

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА ЗОНЫ ГЛАВНОГО УРАЛЬСКОГО РАЗЛОМА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ: ОСНОВНЫЕ ТИПЫ, ИСТОЧНИКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА, ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

© 2018 г. С. Е. Знаменский, Н. М. Знаменская

Институт Геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru

Главный Уральский разлом (ГУР), представляющий собой одну из крупнейших сутурных зон Земли, разделяет палеоконтинентальный и палеоокеанический секторы Уральского орогена. Отличительной особенностью южноуральского сегмента сутурной зоны является широкое развитие разнообразных по составу проявлений золота. Их формирование происходило на трех стадиях геодинамической эволюции зоны ГУРа: субдукционной (D_{1-3}), раннеколлизивной (D_3-C_1) и позднеколлизивной (C_1-P) [2, 4, 8, 12, 17].

Золоторудные месторождения субдукционной стадии (D_{1-3})

На Южном Урале в ранне-позднедевонское время формировалась энзиматическая островная дуга, связанная с зоной субдукции восточного падения [11]. Тектонические фрагменты островодужных комплексов, возникших главным образом на начальных стадиях развития дуги, установлены на многих участках сутурной зоны. С раннедевонскими островодужными комплексами ассоциируется кобальт-медноколчеданная минерализация. Нами в этих комплексах изучены также проявления золота нетрадиционного для Урала золото-порфирирового типа. К ним относятся Большекаранское и Николаевское месторождения [4, 8] и, возможно, ряд рудопроявлений Миасского района (Кашеевское, Колющенское и др.) [1].

Месторождение Большой Каран расположено на южном окончании Вознесенского массива, сложенного роговообманковыми габбро, габбро-диоритами и диоритами (рис. 1). В северной части массива находится одноименное медно-порфирировое месторождение. По петрографическому и химическому составу породы Вознесенского массива идентичны габбро и диоритам, образующим интрузивные залежи в краевых частях лерцолитовых массивах зоны ГУРа (Нуралинского, Миндякского, Татлиμβетовского и др.). По-видимому, Вознесенская интрузия представляет собой фрагмент одного из лерцолитовых массивов. На это, помимо сходства состава, указывают также близкие возрастныe U-Pb датировки. Габброиды Нуралинского массива имеют возраст 400 млн лет [13], Вознесенские диориты — 412 млн лет [9].

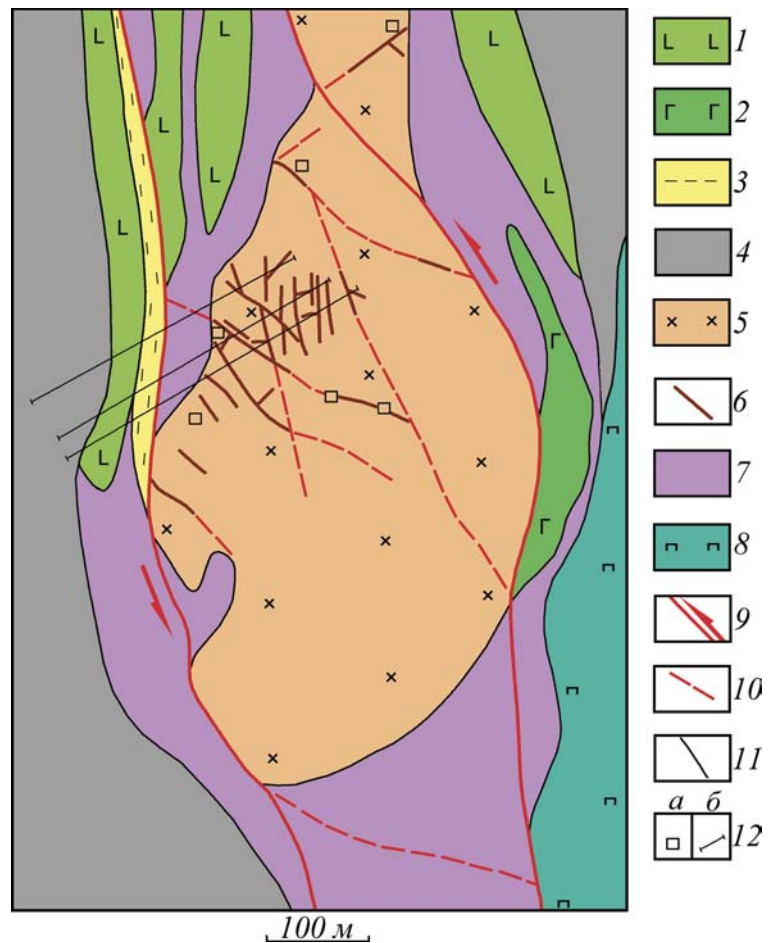
На месторождении Большой Каран установлены две группы даек, залегающих внутри Вознесенского массива [4]. В составе первой из них преобладают плагиофировые и кварцевые габбро-диорит-порфириты и диорит-порфириты с афанитовой основной массой. С дайками этой группы ассоциируются промышленные прожилковые и брекчиевые руды сульфидно-карбонатно-кварцевого состава, сопровождающиеся серицит-кварцевыми метасоматитами. Вторая группа представлена слабо золотосодержащими среднезернистыми плагиофировыми плагиогранит-порфирами. Размещение даек обеих групп контролируется вторичными разрывами левосдвиговой зоны, косо секущей Вознесенский массив (рис. 1).

