры месторождения.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Полученные нами результаты хорошо корреспондируют с моделью рудообразования месторождения Хисикари, в которой возникновение чрезвычайно богатого оруденения зоны Хонко (60 г/т), сфокусированного вблизи структурного несогласия между терригенным основанием и перекрывающими вулканическими породами, объясняется сочетанием двух процессов [Izava et al., 1990]: вскипанием высокотемпературных флюидов под экраном вулканогенных толщ, что приводило к отложению первых порций золота; последующим смешением глубинных вод с нагретыми до состояния пара подземными водами вблизи зоны структурного несогласия, что приводило к их быстрому охлаждению, окислению и дальнейшему рудообразованию.

Вполне возможно, что руды мелкого месторождения Промежуточное сформировались по аналогичной Хисикари схеме. Возникает вопрос, чем объяснить огромное несоответствие запасов этих месторождений? Рассмотренные выше, геоморфологические, геолого-структурные, минералого-геохимические и текстурные особенности Промежуточного месторождения однозначно указывают на его значительную эродированность. Весьма вероятно, что упоминавшиеся выше Сопка Рудная, Печальное, Кысылга и другие подобные месторождения перивулканических зон эродированы так же сильно, как и месторождение Промежуточное. Богатые рудные тела сохранились в их пределах только в виде корневых частей с незначительными запасами золота и серебра.

Приведенные в настоящей статье данные показывают определенную генетическую связь эпитеpmальных руд месторождения Промежуточное с золото-редкометалльным («intrusion related») оруденением. Последнее широко развито в фундаменте Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, в золото-серебряных рудных районах Примагаданья, Кони-Пьягина, Хаканджинском и многих других [Волков и др., 2007]. Связь корневых частей золото-серебряного с золото-редкометалльным оруденением установлена в пределах штока Паук [Сидоров и др., 2009] и на месторождении Школьное [Прокофьев и др., 2005]. Тесная пространственно-генетическая связь золото-серебряного эпитеpmального и золото-турмалин-сульфидно-кварцевого мезотермального типов оруденений, образующих многоярусную вертикальную рудную колонну, установлена также в Далабай-Жельдыкоринской рудообразующей системе (Казахстан) [Валиева, 2006]. Золото-серебряносные жилы на всех перечисленных выше объектах не имеют значительных запасов, так как они, по-видимому, существенно эродированы.

Что касается порфировой рудообразующей системы, то здесь многие исследователи [Попов, 1977; и др.] также не видели связи между рудоносностью фанеритовых (полнокристаллических) и порфировых интрузивов. На Северо-Востоке России связь порфирового оруденения с эпитеpmальным жильным (непорфировым) также представлялась очевидной [Сидоров, 1998]. Однако эти непорфировые (околопорфировые) жильные образования длительное время не отождествлялись с эпитеpmальными месторождениями. Хотя на 5-м симпозиуме IAGOD I.A. Randal [1978] предлагал разбуривать участки с отработанными золото-серебряными и серебряными месторождениями с целью выявления корневых медно-порфировых месторождений. А.А. Сидоров и Ю.И. Новожилов [1982] уже в это время полагали, что корнями эпитеpmальных месторождений могут оказаться не только порфировые, но и вкрапленные золотосульфидные руды типа майских на Чукотке и карлинских в штате Невада и Юта в США, а также колчеданные типа куроко и железисто-кварцитовые и сульфидные в докембрийских зеленокаменных поясах типа Хомстейк (США) и Калгурли (Австралия). Впрочем, миоценовые эпитеpmальные золото-серебряные руды регенерированного типа уже давно были известны на месторождении Хомстейк [Рай и др., 1977]. Р. Силлитое [Sillitoe, 1993] рассматривает эпитеpmальное золото-серебряное оруденение только в составе медно-порфировой рудообразующей системы. В его построениях корнями эпитеpmальные рудные тела связаны с медно-порфировым вкрапленным оруденением.

Таким образом, в ОЧВП и его перивулканической зоне существуют условия для формирования многоярусного эпитеpmального оруденения. Второй ярус чрезвычайно богатых эпитеpmальных жил можно достаточно уверенно прогнозировать под экраном эффузивов в основании вулканических структур. В качестве первоочередных объектов для поисков в их пределах могут рассматриваться локальные купольные поднятия терригенных пород фундамента, устанавливающиеся по геологическим и геофизическим данным. Перспективны для поисков также рудные поля, приуроченные к реликтам сильноэродированных вулканических структур, расположенных в зонах ТМА, оперяющих структуры вулканогенных поясов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 09-05-00697-а, 04-05-65339 и 11-05-00006-а), программ Президиума РАН № 23 и ОНЗ 2, проекта Международной геологической корреляции ЮНЕСКО IGCP 540 и Минобрнауки (госконтракт 16.515.11.5014).

