

С. Е. Знаменский, Н. М. Знаменская

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

Общепризнанной классификации золоторудных месторождений России в настоящее время не существует. Большинство систематик уральских месторождений золота построено на рудно-формационной основе. Однако в рамках рудно-формационного анализа существуют различные подходы к типизации золоторудных месторождений, учитывающие минеральный состав руд [Берзон, Левитан, 1986], минеральный состав и морфологию рудных тел [Сопко, 1977], глубину образования оруденения и количественные соотношения кварца и сульфидов в рудах [Салихов, Бердников, 1985] и другие. Наиболее развернутая классификация предложена В.Н. Сазоновым [Главные ..., 1990], в которой золоторудные месторождения Урала объединяются в две генетические группы: магмато-генно-гидротермальные и метаморфогенно-гидротермальные. Внутри групп месторождения разделяются по минеральному составу и морфологии рудных тел на рудные формации, имеющие, по данным автора классификации, отчетливую связь с магматическими комплексами. Первая группа представлена следующими формационными типами месторождений: 1) золото-порфировым в андезитовидных вулканоплутонических поясах; 2) золото-алюмосиликатным в связи с серпентинизированными гипербазитами; 3) золото-сульфидным в зонах рассланцевания в ассоциации с разноэтапными магматическими комплексами; 4) золото-полисульфидно-кварцевым жильным в тоналит-гранодиоритовых массивах и их дайковых сериях; 5) золото-сульфидно-кварцевым жильным в связи с тоналит-гранодиоритовыми и габбродиорит-гранодиоритовыми массивами и дайковыми комплексами гранитоид-порфиров; 6) золото-кварцево-жильным в интрузиях тоналит-гранодиоритовой формации повышенной глубинности; 7) золото-теллуридно-сульфидно-кварцевым зон тектономагматической активизации в ассоциации с габбро-диабазовыми и плагиогранитными комплексами; 8) золото-антимонит-киноварь-арсенопирит-карбонатным зон тектономагматической активизации в связи с дайковыми (?) комплексами базальтового состава. Метаморфогенно-гидротермальная группа разделяется на две формации: 1) золото-кварцевую жильную зон рассланцевания и 2) золото-сульфидно-кварцевую жильно-метасоматическую. В дальнейшем указанным автором была разработана классификация золоторудно-

метасоматических формаций Урала [Золото ..., 1993] и совместно с В.В. Огородниковым, В.И. Коротеевым и Ю.А. Поленовым проведена типизация месторождений по геодинамическим обстановкам их формирования [Месторождения ..., 1999].

Типизация месторождений по геодинамическим режимам формирования представляется не всегда обоснованной. Золотое оруденение весьма часто является эпигенетическим по отношению к вмещающим осадочным и магматическим комплексам, а именно они кладутся в основу геодинамических построений. Использование в качестве классификационного признака только минерального состава руд приводит к выделению малоинформативных формационных типов месторождений золота (золото-кварцевого, золото-сульфидного и т.д.), которые могут возникать в связи со структурно-вещественными комплексами разных геодинамических обстановок и иметь различный генезис. Классификации, в основу которых положен критерий глубинности образования месторождений, практически не учитывают генезис оруденения и связь рудных формаций с тектономагматическими комплексами. Применение таких классификаций часто вызывает затруднения, обусловленные отсутствием достоверных данных о глубине формирования конкретных месторождений.

Авторами, с использованием принципов, предложенных В.Н. Сазоновым [Главные ..., 1990], Ю.Г. Сафоновым [1997] и Н.А. Фогельман с соавторами [1995], разработана классификация золоторудных месторождений восточного склона Южного Урала, учитывающая их генезис, минеральный состав руд и вмещающие породы (табл.). По индикаторным характеристикам месторождения объединяются в три главные геолого-генетические группы: 1) гидротермально-метаморфогенные в альпинотипных гипербазитах, 2) плутоногенно-гидротермальные и 3) полигенно-полихронные в вулканогенно-осадочных и углеродисто-терригенно-карбонатных комплексах. Формирование месторождений первой группы связывается с метаморфогенным флюидом, выделившимся при дегидратации серпентинитов в процессе дислокационного или регионального метаморфизма. Общей особенностью месторождений второй группы является генетическая или парагенетическая связь с вулканоплутоническими и интрузивными комплексами. В месторождениях третьей группы сочетаются минерализация, син-

генетичная вмещающим породам, и наиболее продуктивное на золото эпигенетичное оруденение гидротермально-метаморфогенного и плутоногенно-гидротермального генезиса. Собственно золоторудные месторождения установлены в Магнитогорской и Восточно-Уральской (Урало-Тобольской) мегазонах.

Гидротермально-метаморфогенные месторождения в альпинотипных гипербазитах, относящиеся к золото-родингитовому (Золотая гора, Южно-Вознесенское) и золото-антигоритовому (Кировское) типам, известны в Магнитогорской мегазоне в коллизионных зонах меланжа Главного Уральского и Восточно-Магнитогорского разломов.

Эталонное золото-родингитовое месторождение Золотая гора, состоящее из серии протяженных хлорит-гранат-диопсидовых (родингитовых) жил, локализовано в Карабашском массиве серпентинизированных гипербазитов, меланжированных и смятых в веерообразную антиформу [Знаменский и др., 2005]. Складка на крыльях ограничена взбросо-надвигами

встречного падения, по которым серпентиниты контактируют с осадочными и вулканогенно-осадочными породами силура и верхнего девона. Жилы выполняют сдвиговые нарушения, наложенные на меланжированные серпентиниты. Главный рудный минерал месторождения — медистое и ртутьсодержащее золото (пробность 500–700) — концентрируется преимущественно в диопсидовых прожилках второй генерации, а также в наиболее поздних трещинах с карбонатом и хлоритом [Спиридонов и др., 1997; Мурзин, 2006]. На месторождении отчетливо выражен структурный контроль золотоносных прожилков трансенсивными дуплексами [Знаменский и др., 2005]. Данные по изотопному составу кислорода и водорода силикатных минералов родингитовой ассоциации месторождения, полученные в последнее время В.В. Мурзиным [2006], в наибольшей степени соответствуют модели, предусматривающей в качестве родингитизирующего агента метаморфогенный флюид, выделяющийся при дегидратации серпентинизированных ультра-