Гранитоиды первой группы даек и вмещающие их роговообманковые габбро-диориты и диориты Вознесенского массива относятся к типу островодужных известково-щелочных магматитов нормальной щелочности (рис. 2). По петрохимическому и геохимическому составу они близки между собой и, по-видимому, являются комагматичными образованиями.

Плагиогранит-порфиры второй группы даек, также имеющие известково-щелочной состав и нормальную щелочность, обладают противоречивыми геохимическими характеристиками. По большинству геохимических признаков они соответствуют островодужным гранитоидам. В то же время на спайдер-диаграммах распределения редких элементов в этих породах проявлены нехарактерные для надсубдукционных образований положительные аномалии Zr.

Рис. 1. Геологическая схема золото-порфирового месторождения Большой Каран

Условные обозначения: 1 — базальты; 2 — диабазы; 3 — кремнистые сланцы; 4 — нижнедевонские известняки; 5 — роговообманковые габбро-диориты и диориты Вознесенского массива; 6 — дайки гранитоидов; 7 — серпентиниты; 8 — пироксениты; 9 — главные разломы, ограничивающие рудоконтролирующую сдвиговую зону, и направление смещений по ним; 10 — вторичные разрывы сдвиговой зоны; 11 — геологические границы; 12 — эксплуатационные шахты (а) и разведочные траншеи (б).



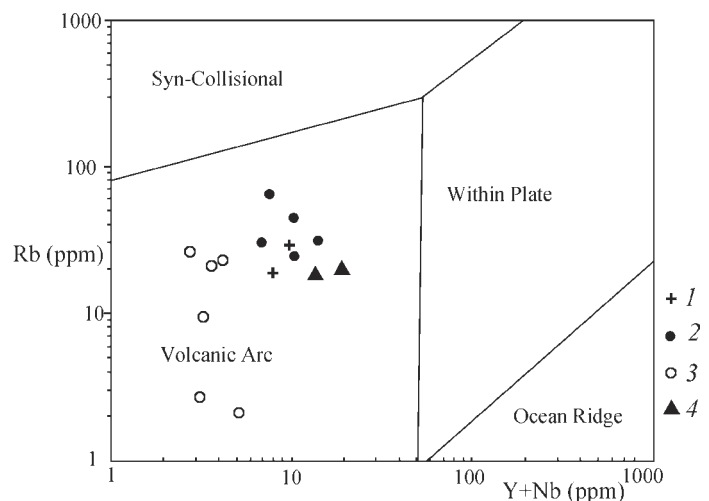
На вариационных диаграммах петрогенных элементов интрузивные породы всех типов месторождения образуют единый тренд, что, возможно, свидетельствует о принадлежности их к петрогенетически связанной серии, в которой дайки гранитоидов представляют субвулканическую часть Вознесенской интрузии. Мы предполагаем, что рудоносные дайки месторождения Большой Каран могли образоваться во время заложения зоны субдукции.

