

УДК 550.42 (470.55.57)

С. Е. Знаменский, С. В. Мичурин, Н. М. Знаменская

ИСТОЧНИКИ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ ЗОНЫ ГЛАВНОГО УРАЛЬСКОГО РАЗЛОМА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Аннотация. Изучен изотопный состав серы, кислорода и углерода в минералах Орловского, Среднеубалинского и Миндякского месторождений золота, локализованных в углеродсодержащих вулканогенно-осадочных комплексах зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале. Показано, что в тектоническом режиме надвиговых деформаций ведущую роль в формировании золотого оруденения орогенного типа играют метаморфогенные флюиды (Орловское месторождение), а в условиях сдвиговой тектоники — магматические флюиды (Среднеубалинское и Миндякское месторождения).

Ключевые слова: месторождение золота, S, C, O изотопная геохимия, Главный Уральский разлом.

Происхождение орогенных золоторудных месторождений [Groves et al., 1998], залегающих в терригенных, углеродсодержащих (черносланцевых) и вулканогенно-осадочных комплексах, представляет дискуссионную проблему. Опубликованы магматогенно-гидротермальная, метаморфогенно-гидротермальная, осадочно-гидротермальная, метеорная и другие модели их формирования [Буряк и др., 1990; Лаверов и др., 2010; Kerrich et al., 2000; и мн. др.]. В зоне Главного Уральского разлома на Южном Урале известна многочисленная группа мелких и средних месторождений и перспективных рудопроявлений золота орогенного типа, которые залегают в палеозойских углеродсодержащих вулканогенно-осадочных отложениях, подвергшихся интенсивным тектоническим деформациям и метаморфизму зеленосланцевой фации. Их размещение контролируется коллизионными разломами [Знаменский, 2009]. К числу таких золоторудных объектов относятся Орловское, Среднеубалинское и Миндякское месторождения (рис. 1). С целью выяснения вероятных источников рудообразующих флюидов нами исследованы стабильные изотопы серы, углерода и кислорода в минералах указанных месторождений.

Орловское золото-сульфидно-кварцевое месторождение локализовано в зоне взброса юго-восточного падения, образовавшегося вдоль контакта серпентинитового меланжа с блоком пород ирен-

дыкской свиты (D_2e_1) (рис. 2А). В этой зоне располагаются также Асфандияровское месторождение и несколько мелких рудопроявлений, близких по составу к Орловскому месторождению. Взброс состоит по простиранию из сегментов, различающихся строением. Их границами служат субширотные и северо-западные трансферные сдвиги. Все известные месторождения и рудопроявления золота приурочены к наиболее дислоцированному сегменту разломной зоны, который отличается чешуйчатой структурой с многократно повторяющимся разрезом ирендыкской свиты и интенсивным зеленосланцевым динамометаморфизмом слагающих его пород. В наиболее полных фрагментах ирендыкская свита представлена тремя пачками (снизу вверх): 1) известняки с прослоями углеродсодержащих глинисто-кремнистых сланцев, алевролитов и песчаников; 2) слоистые вулканогенно-осадочные породы основного состава; 3) пироксен-плагиоклазовые порфириды и их брекчии.

Оруденение локализовано во вторичных разрывах, ограничивающих тектонические пластины. Рудные тела представляют собой зоны альбит-биотит-кварц-хлорит-эпидот-актинолитовых сланцев, содержащих карбонат-кварцевые прожилки. Для рудоносных сланцев характерны S-C структуры, подчеркиваемые распределением слюдистых минералов, плейчатость, кинк-банды, структуры будинажа и вращения порфиорокластов, а также локальные структуры растяжения, которые контролируют размещение карбонат-кварцевых прожилков. В основном прожилки локализованы на изгибах поверхностей расланцевания. Кроме того, они выполняют

Рис. 1. Схема размещения изучавшихся месторождений в зоне Главного Уральского разлома

Условные обозначения: 1 — палеозойские осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные комплексы; 2 — серпентинитовый меланж; 3 — месторождения золота: 1 — Среднеубалинское, 2 — Орловское, 3 — Миндякское.