ЛИТЕРАТУРА

- Валиева Д.С.** Золото-серебряное оруденение Далабай-Жельдыкоринской вулканоплутонической структуры Южной Жонгарии (Казахстан): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Алма-Аты, 2006, 26 с.
- Волков А.В.** Опыт изучения структурных взаимоотношений комплексных золото-сереброносных рудных тел и даек для уточнения возрастных и пространственных закономерностей размещения оруденения. М., ВИЭМС, 1983, вып. 2, с. 1—11.
- Волков А.В.** Близповерхностное оруденение в терригенных толщах перивулканической зоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеанская геология, 1989, № 4, с. 97—100.
- Волков А.В., Сидоров А.А.** Уникальный золоторудный район Чукотки. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2001, 180 с.
- Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А.** Месторождения золота и серебра Чукотки. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2006а, 220 с.
- Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Сидоров А.А.** Новые данные об условиях формирования и составе рудообразующих флюидов золото-серебряного месторождения Промежуточного (Центральная Чукотка, Россия) // Докл. РАН, 2006б, т. 408, № 2, с. 218—222.
- Волков А.В., Савва Н.Е., Сидоров А.А.** О плутоногенных месторождениях с тонкодисперсным золотом // Докл. РАН, 2007, т. 412, № 1, с. 76—80.
- Калужный В.А.** Основы учения о минералообразующих флюидах. Киев, Наук. думка, 1982, 240 с.
- Кряжев С.Г., Прокофьев В.Ю., Васюта Ю.В.** Использование метода ICP MS при анализе состава рудообразующих флюидов // Вестн. МГУ, сер. 4, геология, 2006, № 4, с. 30—36.
- Лингрэн В.** Минеральные месторождения. М., ОНТИ, 1935, 394 с.
- Петровская Н.В., Бернштейн П.С., Мирчинк С.Г., Андреева М.Г.** Геологическое строение, минералогия и особенности генезиса золоторудных месторождений Балейского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Труды ЦНИГРИ, 1961, вып. 45, ч. I—II, 156 с.
- Попов В.С.** Геология и генезис медно- и молибден-порфириновых месторождений. М., Наука, 1977, 204 с.
- Прокофьев В.Ю.** О K/Rb отношении в реликтах рудообразующих флюидов // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Тезисы докладов. М., МГГГРУ, 2005, т. 2, с. 94.
- Прокофьев В.Ю., Кигаи И.Н.** Практическая термобарогеохимия. Современные методы изучения флюидных включений в минералах. Учебно-методическое пособие для аспирантов и студентов старших курсов геолого-разведочного факультета МГГА. М., ИГЕМ; МГГА, 1999, 62 с.
- Прокофьев В.Ю., Волков А.В., Горячев Н.А., Сидоров А.А.** Новые данные об условиях формирования и составе рудообразующих флюидов золоторудного месторождения Школьное (Северо-Восток России) // Докл. РАН, 2005, т. 401, № 5, с. 673—678.
- Рай Д., Доу Б., Делево М.** Золоторудное месторождение Хомстейк, Южная Дакота: изотопный состав свинца, возраст минерализации и источник свинца в рудах северной части района Блэк-Хилс // Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М., Мир, 1977, с. 149—169.
- Сидоров А.А.** Золото-серебряное оруденение Центральной Чукотки. М., Наука, 1966, 146 с.
- Сидоров А.А.** Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 1978, 368 с.
- Сидоров А.А.** Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруденения. Магадан, СВНЦ ДВО РАН, 1998, 246 с.
- Сидоров А.А., Новожилов Ю.И.** Существуют ли «корни» эпитермальных месторождений // Тезисы докладов МАГРМ (IAGOD). Тбилиси, 1982, т. VI, с. 144—145.
- Сидоров В.А., Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е., Сидоров А.А.** О корнях Au-Ag-эпитермального оруденения на примере Пауковского рудного поля, Детринского рудного района, Северо-Восток России // Докл. РАН, 2009, т. 425, № 3, с. 357—362.
- Уиссер Э.** Связь оруденения с купольными структурами в Североамериканских Кордильерах // Проблемы эндогенных месторождений. М., Мир, 1964, вып. 2, с. 9—196.
- Хельке А.** Молодые вулканогенные золото-серебряные месторождения Карпатской дуги. М., Всесоюзн. торг. палата, 1946, 350 с.
- Шахов Ф.Н.** Текстуры руд. М., Изд-во АН СССР, 1961, 180 с.
- Шнейдерхен Г.** Рудные месторождения. М., Иностран. лит., 1958, 450 с.
- Bodnar R.J., Vityk M.O.** Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Pontignano, Siena, 1994, p. 117—130.

Brown P. FLINCOR: a computer program for the reduction and investigation of fluid inclusion data // Amer. Miner., 1989, v. 74, p. 1390—1393.

Izava E., Urashima Y., Ibaraki K. The Hishikari gold deposits: high-grade epithermal veins in Quaternary volcanic of southern Kyushu, Japan // Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific. Elsevier, 1990, p. 1—56.

Randall J.A. Structural setting and emplacement of Veta Madre ore bodies using the Sirena and Rayas mines as examples, Guanajuato, Mexico // Proceeding of the IAGOD Fifth Symposium Utah, U.S.A. Snowbird, Alta, 1978, p. 151.

Sillitoe R.H. Gold-rich porphyry copper deposits; geological model and exploration implication // Geol. Assoc. Canada, Spec. Pap. 40, 1993, p. 465—478.

*Поступила в редакцию
17 февраля 2011 г.*