Данные по стабильным изотопам серы, углерода и кислорода в минералах руд свидетельствуют о ведущей роли магматогенных флюидов в формировании золото-порфировой минерализации месторождения Большой Каран (см. статью С.Е. Знаменского, Н.Н. Анкушевой, Н.М. Знаменской в настоящем сборнике).

Николаевское месторождение приурочено к тектоническому блоку, сложенному породами островодужной вулcano-интрузивной ассоциации [8]. Вулканогенные члены этой ассоциации представлены плагиофировыми и пироксен-плагиофировыми базальтами, гиалокластитами, туфами и тефроидами основного состава, а интрузивная часть — телами, в основном, силлами габбро и многочисленными дайками плагиофировых долерит-порфиритов и габбро-диорит-порфиритов (рис. 3). Размещение прожилковой сульфидно-карбонатно-кварцевой минерализации, сопровождающейся обширными ореолами пропилизации, контролируется дайками порфировых пород. Иногда в дайках проявлены маломощные зоны серицит (реже биотит)-кварцевых метасоматитов. Среди вулканогенных комплексов, фаунистически да-

Рис. 2. Диаграмма Hf—Rb/30—3Ta [16] для интрузивных пород месторождения Большой Каран

Условные обозначения: 1— роговообманковые габбро-диориты, 2–3 — гранитоиды первой (2) и второй (3) групп даек [5], 4 — габбро-диориты Нуралинского массива [13].