трещины отрыва и R-сколы Риделя в трансформных дуплексах и образуют включения в телях давления порфирокластов. Пржилки сопровождаются вкрапленной сульфидной, преимущественно пиритовой минерализацией и самородным золотом. Кроме пирита в незначительном количестве присутствуют халькопирит, галенит и арсенопирит. Сульфиды и самородное золото концентрируются в зальбандах прожилков. За пределами рудовмещающих разрывов интенсивность динамометаморфических изменений падает. При этом количество карбонат-кварцевых прожилков и сульфидной минерализации заметно сокращается, а содержания золота становятся непромышленными.

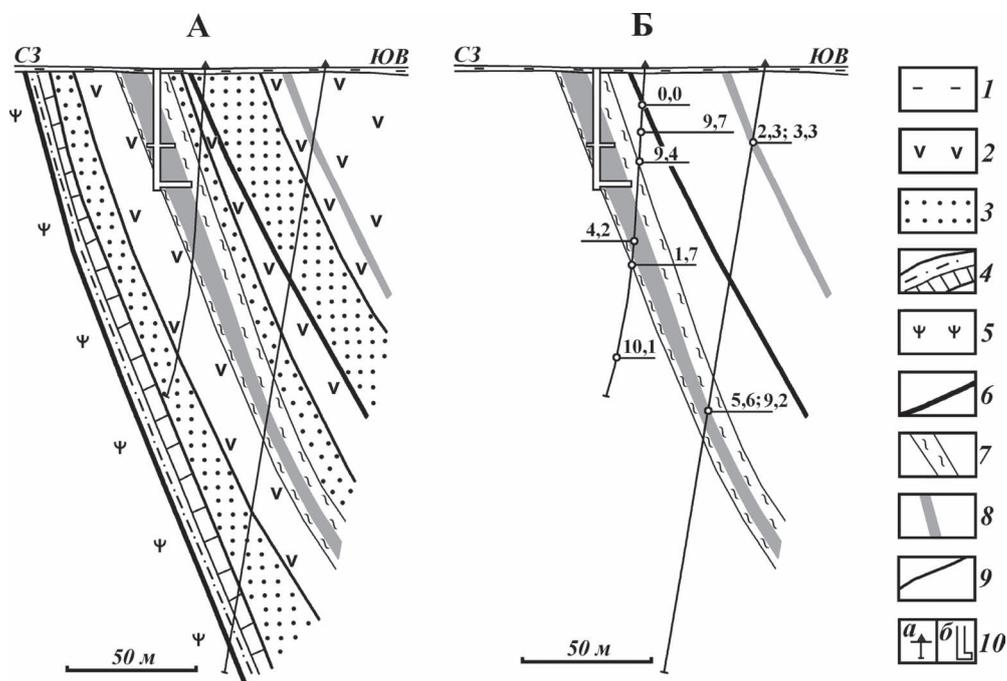
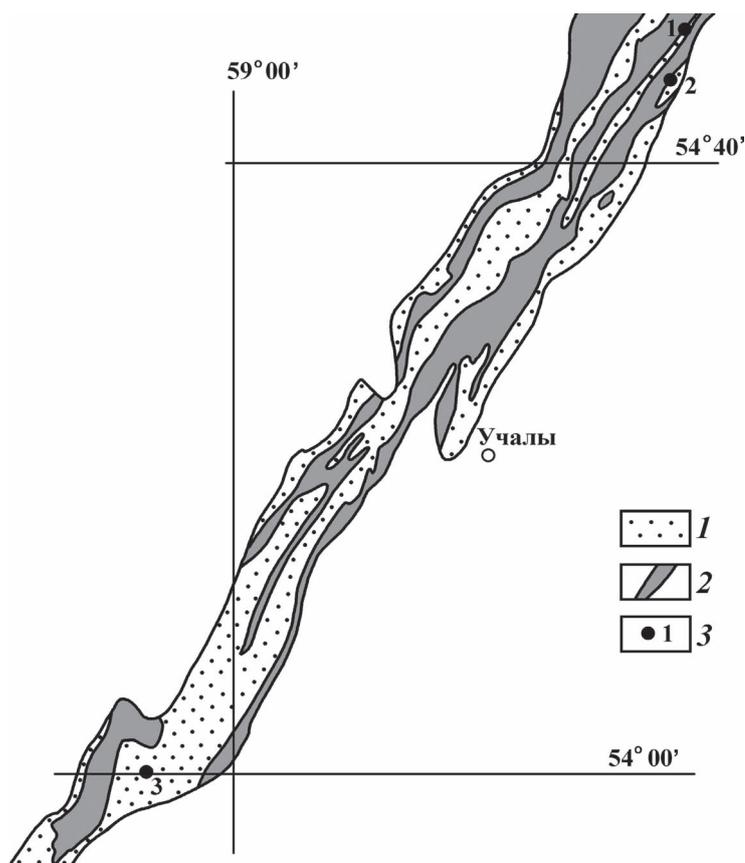