Таблица

Классификация золоторудных месторождений восточного склона Южного Урала

Геолого-генетические группы месторождений	Основные формационные типы месторождений	Геодинамические режимы формирования и стадии тектогенеза		Примеры месторождений
		Магнитогорская мегазона	Восточно-Уральская мегазона	
Гидротермально-метаморфогенные в альпинотипных гипербазитах	Золото-родингитовый	Коллизионный (D ₃)		Золотая гора
	Золото-антигоритовый	Коллизионный (C ₂ -P)		Кировское
Плутоногенно-гидротермальные	Золото-порфиновый	Островодужный (D ₁₋₂)	Активной континентальной окраины (D ₃ -C ₁)	Юбилейное, Березняковское
	Золото-сульфидно-кварцевый	Коллизионный, стадия левосторонней транспрессии (C ₂ -P)	Коллизионный, стадия шарьирования и надвигообразования (C ₂)	Малый Каран, Кочкарь
	Золото-кварцевый	Коллизионный, стадия левосторонней транспрессии (C ₂ -P)	Активной континентальной окраины (D ₃ -C ₁), коллизионный (C ₂ -P)	Тукан, Акпан
Полигенно-полихронные в вулканогенно-осадочных и углеродисто-терригенно-карбонатных комплексах	Золото-сульфидный	Коллизионный, стадия левосторонней транспрессии (C ₂ -P)	Коллизионный (?)	Кировское, Миндяк
	Полиформационный с совмещенным золото-сульфидным и золото-кварцевым малосульфидным оруденением		Коллизионный (C ₂ -P), постколлизионной тектоно-магматической активизации (Т)	Кумак, Непряхинское

Примечание: авторами в палеозойской истории развития восточного склона Южного Урала на коллизионном этапе (C₂-P) выделяются две стадии тектогенеза: ранняя — шарьирования и надвигообразования (C₂) и поздняя — сдвигообразования в режиме левосторонней транспрессии (C₂-P) [Знаменский, 2008а].

базитов в зонах деформаций. Родингитизирующий флюид, равновесный с силикатными минералами, характеризуется следующими значениями: $\delta^{18}\text{O} = +3,7 \div +8,3\text{‰}$, $\delta\text{D} = -3,6 \div -34,2\text{‰}$.

К золото-антгоритовому типу относится Кировское месторождение, залегающее в зоне меланжа Восточно-Магнитогорского разлома в одноименном массиве серпентинитов (рис. 1). Рудовмещающими структурами на месторождении служат две зоны расланцевания, сопряженные с надвигом, по которому серпентиниты перекрывают осадочные отложения (C_1) [Сазонов и др., 2002]. В пределах зон расланцевания серпентиниты подверглись ранней антгоритизации, сопровождавшейся формированием хризотил-асбестовых жил, магнетита и низкопробного золота (820), и поздним метасоматическим изменениям (амфиболитизации, хлоритизации, карбонатизации и оталькованию), с которыми связано высокопробное золото (920). По данным В.В. Мурзина с соавторами [2007], образование золото-антгоритового оруденения в гипербазитах Южного Урала происходило в зонах дислокаций в процессе регионального метаморфизма. Вторая стадия рудообразования, возможно, обусловлена гранитоидным магматизмом [Сазонов и др., 2002].

Плутоногенно-гидротермальные месторождения разделяются на золото-порфировый, золото-кварцевый и золото-сульфидно-кварцевый типы.

Золото-порфировое оруденение представлено Юбилейным и Березняковским месторождениями, расположенными в Магнитогорской и Восточно-Уральской мегазонах соответственно. Формирование первого из них связывается с базальтоидным магматизмом барьерной зоны палеоостровной дуги (D_{1-2}) [Кривцов и др., 1986], а второго — с андезитовидным вулканоплутоническим поясом (D_3-C_1) [Грабежев и др., 2000]. Оба месторождения приурочены к субвулканическим штокам умеренно кислых гранитоидов. На Юбилейном месторождении предметом отработки служат линейные кварц-сульфидные штокверки, развитые среди метасоматитов существенно кварцевого состава (рис. 2) [Стороженко, 1984]. Главными рудными минералами являются пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит и антимонит. На Березняковском месторождении,

расположенном в Биргильдинско-Томинском рудном поле, рудные тела представляют собой линейные зоны прожилково-вкрапленной минерализации, локализованной в субширотных и северо-западных разрывах неясной генетической природы. Оруденение сопряжено с хлорит-слюдисто-кварц-альбитовыми метасоматитами. В его составе выделяются золото-полиметаллический (блеклая руда, высокопробное Au (984–970)), золото-теллуридно-полиметаллический (низкопробное Au (650–858), ртутистый электрум, теллуриды Ag, Pb, Bi) и теллуридно-полиметаллический (самородный Te, сylvанит и др.) парагенезисы [Грабежев и др., 2000]. Температура образования оруденения составляет 260–360 °С, давление — 0,2–0,4 кбар. Изотопные данные указывают на преимущественно мантийный источник флюидов и рудных компонентов [Грабежев и др., 2007].

По мнению А.И. Грабежева с соавторами [2000], детально изучавшими минералого-геохимические особенности руд и окорудных метасоматитов Березняковского месторождения, золото-порфировое оруденение занимает верхнюю (субвулканическую) часть меднопорфировой колонны. Мезоабиссальный уровень представлен в рудном поле Томинским медно-порфировым месторождением.

Золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые месторождения, распространенные в Маг-

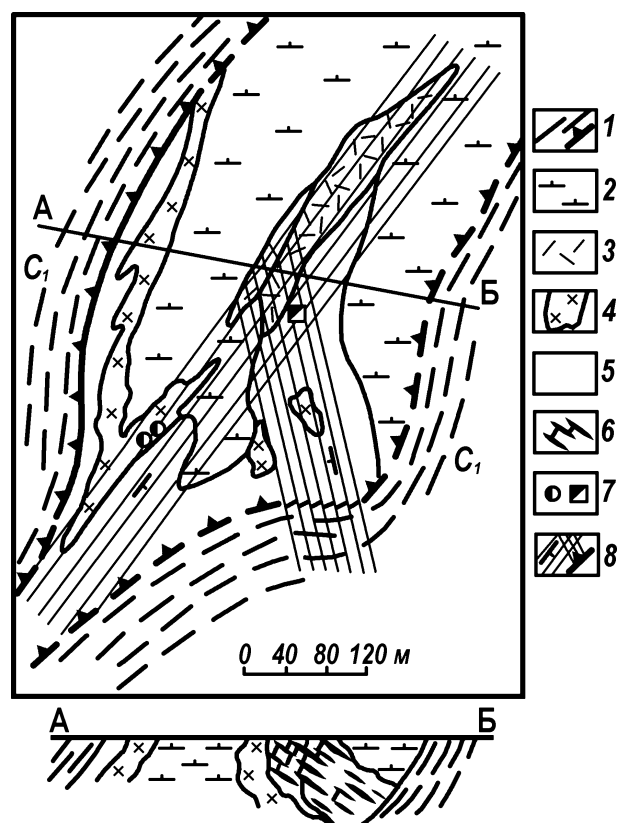


Рис. 1. Схема геологического строения Кировского месторождения [Сазонов и др., 2002]