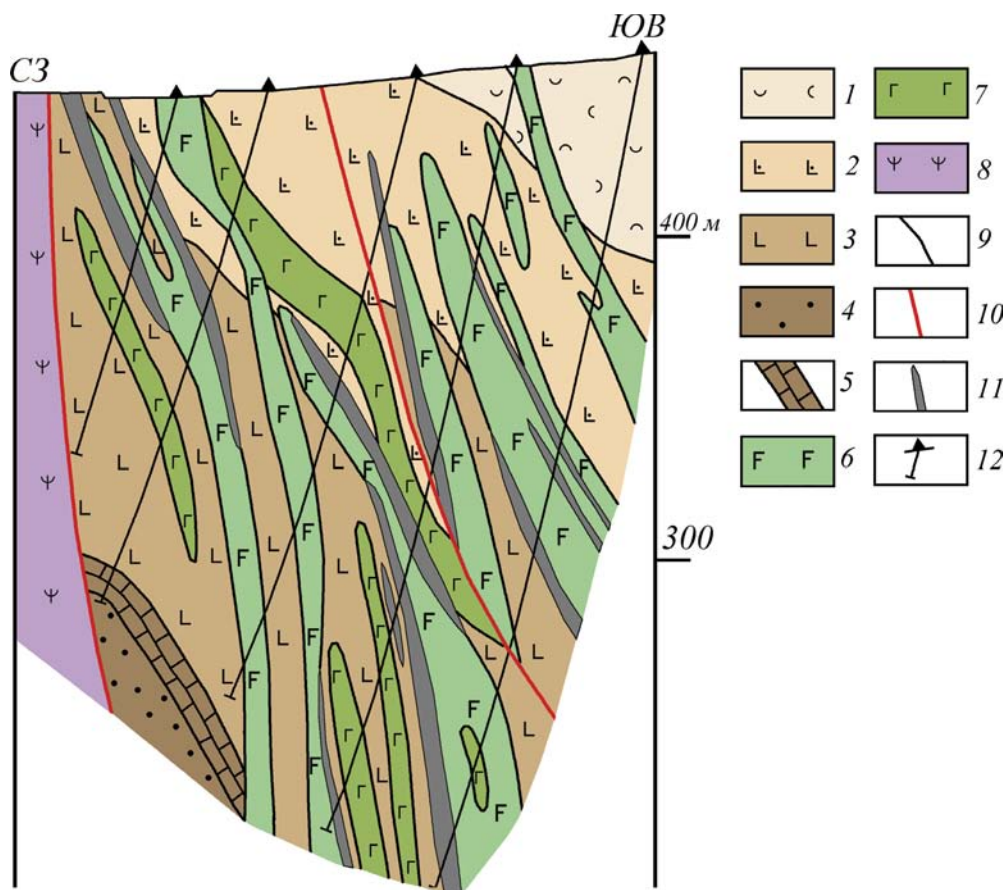


Рис. 3. Геологический разрез Николаевского месторождения

Условные обозначения: 1 — слоистые туфы и тефроиды основного состава и кремнистые сланцы; 2 — порфировые пироксен-плагиофировые, иногда плагиофировые базальты и их туфы; 3 — плагиофировые базальты, с подчиненными прослоями гиалокластитов и туфов основного состава; 4 — глинисто-кремнистые сланцы, вулканомиктовые алевролиты, песчаники и гравелиты; 5 — органогенные известняки; 6 — дайки долерит-порфиритов и габбро-диорит-порфиритов; 7 — габбро; 8 — серпентиниты; 9 — геологические границы; 10 — разломы; 11 — рудные тела; 12 — скважины.

тированных в зоне ГУРа по петрохимическим и геохимическим параметрам породы продуктивной ассоциации наиболее близки к вулканитам баймак-бурибаевской свиты (D_{1e_2}) и рассматриваются нами в качестве их возрастного аналога (рис. 4). Долерит-порфириты и габбро-диорит-порфириты месторождения относятся к нормальному ряду и в отличие от большинства островодужных интрузий порфириковых месторождений Южного Урала, принадлежащих к известково-щелочной серии, имеют толеитовый и переходный от толеитового к известково-щелочному состав. К числу их геохимических особенностей относятся также повышенные содержания Ti, что, по-видимому, обусловлено особенностями геодинамической обстановки формирования вулкано-интрузивного комплекса. По геохимическим данным наиболее обоснованной представляется геодинамическая позиция Николаевского золото-порфирикового месторождения в зоне сопряжения островной дуги и задугового бассейна. Преобладание в составе продуктивной ассоциации порфириковых разновидностей пород указывает на геодинамические условия относительного сжатия при их формировании. По нашему мнению, такие условия могли существовать в зоне, разделявшей островную дугу и задуговый бассейн: вначале, в связи с процессами растяжения в этих структурах, а впоследствии, из-за общего относительного сжатия островодужной системы.

Данные по распределению РЗЭ и изотопному составу серы, углерода и кислорода в минералах прожилковой сульфидно-карбонат-кварцевой минерализации позволяют предполагать участие в образовании Николаевского месторождения магматогенных и метеорных флюидов, которые при взаимодействии с вмещающими породами извлекали из них серу и частично углерод [3].

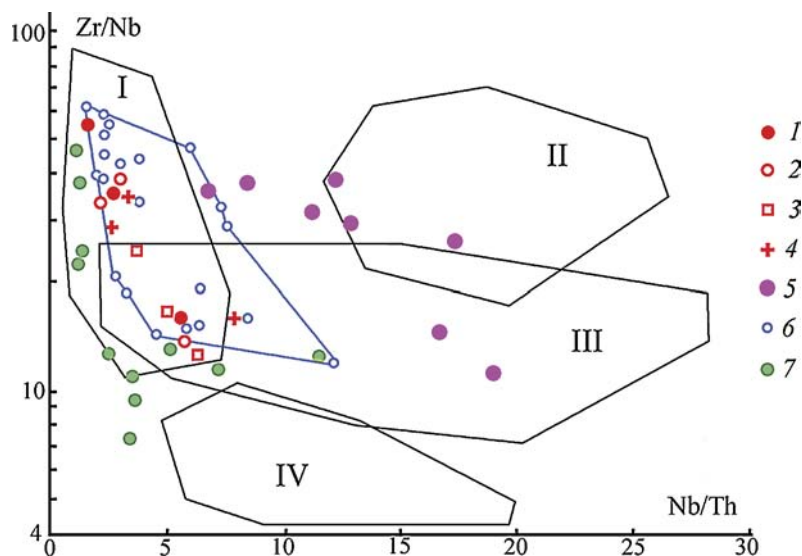


Рис. 4. Диаграмма $Zr/Nb-Nb/Th$ [15] для эффузивных и интрузивных пород основного состава Николаевского месторождения

Условные обозначения: 1–4 — Николаевское месторождение: плагиофировые базальты, 2 — пироксен-плагиофировые базальты, 3 — габбро, 4 — долерит-порфириды и габбро-диорит-порфириды; базальты: 5 — поляковской свиты (D_2), 6 — баймак-бурибаевской свиты (D_{1e2}), 7 — ирендыкской свиты (D_{2ef1}) [8].