Рис. 2. Геологический разрез Орловского месторождения (А) и распределение значений $\delta^{34}\text{S}$ пирита по разрезу (Б)

Условные обозначения: 1 — четвертичные отложения; 2–4 — ирендыкская свита (D_2e_1): 2 — пироксен-плаггиоклазовые порфириты и их брекчии, 3 — вулканогенно-осадочные породы основного состава, 4 — известняки, алевролиты, песчаники, углеродсодержащие глинисто-кремнистые сланцы; 5 — серпентинитовый меланж; 6 — взбросы; 7 — зоны альбит-биотит-кварц-хлорит-эпидот-актинолитовых сланцев по вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам; 8 — рудные тела; 9 — геологические границы; 10 — скважины (а) и горные выработки (б).

Авторами статьи исследован изотопный состав серы пирита и углерода и кислорода кальцита из карбонат-кварцевых прожилков, развитых в рудных телах и безрудных зонах (табл. 1, 2).

Установлено, что изотопный состав серы пирита, сопровождающего карбонат-кварцевые прожилки, зависит от состава вмещающих пород и положения относительно рудных тел (рис. 3). В безрудных

Таблица 1

Изотопный состав серы пирита Орловского, Среднеубалинского и Миндякского месторождений

№ п/п	№ образца	$\delta^{34}\text{S}$, ‰ (CDT)	№ п/п	№ образца	$\delta^{34}\text{S}$, ‰ (CDT)
1	4501/33,5	5,1	16	4534/95,5	-0,1
2	4501/33	3,3	17	4612/67	-2,2
3	4501/33-1	2,3	18	В-171-8п	2,1
4	4628/66,5	4,2	19	Ю-4-2	0,0
5	4511/135,5	9,2	20	В-171-15к	1,1
6	4511/135,5-1	5,6	21	В-171-8	2,9
7	4628/15	0,0	22	В-171-13	-0,1
8	4628/84	1,7	23	В-171-16	2,4
9	4628/22,5	9,7	24	В-171-4	0,0
10	4628/40	9,4	25	Ю-4	0,4
11	4628/114,5	10,1	26	Ю-8	1,2
12	4535/51,5	-1,8	27	33/2	2,5
13	4591/41	-3,9	28	3/2	2,8
14	4591/44,2	-8,0	29	К-91-1п	1,3
15	4592/187	-1,4			

Примечания. Измерения изотопного состава серы пирита выполнены в ИГ УНЦ РАН на масс-спектрометре МИ-1201. Пирит: 1–11 — Орловского (1–6 — из рудных тел, 7–11 — из безрудных сланцев, образовавшихся по эффузивным породам (7, 8) и туффитам основного состава (9–11)); 12–17 — Среднеубалинского, 18–28 — Миндякского (18–20 — из ранних прожилково-вкрапленных руд; 21–28 — из поздней прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации) месторождений.

Таблица 2

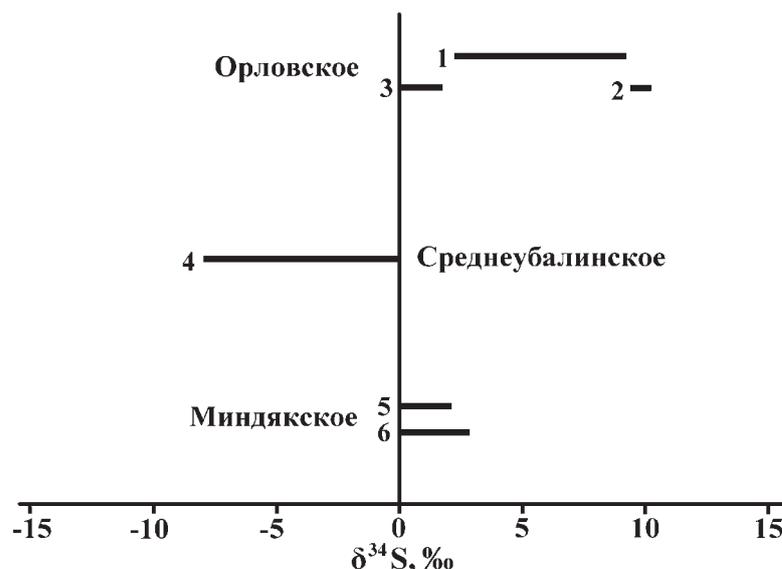
Изотопный состав углерода и кислорода кальцита Орловского, Среднеубалинского и Миндякского месторождений