Условные обозначения: 1 — углисто-кремнистые сланцы; 2 — серпентиниты (преимущественно антгоритовые); 3–5 — метасоматиты: амфиболового (3), хлоритового и тальк-хлоритового (4), талькового и тальк-карбонатного (5) составов; 6 — «змеевичные жилы» в зонах расланцевания; 7 — горные выработки (дудки, шурфы); 8 — надвиг и зоны расланцевания

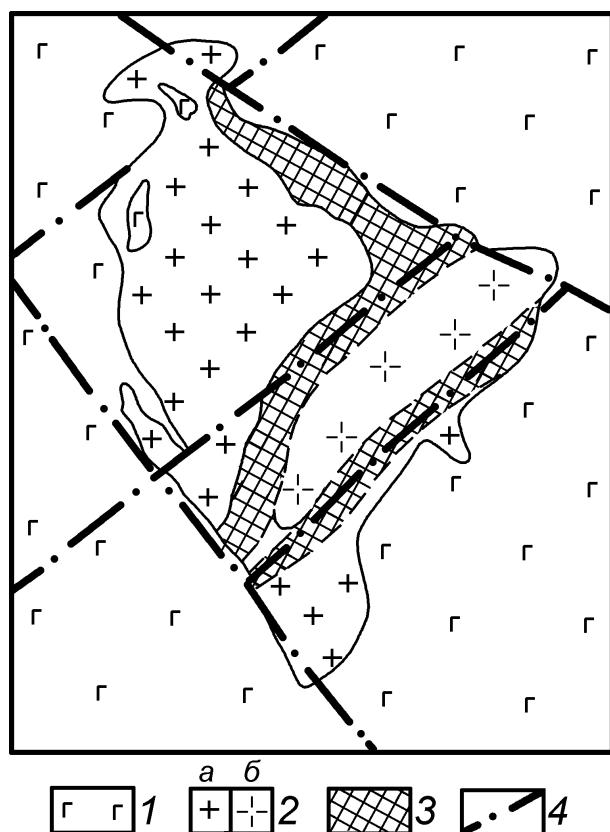


Рис. 2. Схема геологического строения Юбилейного месторождения [Стороженко, 1984]

Условные обозначения: 1 — диабазовые порфиры; 2 — плагиогранит-порфиры первой (а), второй (б) фазы внедрения; 3 — главные рудоносные зоны; 4 — тектонические нарушения

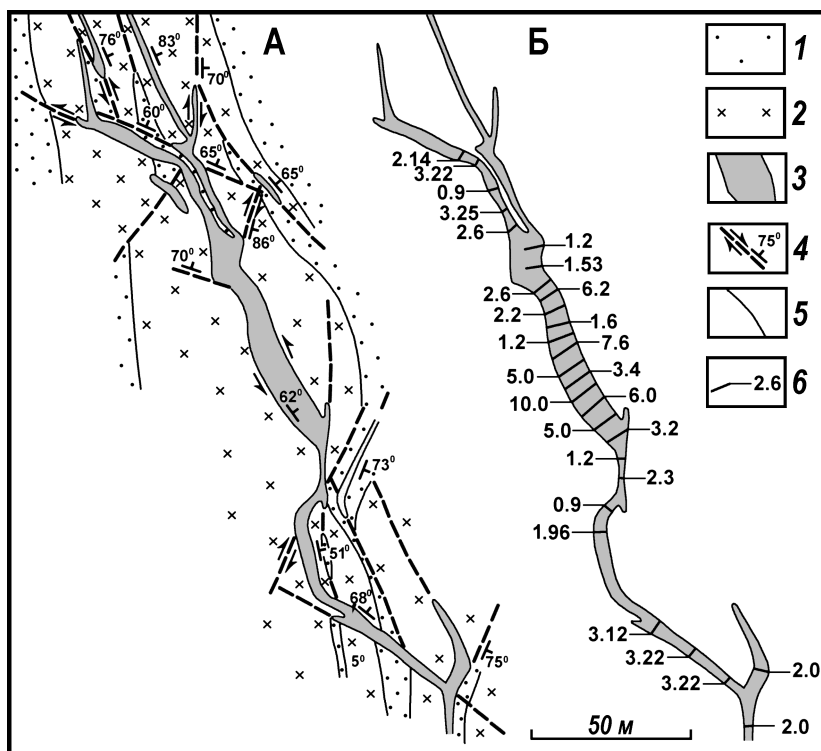
нигогорской и Восточно-Уральской мегазонах, существенно различаются между собой по составу и возрасту рудоносных магматических комплексов и структурным условиям образования. В Магнитогорской мегазоне месторождения этих типов тесно пространственно связаны с позднепалеозойскими комплексами малых интрузий и даек (Балбукским сиенит-гранит-порфировым, Худолазовским диабазовым и др.), имеющими геохимическую специализацию

на золото [Салихов, Бердников, 1985]. Размещение интрузивных комплексов и золотого оруденения контролируется позднепалеозойскими сдвиговыми структурами [Серавкин и др., 2001]. К числу главнейших рудовмещающих структур относятся следующие: 1) сдвиговые зоны с дуплексной структурой, 2) сдвиги с оперяющимися разрывами (рис. 3) и 3) узлы пересечения зон малоамплитудных сдвигов [Знаменский, 2008 б]. Рудные тела представлены отдельными жилами, сериями жил, линейными штокверками или комбинациями штокверков с жилами. Длина рудных тел по простиранию обычно составляет не более 150–200 м. Жилы характерны для месторождений, локализованных внутри интрузивных тел или вдоль их контактов. Штокверки развиваются во вмещающих осадочных и вулканогенно-осадочных породах, а также в серпентинитах. На некоторых золото-сульфидно-кварцевых месторождениях наряду с кварцевыми жилами и штокверками широко развита вкрапленная и прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация.