Золоторудные месторождения раннеколлизионной стадии (D_3-C_1)

На этой стадии в процессе коллизии (мягкой коллизии, по В.Н. Пучкову [11]) Магнитогорской островной дуги с пассивной окраинной Восточно-Европейской платформы начала формироваться сутурная зона ГУРа. По результатам тектонофизических исследований нами установлено, что структурная эволюция сутурной зоны на стадии ранней коллизии характеризуется сменой подвижных деформаций сдвиговыми [2].

Имеющие геолого-структурные и изотопные данные позволяют отнести к раннеколлизионным проявлениям зоны ГУР пока только золото-родингитовое месторождение Золотая гора [7]. Оно расположено в Карабашском массиве серпентинизированных гипербазитов, меланжированных и смятых в антиформу (рис. 5). Месторождение состоит из серии протяженных родингитовых (хлограпитовых, по В.Н. Сазонову с авторами [12]) жил хлорит-гранат-диопсидового состава, размещение которых контролируется крутопадающей правосдвиговой зоной, сформировавшейся после складчатых деформаций. Главный рудный минерал — самородное медистое золото — концентрируется в диопсидовых прожилках второй генерации, а также в наиболее поздних трещинах с карбонатом и хлоритом. Данные по Sm-Nd возрасту родингитов (369 ± 8.8 млн лет) [10] свидетельствуют о формировании месторождения на стадии мягкой коллизии. Результаты изотопных исследований указывают на метаморфогенный источник минералообразующих флюидов месторождения. Предполагается, что его возникновение связано с дегидротацией серпентинитов в зонах разрывных дислокаций [10].

Золоторудные месторождения позднеколлизионной стадии (C_1-P)

На этой стадии в результате жесткой (по В.Н. Пучкову [11]) коллизии Восточно-Европейского и Казахстанского континентов в главных своих чертах сформировалась современная структура южноуральского орогена, в т.ч. и сутурной зоны ГУРа. Основной закономерностью позднепалеозойской структурной эволюции ГУРа так же, как и на стадии мягкой коллизии является смена надвиговых деформаций сдвиговыми [2]. Разломная зона имеет покровно-надвиговую структуру, осложненную сдвиговыми дислокациями. В условиях поздних сдвиговых деформаций в сутурной

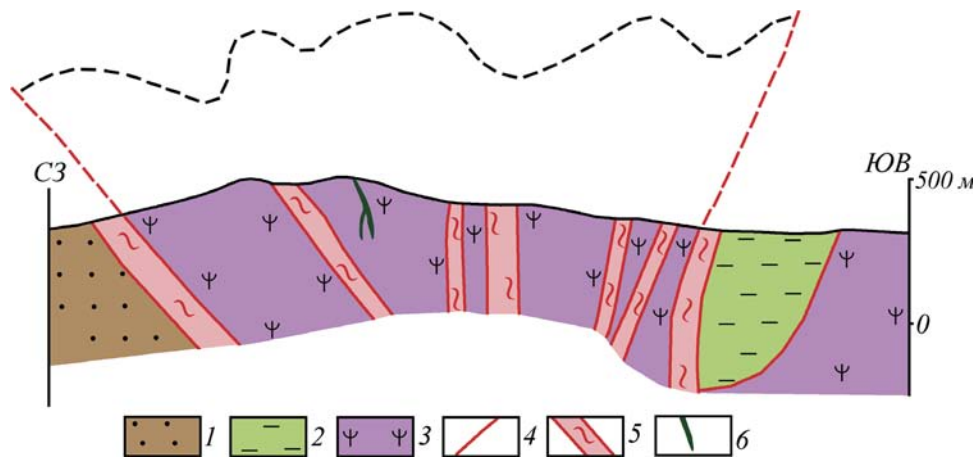


Рис. 5. Геологический разрез месторождения Золотая гора

Условные обозначения: 1 — граувакковые песчаники с прослоями конгломератов, известняков и яшмоидов (D_3); 2 — углисто-глинистые и кремнистые сланцы (S_{1-2}); 3 — серпентинизированные ультрабазиты; 4 — разломы; 5 — зоны смятия, рассланцевания и серпентинитового меланжа с блоками осадочных и вулканогенных пород; 6 — родингитовые жилы.