№ п/п	№ образца	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$, ‰ (SMOW)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, ‰	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, ‰
1	4628/16	-1,6	14,3	-1,4	4,5
2	4628/23,5	-1,3	14,1	1,1	4,3
3	4628/48,5	-2,3	13,9	2,1	4,1
4	4628/84	-0,6	14,4	-0,4	4,6
5	4628/114,5	-0,2	16,7	0	6,9
6	4628/66,5	-2,1	14,2	-1,9	4,4
7	4628/67	-1,1	14,3	-0,9	4,5
8	4511/135,5	0,8	14,5	1,0	4,7
9	4501/33,0	0,8	14,2	1,0	4,7
10	4501/33,5	-1,7	14,2	-1,5	4,4
11	4501/62	-1,4	14,4	-1,2	4,6
12	ВУП-5	-7,4	15,0	-5,9	7,9
13	ВУП-7	-7,8	15,4	-6,3	8,3
14	4534/95,5	-8,3	14,8	-6,8	7,7
15	4534/98	-4,5	13,4	-3,0	6,3
16	4535/51,5	-2,5	16,1	-1,0	9,0
17	В-171-15	-6,6	19,4	-6,4	9,6
18	Ю-4	-7,0	19,9	-6,8	10,1
19	Ю-8	-7,3	19,6	-7,1	9,8
20	33,2	-6,4	20,1	-6,2	10,3
21	4502/119	-0,2	16,7	—	—
22	4502/160,5	1,9	16,8	—	—

Примечания. Измерения изотопного состава углерода и кислорода кальцита выполнены в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН на масс-спектрометре DELTA V Advantage. Месторождения: 1–11 — Орловское (1–5 — безрудные и 6–11 — рудные зоны); 12–16 — Среднеубалинское; 17–20 — Миндякское; 21–22 — известняк ирендыкской свиты.

Рис. 3. Изотопный состав серы пирита

Пирит: 1–3 — Орловского месторождения: 1 — из рудных тел, 2–3 — из безрудных сланцев, образовавшихся по эффузивным породам (2) и туффитам основного состава (3); 4 — из ранней прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации Среднеубалинского месторождения; 5–6 — Миндякского месторождения: 5 — из ранних прожилково-вкрапленных руд, 6 — из поздней прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации.



зонах, которые сложены динамометаморфизованными пироксен-плаггиоклазовыми порфиритами, пирит отличается околонулевыми значениями $\delta^{34}\text{S}$ (0,0; 1,7‰). В безрудных динамометаморфических сланцах, образовавшихся по вулканогенно-осадочным породам, он значительно обогащен тяжелым ^{34}S изотопом (9,4... 10,1‰). Такая зависимость может быть объяснена процессами заимствования серы из сульфидов, содержащихся во вмещающих породах. Выявленная зависимость сохраняется и в рудных телах. В их пределах пирит из апотуффитовых сланцев также обладает более тяжелым изотопным составом серы по сравнению с пиритом, развитым в сланцах по порфиритам. При этом изотопные отношения приобретают промежуточные значения ($\delta^{34}\text{S} = 2,3... 9,2‰$). По-видимому, в зонах рудовмещающих разломов происходило смешивание серы, выделявшейся при метаморфизме как вулканогенных, так и вулканогенно-осадочных пород. Увеличение градиента в изотопном составе серы пирита по направлению от рудных зон в окружающие породы можно было бы объяснить с позиции модели инфильтрационного потока с внешней диффузионной зоной. Эта модель предполагает однонаправленное увеличение доли тяжелого ^{34}S изотопа в околорудном ореоле по мере удаления от рудных тел [Константинов и др., 2002], что не подтверждается результатами наших исследований (рис. 2Б).