Типичными представителями золото-кварцевого оруденения являются мелкие месторождения

Рис. 3. Геолого-структурная схема (А) и план опробования (Б) северного фланга рудного тела «Центральная жила» месторождения Малый Каран (А — составлена с использованием данных Н.И. Бородавского [1938 г.], Б — по материалам эксплуатационных работ Малокаранского прииска [1949 г.]

Условные обозначения: 1 — обломочные породы основного состава; 2 — сиенит-порфиры Балбукского комплекса (C₂-P); 3 — зоны альбититов; 4 — разрывы и элементы их залегания (стрелками показаны направления смещений крыльев); 5 — геологические границы; 6 — места отбора проб и содержания Au, г/т



Худолазовской синклинали (Тукан, Басай, и др.), расположенной на западном фланге Магнитогорской мегазоны [Серавкин и др., 2001]. Золото-кварцевое жильное и штокверковое оруденение тесно пространственно связано с дайками диабазов позднепалеозойского Худолазовского дайкового комплекса. Кварцевые жилы развиты в основном вдоль контактов, а линейные штокверки — внутри даек. Кварцевые жилы и прожилки содержат карбонат, самородное золото и в небольшом количестве (не более 3%) сульфиды: пирит, халькопирит и галенит. Главными минералами околорудных метасоматических ореолов являются серицит, карбонаты, хлорит и кварц.

В мегазоне преобладают золото-сульфидно-кварцевые месторождения. К числу наиболее распространенных минеральных типов руд этих месторождений относятся пиритовый (Телегинское), пирит-арсенопиритовый (Сиратур), пирит-полиметаллический (Большой Каран) и пирит-полиметаллический с блеклыми рудами, теллуридами и минералами висмута (Алтын-таш). На некоторых месторождениях установлены шеелит (Возрождение) и антимонит (Большой Каран). Количество сульфидов в рудах составляет 10–15%. Золото находится в свободном и в дисперсном состоянии. Самородное золото, как правило, высокопробное (>900) [Месторождения ..., 1999]. Среди жильных минералов преобладают кварц, карбонат и альбит. Для эндогенного геохимического ореола характерно сочетание элементов «гранитоидного» (W, Mo, Bi, Sn, Cs) и ювенильного происхождения (Sb). Изотопные исследования S, H, C и O, насколько нам известно, на золото-сульфидно-кварцевых месторождениях Магнитогорской мегазоны не проводились. Минерально-геохимические данные свидетельствуют в пользу смешанного коро-мантийного источника рудных компонентов.

Околорудные метасоматиты относятся к березит-лиственитовой, эйситовой и хлорит(тальк)-карбонатной формациям. Температура образования оруденения составляет 430–170 °C, давление — 0,8–0,7 кбар [Сазонов, 1980; Бобохов и др., 1995; Викентьев и др., 2006]. Изотопными датировками охарактеризовано рудопроявление Рытовские жилы, околорудные метасоматиты которого имеют Rb-Sr возраст 255 млн. лет [Серавкин и др., 2001].

Плутоногенно-гидротермальные золото-сульфидно-кварцевые месторождения Восточно-Уральской мегазоны (Кочкарское, Джетыгаринское и др.) пространственно связаны с тоналит-гранодиоритовыми массивами (C₁₋₂) и их дайковыми сериями. Продуктивные интрузии представляют собой надсубдукционные коро-мантийные образования [Ферштатер и др., 2007], характеризующиеся геохимической

специализацией на золото [Язева, Бочкарев, 1990]. Тесная пространственная связь золото-сульфидно-кварцевого оруденения с массивами тоналит-гранодиоритовой формации имеет генетическую основу [Коротеев, Сазонов, 2005; Ферштатер и др., 2007]. Вместе с тем геологические и изотопные данные свидетельствуют о значительном временном разрыве процессов магма- и рудообразования и о смене геодинамического режима активной континентальной окраины, существовавшего в период становления продуктивных массивов, на коллизионный режим сжатия на рудном этапе [Иванов, 1944; Смолин, 1975; Знаменский, Серавкин, 2005; и др.]. Временной разрыв, по-видимому, может достигать нескольких десятков млн. лет. Например, на Айдырлинской площади возраст тоналит-гранодиоритового магматизма оценивается в 347 млн. лет (определения В.М. Горожанина [1998] для Каиндинского массива), а золото-сульфидно-кварцевого оруденения — в 315 млн. лет (для Айдырлинского месторождения) [Лозовая, Меньшикова, 1976]. Коллизионные геодинамические обстановки формирования месторождений отчетливо проявляются в региональном контроле их крупными надвиговыми зонами [Знаменский, 2007].

Рудные тела представляют собой кварцевые и карбонат-кварцевые жилы, серии жил и реже линейные жильно-штокверковые зоны, минерализованные сульфидами в количестве 10–20%. Промышленные жилы, как правило, локализованы внутри массивов, главным образом, в сколовых нарушениях [Знаменский, 2007]. Размещение жильного оруденения контролировалось надвиговыми, сдвиговыми и комбинированными полями палеонапряжений. С первым типом трехосного напряженного состояния связано формирование рудоносного парагенезиса, включающего парную систему надвиговых и взбросо-надвиговых нарушений (месторождение Джетыгара), со вторым — двух сопряженных систем сдвигов (Кочкарское рудное поле), а с третьим — пирамид сжатия, сочетающих надвиги, сдвиги и крутопадающие отрывы (месторождение Айдырля) (рис. 4). Наиболее продуктивным динамическим режимом на золотое оруденение являлся режим горизонтального сдвигания. Важную роль в размещении оруденения играла петрофизическая анизотропия среды, обусловленная наличием большого количества дорудных даек.