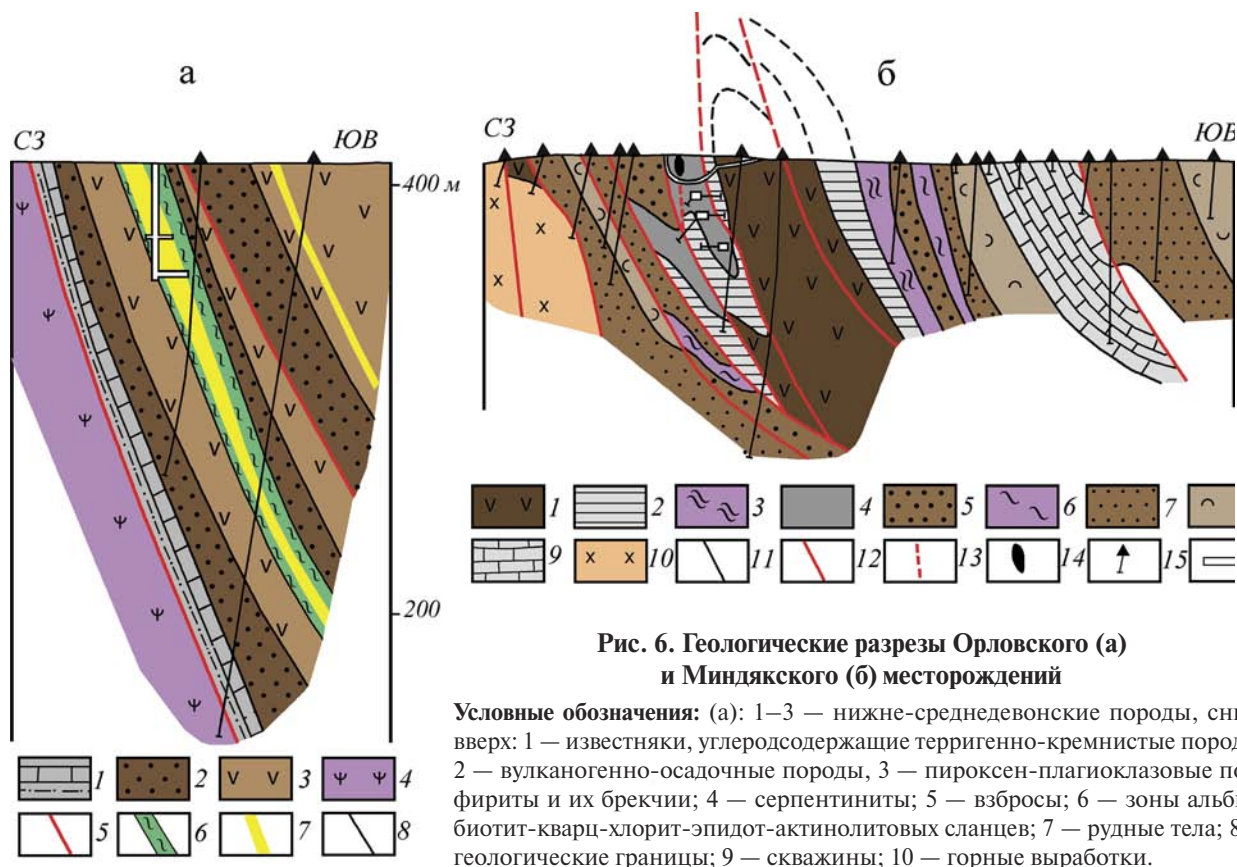
зоне произошло становление комплексов малых интрузий и даек. Наиболее известным и изученным среди них является Балбукский сиенит-гранит-порфировый комплекс.

Позднеколлизийная стадия развития ГУРа была наиболее продуктивной на золотое оруденение [2]. Оно представлено золото-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми рудопроявлениями, пространственно ассоциирующимися с малыми интрузиями и дайками, главным образом, Балбукского комплекса, и орогенными месторождениями в вулканогенно-осадочных и углеродсодержащих осадочных комплексах. Проявления, связанные с комплексами малых интрузий и даек (Константиновское, Варваринская жила и др.) изучены крайне слабо. По современным кондициям они большого практического значения не имеют.