По изотопному составу углерода и кислорода кальцит из карбонат-кварцевых прожилков, развитых в рудных телах и безрудных зонах, практически не отличается. Величины $\delta^{18}\text{O}$ составляют от 13,9 до 16,7‰, а $\delta^{13}\text{C}$ — от -2,3 до 0,8‰. Модельные значения изотопного состава кислорода воды и углерода углекислоты минералообразующего флюида рассчитаны по уравнениям фракционирования в системах «кальцит — CO_2 » [Ohmoto, Rue, 1979] и «кальцит — H_2O » [Zheng, 1999] для температуры кристаллизации кальцита 200 °C [Знаменский и др., 2013]. Судя по изотопным параметрам, в минералообразующем флюиде Орловского месторождения

преобладала вода с более легким изотопным составом кислорода (4,1...4,7‰) по сравнению с водой магматического происхождения (5...10‰) [Taylor, 1997] (рис. 4). Согласно современным оценкам [Ohmoto, Goldhaber, 1997], значения $\delta^{13}\text{C}$ во флюиде гранитоидных очагов могут варьировать в интервале от -8,0 до -0,5‰. Модельные значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ флюида Орловского месторождения разделяются на две группы. Первая группа включает значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (-2,1...-1,1), которые попадают в верхнюю часть интервала значений изотопного состава углерода магматического флюида. Вторая группа объединяет более высокие величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (-0,4...1,0), выходящие за пределы этого интервала и соответствующие изотопному составу углерода известняков, развитых на месторождении в основании ирендыкской свиты. Возможно, углерод во флюиде имел полигенную природу. Однако, учитывая незначительные вариации значений $\delta^{13}\text{C}$, свидетельствующих, скорее, в пользу одного источника, мы считаем, что углерод поступал в рудообразующую систему главным образом при зеленосланцевом метаморфизме известняков. В этой связи следует отметить, что на диаграмме изотопного состава кислорода и углерода рассчитанные изотопные параметры минералообразующего флюида Орловского месторождения попадают в поле метаморфогенного флюида орогенных месторождений золота, по R. Kerrich [1989] (рис. 4).

Полученные изотопно-геохимические данные свидетельствуют о преимущественно метаморфогенном источнике серы, углерода и кислорода в минералообразующем флюиде Орловского месторождения.

Среднеубалинское месторождение золото-сульфидного типа приурочено к узлу пересечения надвиговой тектонической пластины северо-восточного

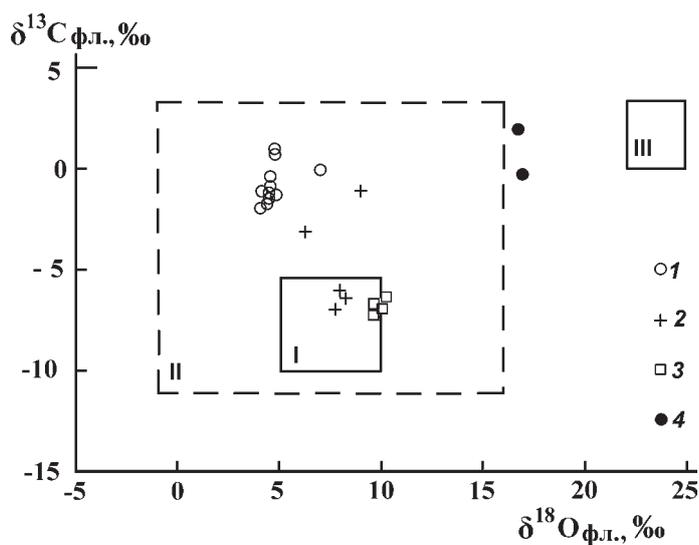


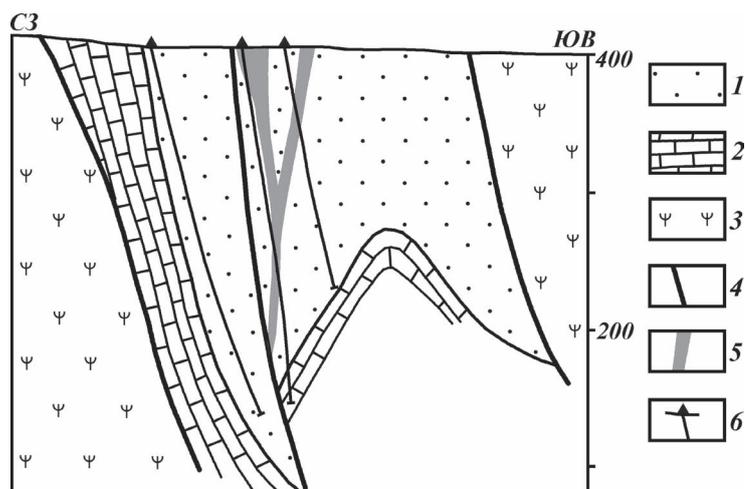
Рис. 5. Геологический разрез Среднеубалинского месторождения