По данным В.В. Мурзина [1983], месторождения относятся к следующим основным минеральным типам: 1) пиритовому с халькопиритом, 2) полиметаллически-сульфидному, 3) пиритовому с сульфидами и сульфосолями, 4) пиритовому с сульфидами, сульфосолями, сульфотеллуридами и теллуридами. Золото большей частью самородное высокопробное

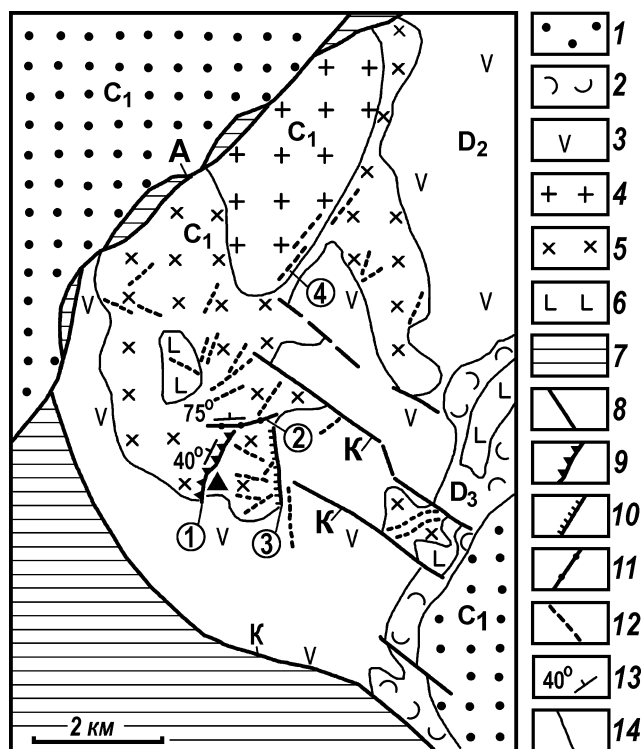


Рис. 4. Геологическая схема Айдырлинского золоторудного месторождения (по данным А.А. Иванова [1944] и Г.В. Божко)

Условные обозначения: 1 — терригенные отложения (C_1); 2 — вулканогенно-осадочные породы (D_2); 3 — базальты, андезит-базальты, их туфы (D_2); 4–5 — гранитоиды Айдырлинского массива (C_1): 4 — граниты, 5 — гранодиориты; 6 — габбро; 7 — серпентиниты; 8 — разломы: а — достоверные, б — предполагаемые (А — Айдырлинский надвиг, К — система Красноярских разломов); 9–12 — золоторудные кварцевые жилы, локализованные в надвигах (9), в краевых разломах (10), в трещинах отрыва (11), в сдвигах и разрывах неустановленного кинематического типа (12); 13 — элементы залегания кварцевых жил; 14 — геологические границы

(обычно больше 920) заключено в кварце и сульфидах. Для глубоких горизонтов месторождений характерно присутствие шеелита. Оруденение сопровождается метасоматитами березит-лиственитовой формации. Формирование золоторудной минерализации и сопряженных с ней метасоматитов происходило при $T = 400–80^\circ\text{C}$ и $P = 1,3–0,6$ кбар [Главные ..., 1990]. Изотопно-геохимические данные позволяют предполагать смешанный коро-мантийный источник рудных элементов золото-сульфидно-кварцевого оруденения [Ксенофонов, Давыдов, 1986; Золото ..., 1993; и др.].

Полигенно-полихронные месторождения в вулканогенно-осадочных и углеродисто-терригенно-карбонатных комплексах представлены двумя основными типами: золото-сульфидным и полиформационным с совмещенным золото-сульфидным и золото-кварцевым малосульфидным оруденением.

В Магнитогорской мегазоне получили развитие золото-сульфидные месторождения, концентрирующиеся на ее северном замыкании. Золото-сульфидное оруденение известно в породах различного возраста. В зоне Главного Уральского разлома оно распространено главным образом среди углеродсодержащих терригенных и олистостромовых толщ раннекаменноугольного (Миндяк, Средний лог) и предположительно силурийского (Орловское) возраста, а во внутренних частях мегазоны — в девонских вулканогенно-осадочных комплексах (Муртыкты, Ик-Давлят). В разрезе месторождений, залегающих среди удаленных фаций девонских

колчеданосных вулканогенных формаций, обычно присутствует ранняя вулканогенно-осадочная и гидротермально-метасоматическая минерализация существенно пиритового состава, например, на месторождениях Муртыкты, Ик-Давлят и Карагайлы. Эпигенетическое золото-сульфидное оруденение имеет на этих месторождениях пирит-полиметаллический состав и сопровождается окolorудными метасоматитами с Rb-Sr возрастом 294 (Муртыкты) и 286 (Карагайлы) млн. лет [Горожанин, 1998; Знаменский, Знаменская, 2007]. В углеродсодержащих осадочных и олистостромовых комплексах первичное оруденение представлено глобулярным пиритом (Миндяк), иногда в сочетании с арсенопиритом (Орловское). Сульфиды характеризуются тяжелым составом серы [Голуб и др., 1982]. В частности, значения $\delta^{34}\text{S}$ пирита из ранней пирит-арсенопиритовой ассоциации, распространенной на южном фланге Миндякского рудного поля, колеблются в интервале $+5,8 \div +20,9\text{‰}$ (39 определений), и только в одной пробе получено значение $-5,1\text{‰}$. Изотопный состав серы арсенопирита из той же ассоциации варьирует в интервале $+7,7 \div +13,2\text{‰}$. Эпигенетическое оруденение имеет в углеродсодержащих осадочных комплексах также преимущественно пиритовый или пирит-арсенопиритовый состав с незначительной примесью сульфидов полиметаллов.

подавляющее большинство месторождений не имеет видимых пространственных связей с интрузивными комплексами. В то же время отчетливо проявлен тектонический контроль оруденения узлами пересечения позднепалеозойских коллизионных разломов при ведущей роли региональных взбросо-надвиговых нарушений, трансформированных на рудном этапе в сдвиги [Знаменский, Знаменская, 2007]. Крупные концентрации золото-сульфидных руд (Миндяк, Муртыкты) установлены на участках наложения структурных узлов на конседиментационные палеодепрессии. Например, на Миндякском месторождении рудовмещающий полимиктовый олистостром слагает фрагмент колли-

зионного рампового прогиба. В Ильинском рудном поле рудовмещающие вулканогенно-осадочные толщи, представляющие собой промежуточные и удаленные фации карамалыташской риолит-базальтовой формации (D_2), выполняют сильно деформированную Ильинскую межвулканическую палеодепрессию [Знаменский, Знаменская, 2007].