Орогенные месторождения относятся к одному из наиболее перспективных типов золотого оруденения Южного Урала. В зоне ГУРа на Южном Урале известны многочисленные, в основном мелкие, орогенные месторождения, которые в последнее десятилетие активно отрабатываются малыми предприятиями. Образование оруденения этого типа происходило в условиях как ранних надвиговых, так и поздних сдвиговых деформаций. Геодинамические условия нашли отражение в структурном контроле и генетических особенностях орогенного золотого оруденения. Ведущую роль в гидротермальных системах месторождений, формировавшихся в режиме надвиговых деформаций, играли флюиды и рудные компоненты метаморфогенного происхождения. На месторождениях, которые образовались в геодинамической обстановке поздних сдвиговых деформаций, в минералообразующих системах преобладали магматогенные флюиды, а источники металлов имели полигенную природу [6].

В условиях надвиговых деформаций образовалось Орловское золото-сульфидно-кварцевое месторождение. Оно расположено в зоне чешуйчатого взброса (рис. 6а). Зона разлома сложена ниже-среднедевонскими осадочными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами, интенсивно динамометаморфизованными в условиях зеленосланцевой фации. Рудные тела локализованы во вторичных разрывах чешуйчатого взброса и представляют собой зоны альбит-биотит-кварц-хлорит-эпидот-актинолитовых сланцев, содержащих сульфидно-карбонат-кварцевые прожилки с самородным золотом. Результаты изотопно-геохимических исследований свидетельствуют о том, что в образовании Орловского месторождения участвовали флюиды и рудные компоненты метаморфогенной природы [18].

В геодинамическом режиме сдвиговых деформаций сформировались золото-сульфидные месторождения Миндяк, Сиратур и Среднее Убалы. Наиболее детально изученное нами месторождение Миндяк приурочено к узлу пересечения чешуйчатого взбросо-надвига юго-восточного падения с тектонической зоной малоамплитудных сдвигов близмеридионального простирания.



Взбросо-надвиг развит на северо-западном крыле антиформы, в которую смят пакет тектонических пластин пород различного состава и возраста (рис. 6б). Рудные тела представляют собой зоны, включающие раннюю прожилково-вкрапленную пиритовую и более позднюю прожилковую сульфидно (пирит, халькопирит, сфалерит)-карбонат-кварцевую с самородным золотом минерализацию. Околорудные метасоматиты относятся к березит-лиственитовой формации. Оруденение локализовано во вторичных разрывах правосдвиговой зоны, образовавшейся на месте взбросо-надвиговой пластины, и концентрируется в пластине полимиктового олистострома с углеродсодержащим глинисто-кремнистым цементом. В цементе олистострома в больших объемах присутствует сингенетичная сульфидная минерализация, представленная глобулярным пиритом и конкрециями пирита.

Данные по стабильным изотопам серы, углерода и кислорода в минералах руд свидетельствуют о том, что в гидротермальной системе Миндякского месторождения доминировали флюиды магматогенной природы [5]. В то же время данные по геохимии РЗЭ и изотопному составу свинца пирита [14] указывают на участие в рудообразовании компонентов как магматогенного происхождения, так и извлеченных из вмещающих углеродсодержащих сланцев и сингенетичной им сульфидной минерализации.

Таким образом золотое оруденение формировалось в зоне ГУРа на Южном Урале в течение трех стадий ее развития: субдукционной (D_{1-3}), раннеколлизивной (D_3-C_1) и позднеколлизивной (C_1-P). С раннедевонскими островодужными комплексами связаны золото-порфировые месторождения, в образовании которых участвовали главным образом магматогенные и отчасти метеорные флюиды. Раннеколлизивное золотое оруденение представлено золото-родингитовым месторождением Золотая гора, имеющим гидротермально-метаморфогенный генезис. Для наиболее

продуктивной на золотое оруденение позднеколлизивной стадии характерны проявления двух типов. К первому из них относятся мелкие золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые рудопроявления, ассоциирующиеся с комплексами малых интрузий и даек, а ко второму — мелкие и средние орогенные месторождения, представляющие один из наиболее перспективных типов золотого оруденения Южного Урала. Эволюция тектоно-магматических процессов на стадии поздней коллизии нашло отражение в генетических особенностях орогенного золотого оруденения. Ведущую роль в гидротермальных системах месторождений, формировавшихся в условиях ранних надвиговых деформаций, играли флюиды и рудные компоненты метаморфогенной природы. На месторождениях, образовавшихся в обстановке поздних сдвиговых деформаций, доминировали магматогенные флюиды, а рудные компоненты имели полигенную природу.