Условные обозначения. 1–2 — улутауская свита (D_{2-3}): 1 — углеродсодержащие терригенно-кремнистые и вулканогенно-осадочные породы, 2 — известняки; 3 — серпентиниты; 4 — разломы; 5 — рудные тела; 6 — скважины.

Нами проведены изотопные исследования серы пирита обеих рудных ассоциаций и углерода и кислорода кальцита из рудоносных сульфидно-карбонат-кварцевых прожилков (см. табл. 1, 2).

Изотопные соотношения серы изучены в пирите прожилково-вкрапленных и прожилковых руд Северной, Южной и Восточной линз, а также минерализованной зоны участка Кушташ. Пирит характеризуется устойчивыми околонулевыми значениями $\delta^{34}S$ от $-0,1$ до $2,9\text{‰}$ ($\delta^{34}S_{cp} = 1,4\text{‰}$, $n = 12$), свидетельствующими о поступлении серы из магматического источника. Ранее близкие результаты были получены Л.А. Логиновой и Г.Н. Засухиным [1976] при анализе изотопного состава серы пирита Восточной рудной линзы. Установлены вариации $\delta^{34}S$ в интервале от $-2,0$ до $2,5\text{‰}$. Среднее значение $\delta^{34}S$ составило $0,1\text{‰}$, $n = 40$. На преимущественно магматический источник серы пирита указывают также данные В.В. Мурзина с соавторами [2003].

Для кальцита из золотиносных карбонат-кварцевых прожилков установлены следующие значения изотопного состава углерода и кислорода: $\delta^{13}C = -7,3...-6,4\text{‰}$; $\delta^{18}O = 19,4...20,1\text{‰}$. Рассчитанные модельные значения углерода ($-7,1...-6,2\text{‰}$) и кислорода ($9,6...10,3\text{‰}$) в рудоносном флюиде в равновесии с кальцитом при $200^\circ C$ [Мурзин и др., 2003] близки к углероду и кислороду магматического происхождения (см. рис. 4).