Наиболее распространенными типами позднепалеозойского золото-сульфидного оруденения являются пиритовый, пирит-арсенопиритовый, пирит-халькопирит-сфалеритовый и пирит-полиметаллический с блеклыми рудами и теллуридами. Преобладающий морфологический тип руд — прожилково-вкрапленный. На некоторых месторождениях развита поздняя вкрапленно-прожилково-жильная кварц-сульфидная минерализация. Жильное выполнение представлено кварцем, карбонатами и альбитом. Золото находится главным образом в тонкодисперсной форме в сульфидах. В кварц-сульфидных рудах установлено высокопробное самородное золото (> 900) [Мурзин и др., 2003; Белогуб и др., 2006]. Температура образования оруденения и околорудных метасоматитов составляет $450\text{--}200^\circ\text{C}$, давление — $0,7\text{--}0,04$ кбар [Бахтина, Сазонов, 1980; Салихов, Бердников, 1985; Мурзин и др., 2003]. Изотопно-геохимические данные свидетельствуют о поступлении рудного вещества при формировании позднепалеозойской минерализации из разноглубинных источников: мантийных, коровых магматогенных и метаморфогенных, связанных с мобилизацией рудных компонентов из вмещающих пород. Изотопные исследования показали преобладание в пиритах руд месторождений Муртыкты, Миндяк, Средний лог и Красная горка ювенильной серы [Голуб и др., 1982]. В то же время изотопный состав С и О кварца и альбита из околорудных метасоматитов Миндякского месторождения ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} = -6,2 \div -7,8\%$; $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = +6,3 \div +8,2\%$) указывает на магматогенный источник рудоносного флюида [Мурзин и др., 2003]. На современной стадии изученности наиболее обоснованной представляется точка зрения о парагенетической связи золото-сульфидного оруденения с многофазовым Балбукским сиенит-гранит-порфировым комплексом ($\text{C}_2\text{—P}$) [Салихов, Бердников, 1985; Знаменский, Знаменская, 2007]. «Плутоногенный характер» эпигенетического оруденения подчеркивают поздние жильные и прожилковые кварц-сульфидные руды с самородным высокопробным Au (> 900), характерным для уральских месторождений, связанных с коллизионным гранитоидным магматизмом [Месторождения ..., 1999]. На некоторых месторождениях выявлены рудоконтролирующие интрузии субшелочного состава (Рябковские горки, Орловское, Верхнеубалинское, Мелентьевское). Например,

на Мелентьевском месторождении, наряду с золотоколчеданно-полиметаллическим оруденением, присутствует прожилково-вкрапленная золото-сульфидная минерализация, развитая в эндо-экзоконтактных зонах дайкообразного тела сиенитов [Рожков, Шер, 1952].

Признаки мобилизации рудных элементов установлены на многих месторождениях березитлиственитовой формации [Месторождения..., 1999]. На золото-сульфидных месторождениях Красная жила, Миндяк и Муртыкты они, в частности, проявляются в положительной корреляции содержаний элементов-примесей (Cu, Zn, Pb, Co) в пиритах руд с концентрациями этих элементов во вмещающих породах [Знаменский, Знаменская, 2007]. По-видимому, с регенерацией и ремобилизацией золота отчасти связан стратиграфический контроль эпигенетического оруденения на месторождениях Муртыкты, Ик-Давлят и Миндяк горизонтами, обогащенными сингенетической минерализацией.

В Восточно-Уральской мегазоне известны полигенно-полихронные месторождения обоих типов. Золото-сульфидная минерализация установлена в грабенообразных структурах Восточно-Уральского поднятия среди сильно дислоцированных позднепалеозойскими деформациями углеродисто-терригенно-карбонатных толщ (C_1). На Кировском и Каменском месторождениях, залегающих в Кировско-Кваркенском грабене, развита прожилково-вкрапленная пиритовая и арсенопиритовая минерализация с примесью халькопирита, сфалерита и пирротина [Арифуров и др., 2006]. Высокопробное золото образует микровключения в сульфидах. Оруденение характеризуется субпластовым распределением. Предполагается, что его образование связано с диагенно-катагенетическим преобразованием сингенетической минерализации, представленной в рудах в виде реликтов коллоидных гематит-мельниксит-пиритовых агрегатов, а также с более поздними гидротермальными процессами, обусловившими развитие в сдвиговых нарушениях серицит-кварцевых метасоматитов с вкрапленностью сульфидов.

Полиформационный тип месторождений представлен рудными зонами Кумакского и Непряхинского рудных полей. По-видимому, к нему относится также Светлинское месторождение [Месторождения ..., 1999]. Кумакское рудное поле приурочено к Кумак-Катансайской сдвиговой зоне смятия (рис. 5). Разломная зона образовалась в позднем палеозое на месте грабена, выполненного углеродсодержащими терригенно-карбонатными отложениями (C_1). В рудном поле широко развиты пестрые по составу малые интрузии и дайки раннекаменноугольного, позднекаменноугольно-пермского