Исследования выполнены в рамках программы госзаказа № 0252-2017-0011.

Литература:

1. Белгородский Е.А., Шалагинов А.Э. Проблема золотопорфирового оруденения в Миасском районе // Уральский геологический журнал. — 1999. — № 3. — С. 97–100.
2. Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизивных месторождений золота восточного склона Южного Урала. — Уфа: Гилем, 2009. — 348 с.
3. Знаменский С.Е., Анкушева А.Н., Знаменская Н.М. Источники рудообразующих флюидов Николаевского золото-порфирового месторождения (Южный Урал) // Геологический сборник № 14 / ИГ УНЦ РАН. — СПб: Свое издательство, 2017. — С. 78–84.
4. Знаменский С.Е., Косарев А.М., Знаменская Н.М., Тимофеев С.П., Шафигуллина Г.Т. Структурный контроль и геохимия рудоносных даек золото-порфирового месторождения Большой Каран (Южный Урал) // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. — 2017. — № 24. — С. 39–46.
5. Знаменский С.Е., Мичурин С.В. Условия образования золото-сульфидного месторождения Миндык (Южный Урал): структурные и изотопно-геохимические аспекты // Литосфера. — 2013. — № 4. — С. 121–135.
6. Знаменский С.Е., Пучков В.Н., Мичурин С.В. Источники рудообразующих флюидов и условия формирования орогенных месторождений золота зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале // Докл. РАН. — 2015. — Т. 464, № 3. — С. 313–316.
7. Знаменский С.Е., Серавкин И.Б., Майер М.Ф. Структурный контроль золотородингитового оруденения месторождения Золотая гора (Южный Урала) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. — № 1. — С. 30–35.
8. Знаменский С.Е., Холоднов В.В. Петролого-геохимические особенности рудовмещающих эффузивных и интрузивных пород Николаевского месторождения золото-порфирового типа (Южный Урал) // Литосфера. — 2018. — (В печати).
9. Косарев А.М., Пучков В.Н., Ронкин Ю.Л., Серавкин И.Б., Холоднов В.В., Грабежьев А.И. Новые данные о возрасте и геодинамической позиции медно-порфировых проявлений зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале // Докл. РАН. — 2014. — Т. 459, № 1. — С. 62–66.
10. Мурзин В.В., Варламов Д.А., Ронкин Ю.Л., Шанина С.Н. Происхождение золотоносных родингитов Карабашского массива альпинотипных гипербазитов на Южном Урале // Геология рудных месторождений. — 2013. — Т. 55, № 4. — С. 320–341.
11. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. — 280 с.
12. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. — Екатеринбург: ИГГА, 1999. — 570 с.
13. Ферштатер Г.Б., Беа Ф. Геохимическая типизация Уральских офиолитов // Геохимия. — 1996. — № 3. — С. 195–218.
14. Chugaeva A.V., Znamensky S.E. Lead Isotope Characteristics of the Mindyak Gold Deposit, Southern Urals: Evidence for the Source of Metals // Geology of Ore Deposits. 2018. — V. 60, No 1. — P. 52–61.
15. Condie K.C. TTGs and adakites: are they both slab melts? // Lithos. — 2005. — V. 83. — P. 33–44.
16. Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // Collision tectonic. Spec. Publ. Geol. Soc. — 1986. — V. 19. — P. 67–81.
17. Kisters A.F.M., Meyer F.M., Seravkin I.B., Znamensky S.E., Kosarev A.M. The geological setting of lode-gold deposits in the central Southern Urals: a review // Geologische Rundschau. — 1999. — V. 87, No 4. — P. 603–616.
18. Znamenskii S.E., Ankusheva N.N., Velivetskaya T.A., Shanina S.N. Composition and sources of mineral-forming fluids of the Orlovka orogenic gold deposit (Southern Urals) // Russian Geology and Geophysics. — 2017. — V. 58. — P. 1079–1082.