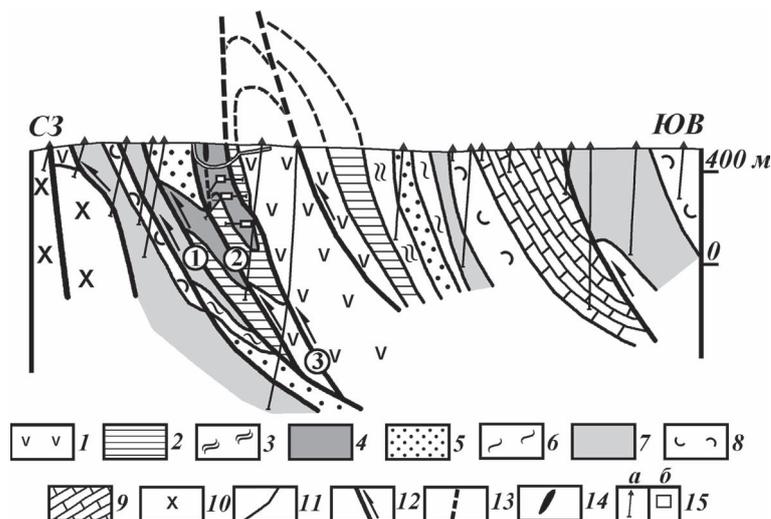


Изотопный состав углерода и кислорода месторождения Миндяк изучался также В.В. Мурзиным с соавторами [2002, 2003]. По результатам исследования $\delta^{13}C$ углекислоты, извлеченной из флюидных включений кварца, а также $\delta^{18}O$ кварца и альбита околорудных метасоматитов было установлено, что рудоносный флюид отвечает магматическому ($\delta^{13}C_{CO_2} = -7,8...-6,2\text{‰}$, $\delta^{18}O_{H_2O} = 6,3...8,2\text{‰}$). В то же время значения $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ карбонатов из продуктивных метасоматитов и, соответственно, $\delta^{13}C_{CO_2}$ и $\delta^{18}O_{H_2O}$ равновесного с ними флюида отличаются значительными вариациями ($\delta^{13}C_{CO_2} = -22,4...-1,6\text{‰}$, $\delta^{18}O_{H_2O} = 8,5...15,7\text{‰}$), что, по мнению указанных выше исследователей, обусловлено взаимодействием магматического рудоносного флюида с вмещающими породами.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе формирования месторождения Миндяк в сферу минералообразования вовлекались флюиды магматического происхождения. Однако генетическая (парагенетическая) связь золото-сульфидного оруденения с интрузивными образованиями

Рис. 6. Геологический разрез Миндякского месторождения [Знаменский, 2009]

Условные обозначения. 1–9 — тектонические пластины, снизу вверх: 1 — вулканы ($D_{2e,ir}$), 2 — карбонатный олистостром (C_{1t-v}), 3 — меланжированные ультрабазиты и габбро, 4 — полимиктовый олистостром (C_1), 5 — терригенно-карбонатные породы (C_{1v}), 6 — меланжированные ультрабазиты и габбро, 7 — карбонатный олистостром (C_{1v}), 8 — вулканогенно-осадочные и кремнистые породы (D_3), 9 — известняки (C_{1s}); 10 — роговообманковые диориты и габбро; 11 — границы тектонических пластин и пород; 12 — взбросо-надвиги юго-восточного падения (1 — Главный, 2 — Западный, 3 — Восточный); 13 — рудовмещающие разрывы; 14 — рудные тела; 15 — скважины (а) и горные выработки (б).



на месторождении не установлена. Возможно, магматический источник располагается на глубине.

Проведенные изотопно-геохимические исследования показали, что в формировании золотого оруденения в углеродсодержащих толщах зоны Главного Уральского разлома участвовали флюиды метаморфогенного, магматогенного и магматогенно-метаморфогенного происхождения. Гидротермально-метаморфогенная модель была реализована на Орловском месторождении, образовавшемся в геодинамическом режиме надвиговых деформаций в процессе зеленосланцевого метаморфизма вмещающих пород. Флюиды магматогенного происхождения играли ведущую роль на Среднеубалинском и Миндякском месторождениях, сформировавшихся в геодинамическом режиме сдвиговых деформаций. В ранее опубликованных работах [Серавкин и др., 2003; Знаменский, 2009] было показано, что общей закономерностью структурной эволюции зоны Главного Уральского разлома на коллизионном этапе его развития является смена надвиговых деформаций сдвиговыми. Изменение типа коллизионных деформаций происходило по крайней мере дважды: на стадиях мягкой (D_3-C_1) и жесткой (C_2-P) коллизии. С геодинамическими режимами сдвиговых деформаций связаны в зоне Главного Уральского разлома периоды магматической активизации. В частности, в позднем палеозое произошло становление Балбукского комплекса малых интрузий [Знаменский, 2009]. Таким образом, одним из факторов, влияющих на генетические особенности месторождений золота в углеродистых комплексах зоны Главного Уральского разлома, является тектонический режим их формирования.

Литература:

- Буряк В.А., Неменман И.С., Бердников Н.В., Коккин А.В., Демихов Ю.И. Флюидный режим формирования и источники рудообразующих растворов золото-кварцевых жил Аллах-Юньской зоны // Тихоокеанская геология. — 1990. — № 3. — С. 62–70.
- Вулканогенная металлогения Южного Урала / И.Б. Серавкин, С.Е. Знаменский, А.М. Косарев, М.В. Рыкус, Д.Н. Салихов, В.И. Сначев, В.М. Мосейчук. — М.: Наука, 1994. — 160 с.
- Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. — Уфа: Гилем, 2009. — 348 с.
- Знаменский С.Е., Мичурин С.В., Анкушева Н.Н. Геолого-генетические типы месторождений золота в осадочных и вулканогенно-осадочных комплексах зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы 9-й Межрегиональной научно-практической конф. Уфа, 20–22 нояб., 2012 г. — Уфа: ДизайнПресс, 2012. — С. 129–132.
- Знаменский С.Е., Мичурин С.В., Анкушева Н.Н. Происхождение рудообразующих флюидов Орловского месторождения золота (Южный Урал) // Руды и металлы. — 2013. — № 4. — С. 52–60.
- Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. Структурные условия локализации позднеколлизионных месторождений золота Магнитогорского мегасинклинария // Руды и металлы. — 2001. — № 6. — С. 26–36.
- Константинов М.М., Косовец Т.Н., Кряжев С.Г., Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Устинов В.И. Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем / Под ред. А.И. Кривцова. — М.: ЦНИГРИ, 2002. — 193 с. — (Серия: Модели месторождений цветных и благородных металлов).
- Лаверов Н.П., Сафонов Ю.Г., Величкин В.И. Проблемы полигенно-полихронного рудообразования // Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении. — М.: Изд-во МГУ, 2010. — Т. 1. — С. 38–59.
- Логинова Л.А., Засухин Г.Н. Геохимические особенности пиритов Миндякских золото-сульфидных месторождений // Вопросы минералогии и геохимии руд и горных пород Южного Урала. — Уфа: БФАН СССР, 1976. — С. 88–100.
- Мурзин В.В., Бортников Н.С., Сазонов В.Н. Эволюция изотопного состава углерода и кислорода карбонатов и рудообразующего флюида Миндякского золоторудного месторождения // Ежегодник-2001 / ИГиГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2002. — С. 252–254.
- Мурзин В.В., Бортников Н.С., Сазонов В.Н., Кринов Д.И. 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.
- Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Главный Уральский разлом на Южном Урале: структура и основные этапы формирования // Геотектоника. — 2003. — № 3. — С. 42–64.
- Bowman J.R. Stable-isotope systematics of scarns // Mineralized intrusion-related skarn systems // Mineralogical Association of Canada Short Course Series. — V. 26. — Quebec City, Quebec, 1998. — P. 99–145.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. Orogenic gold deposits — a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geology Reviews. — 1998. — V. 13. — P. 7–27.
- Kerrick R. Geochemical evidence on the sources of fluid and solutes for shear zone — hosted mesothermal Au deposits // Geological Association of Canada Short Course Notes. — 1989. — V. 6. — P. 129–197.
- Kerrick R., Goldfarb R.J., Groves D.I., Garwin S., Jia Y. The characteristics, origin and geodynamic settings of super-

giant gold metallogenic provinces // Science in China. – 2000. – V. 43. – P. 1–68.

Ohmoto H., Goldhaber M.B. Sulfur and carbon isotopes // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. – P. 517–611.

Ohmoto H., Rye R.O. Isotopes of sulfur and carbon // Geochemistry of Hydrothermal deposits: 2-nd Edition / *H.L. Barnes (ed.)*. – John Wiley & Sons, 1979. – P. 509–567.

Taylor H.P.Ir. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. – P. 229–302.

Zheng Y.-F. Oxygen isotope fractionation in carbonate and sulfate minerals // Geochemical Journal. – 1999. – V. 33. – P. 109–126.

Сведения об авторах:

Знаменский Сергей Евгеньевич, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru.

Мичурин Сергей Васильевич, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: s_michurin@mail.ru.

Знаменская Нина Михайловна, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru.

**THE SOURCES OF MINERAL-FORMING FLUIDS OF GOLD DEPOSITS
IN CARBONACEOUS VOLCANIC-SEDIMENTARY COMPLEXES
OF THE MAIN URALIAN FAULT ZONE OF THE SOUTHERN URALS)**

S. E. Znamensky, S. V. Michurin, N. M. Znamenskaya

Znamensky Sergei Evgenievich, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru.

Michurin Sergei Vasilievich, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: s_michurin@mail.ru.

Znamenskaya Nina Michailovna, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru.

Abstract. Sulfur, oxygen and carbon isotope compositions in minerals of Orlovka, Srednee Ubaly and Mindyak gold deposits, localized in carbonaceous volcanic-sedimentary complexes of the zone Main Uralian fault in the Southern Urals, were determined. It is shown, that in tectonic regime of thrust deformation metamorphic fluids play a leading role in the formation of gold mineralization (Orlovka deposit), and under conditions of wrench tectonic — the main role play magmatic fluids (Srednee Ubaly and Mindyak deposits).

Keywords: gold deposit, S, C, O isotope geochemistry, the Main Uralian fault.