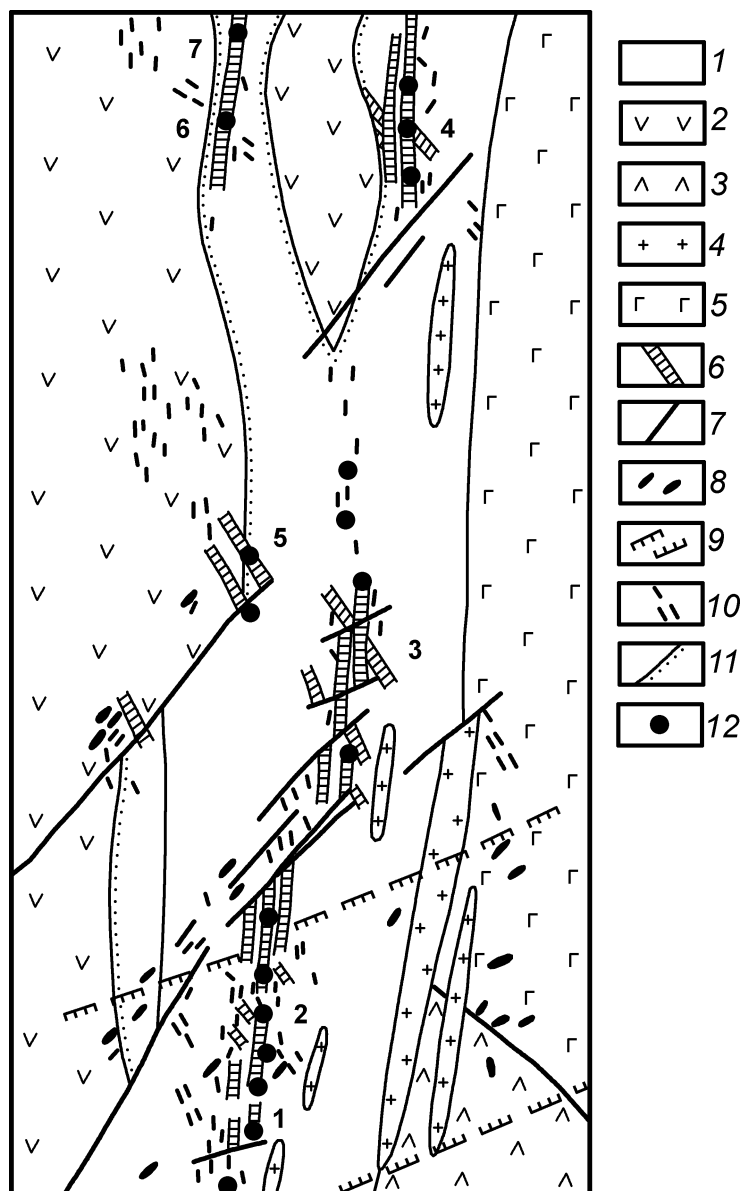


Рис. 5. Схема размещения месторождений и рудопроявлений золота на Кумакском рудном поле [Воин, 1966]

Условные обозначения: 1 — Кумакская «черносланцевая» толща; 2 — вулканогенно-осадочные отложения (C_1); 3 — основные эффузивы (D_1); 4 — гранит-порфиры (P); 5 — габброиды (PZ₃); 6 — минерализованные зоны смятия; 7 — отдельные нарушения; 8 — малые интрузии и крупные дайки Кумакского комплекса; 9 — контуры пояса малых интрузий СВ простирания; 10 — крупные кварцевые жилы; 11 — геологические границы; 12 — месторождения и рудопроявления золота, в том числе: 1 — Кумакское Южное, 2 — Кумакское Северное, 3 — Байкал, 4 — Коммерческое, 5 — Амур, 6 — Миля, 7 — Лунь

золото-сульфидным (с ранней золото-арсенипирит-пиритовой и поздней золото-полиметаллической ассоциациями), 2) жильным золото-шеелит-кварцевым, 3) прожилковым золото-тетрадимит-кварцевым и 4) жильно-прожилковым альбит-кварцевым с самородными металлами и интерметаллидами [Воин, 1966; Новгородова, 1983]. Возрастные взаимоотношения и генетическая природа оруденения различных типов дискуссионны. Опубликованы гидротермально-метаморфогенная [Рудский, 1982] и плутоногенно-гидротермальная [Воин, 1966] модели формирования месторождения, а также модель, связывающая образование оруденения с потоками трансмагматических флюидов [Новгородова, 1983].

Непряхинское рудное поле расположено в зоне регионального Байрамгуловского надвига близмеридионального простирания. Оно сложено интенсивно дислоцированными вулканогенными породами среднего девона (?) и кремнисто-глинистыми и углисто-кремнистыми сланцами нижнего карбона, метаморфизованными на уровне зеленосланцевой фации [Альбов, 1948; Месторождения ..., 1999]. В вулканогенных породах преимущественно основного состава присутствуют маломощные линзы сплошных колчеданно-полиметаллических руд, а в углеродистых сланцах, по данным Ч.Х. Арифлуова с соавторами [2006], — сингенетичный слабо-золотоносный пирит. В рудном поле отрабатывалось несколько месторождений (Мягкая жила, Смоленская полоса и др.). Основные рудные тела на этих месторождениях представляют собой крутопадающие зоны смятия и рассланцевания, вмещающие дайки сильно альбитизированных риолитов неизвестного возраста [Альбов, 1948]. В пределах зон развита прожилково-вкрапленная пирит-арсенипирит-сфалерит-галенитовая минерализация,

и триасового возраста [Воин, 1966; Новгородова, 1983]. Основными рудовмещающими структурами служат две меридиональные зоны смятия и расланцевания более высокого порядка, в пределах которых проявились разнообразные по составу и возрасту гидротермальные изменения, связанные с дислокационным метаморфизмом и метасоматозом, а также золоторудная минерализация. Рудовмещающие зоны смятия развиты в углисто-терригенной пачке, породы которой отличаются присутствием консидиментационного золотоносного пирита [Рудский, 1982]. Предполагается, что сингенетичная минерализация являлась одним из источников золота. Золотопродуктивные метасоматиты объединяются в три формации: эйситовую, березит-лиственитовую и серицит-кварцевую. Оруденение представлено следующими типами: 1) прожилково-вкрапленным

пространственно связанная с дайками риолитов, а также различно ориентированные кварцевые прожилки и жилы с самородным низкопробным золотом (850) и незначительным содержанием пирита и арсенопирита. Вмещающие породы в рудных зонах преобразованы в кварц-серицит-хлоритовые и хлорит-карбонат-талковые метасоматиты.

Предлагаемая классификация может быть дополнена золото-скарновым формационным типом месторождений, а также группой вулканогенных месторождений, известных в других металлогенических провинциях мира, но пока еще не обнаруженных на Южном Урале.

Литература:

- Альбов М.Н.** Месторождения к востоку от Ильменского хребта // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1948. С. 305–315.
- Арифюлов Ч.Х., Плугин Д.В., Чернояров В.Г. и др.** Золоторудные месторождения «черносланцевого» типа на Южном Урале и закономерности их размещения // Отечественная геология. 2006. № 4. С. 13–22.
- Бахтина А.П., Сазонов В.Н.** Околорудный метасоматоз на одном золото-полиметаллическом месторождении // Рудоносные метасоматиты Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 52–67.
- Белогуб Е.В., Новоселов К.А., Котляров В.А. и др.** Минералогия окисленных руд золото-полиметаллического месторождения Ик-Давлят (Южный Урал) // Записки РМО. 2006. № 5. С. 35–43.
- Берзон Р.О., Левитан Г.М.** Формационная классификация золоторудных месторождений Урала // Труды / ЦНИГРИ. М., 1986. Вып. 201. С. 75–82.
- Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Мичурин С.В.** Стадийность гидротермального процесса на золото-сульфидных месторождениях Муртыкты и Красная жила // Ежегодник–94 / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 1995. С. 90–92.
- Викентьев И.В., Елманов А.А., Карлухина В.С.** К вопросу о происхождении Константиновского золоторудного месторождения на Южном Урале // Металлогения древних и современных океанов — 2006. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. С. 296–209.
- Воин М.И.** Особенности структуры и оруденения Кумаковского рудного поля и методика выделения обогащенных интервалов в минерализованных зонах смятия // Изв. вузов. Геология и разведка. 1966. № 11. С. 77–86.
- Главные** рудные геолого-геохимические системы Урала / *А.М. Дымкин, В.М. Нечехин, В.Н. Сазонов и др.* М.: Наука, 1990. 270 с.
- Голуб М.Л., Бердников П.Г., Шаймарданова Р.М.** Новые данные по геохимии Миндякского месторождения // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса полезных ископаемых Южного Урала. Уфа: ИГ БФАН СССР, 1982. С. 77–80.
- Горожанин В.М.** Первичный изотопный состав стронция в магматических комплексах Южного Урала // Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 98–108.
- Грабежев А.И., Сазонов В.Н., Мурзин В.В. и др.** Березняковское золоторудное месторождение (Южный Урал) // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42, № 1. С. 38–52.
- Грабежев А.И., Плотинская О.Ю., Шардакова Г.Ю. и др.** Изотопы стронция и редкоземельные элементы в карбонатах месторождений Томинско-Березняковского рудного узла (Южный Урал) // Эндеогенное оруденение в подвижных поясах: Мат-лы / Междунар. науч. конф. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 294–297.
- Знаменский С.Е.** Структурные условия формирования золото-полисульфидно-кварцевых месторождений Южного Урала // Металлогения древних и современных океанов — 2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы. Миасс: Имин УрО РАН, 2007. Т. 2. С. 3–5.
- Знаменский С.Е.** Структурная эволюция Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) в позднем палеозое // Докл. РАН. 2008 а. Т. 420, № 1. С. 85–88.
- Знаменский С.Е.** Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук / МГУ. Москва, 2008 б. 46 с.
- Знаменский С.Е., Знаменская Н.М.** Геолого-структурная модель золото-сульфидного месторождения Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) / Геологический сборник № 6 / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2007. С. 218–229.
- Знаменский С.Е., Серавкин И.Б.** «Структурная ловушка» золоторудного месторождения Кочкарь (Южный Урал) // Докл. РАН. 2005. Т. 403, № 6. С. 788–791.
- Знаменский С.Е., Серавкин И.Б., Майер М.Ф.** Структурный контроль золоторудингитового оруденения месторождения Золотая гора (Южный Урал) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. № 1. С. 30–35.
- Золото Урала.** Коренные месторождения / *В.Н. Сазонов, Н.А. Григорьев, В.В. Мурзин и др.* Екатеринбург: УНФ Наука, 1993. 211 с.
- Иванов А.А.** Структура Айдерлинского золото-вольфрамового месторождения на Южном Урале. Свердловск: УФАН СССР, 1944. 16 с.
- Коротеев В.А., Сазонов В.Н.** Геодинамика, рудогенез, прогноз. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 259 с.
- Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С.** Медно-порфировые месторождения мира. М.: Недра, 1986. 236 с.
- Ксенофонтов О.К., Давыдов Е.В.** Петрология и металлогения габбро-диорит-гранитной серии Зауралья. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 264 с.
- Лозовая Л.С., Меньшикова Р.Т.** Возраст некоторых рудных формаций, связанных с гранитоидами восточного склона Южного Урала (по данным калий-аргоновых определений) // Определение абсолютного возраста рудных месторождений. М.: Наука, 1976. С. 190–192.
- Месторождения** золота Урала / *В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев и др.* Екатеринбург: Изд-во ИГГГА, 1999. 570 с.
- Мурзин В.В.** Состав самородного золота Урала и его типоморфное значение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 58 с.

Мурзин В.В. Происхождение флюида при формировании золотоносных родинитов по изотопным данным (на примере Карабашского массива альпитонотипных гипербазитов, Южный Урал) // Докл. РАН. 2006. Т. 406, № 5. С. 683–686.

Мурзин В.В., Бортников Н.С., Сазонов В.Н. и др. Происхождение рудообразующего флюида на Миндякском золоторудном месторождении (Южный Урал) // Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые: Мат-лы / Науч. конф. «IX Чтения А.Н. Заварицкого». Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2003. С. 197–199.

Мурзин В.В., Варламов Д.А., Шанина С.Н. Происхождение золото-магнетитовых руд антигоритовой формации Урала // Эндогенное оруденение в подвижных поясах: Мат-лы / XIII Чтения памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2007. С. 211–214.

Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 288 с.

Рожков И.С., Шер С.Д. Мелентьевское золоторудное месторождение // Геология главнейших золоторудных месторождений СССР. М.: ОБТИ, 1952. Т. 3. С. 139–209.

Рудский В.Г. Роль метаморфизма в формировании золоторудной минерализации Кумакского рудного поля // Геология метаморфических комплексов. Свердловск: Изд-во СГИ, 1982. С. 88–94.

Сазонов В.Н. Околорудная метасоматическая зональность как поисковый критерий и фактор прогнозирования оруденения (на примере березит-лиственитовой формации) // Вопросы петрологии Урала (Магматизм, метаморфизм, литология). Свердловск: УНЦ РАН СССР, 1980. С. 159–174.

Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.Н. и др. Золотое оруденение, связанное с альпинотипными ультрабазитами (на примере Урала) // Литосфера. 2002. № 4. С. 63–77.

Салихов Д.Н., Бердников П.Г. Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: БФАН СССР, 1985. 96 с.

Сафонов Ю.Г. Гидротермальные золоторудные месторождения: распространенность — геолого-генетические типы — продуктивность рудообразующих систем // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39, № 1. С. 25–40.

Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

Смолин А.П. Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Недра, 1975. 240 с.

Сопко П.Ф. Типы золоторудных месторождений Башкирии и некоторые закономерности их размещения // Условия локализации рудных месторождений на Южном Урале. Уфа: БФАН СССР, 1977. С. 59–72.

Спиридонов Э.М., Плетнев П.А., Перелыгина Е.В. Геология и минералогия месторождения медистого золота Золотая гора (Карабашское), Средний Урал. М.: Изд-во МГУ, 1997. 192 с.

Стороженко А.А. Юбилейное месторождение // Золоторудные месторождения (Европейская часть СССР). М.: Недра, 1984. Т. 1. С. 180–186.

Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В., Кременецкий А.А. и др. Магматический контроль гидротермального золотого оруденения на Урале // Эндогенное оруденение в подвижных поясах: Мат-лы / XIII Чтения памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2007. С. 181–184.

Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 31–41.

Язева Р.Г., Бочкарев В.В. Золото в магматических породах Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 1. С. 91–100.