

УДК 551.243.5:571.6

РУДОВМЕЩАЮЩИЕ ДУПЛЕКСЫ ЗОЛОТОРУДНОГО ОРОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛОМЫР (ПРИАМУРЬЕ)

© 2012 г. А. Б. Лазарев*, А. В. Волков**, А. А. Сидоров**

*ЗАО “УК Петропавловск”

675000, Благовещенск, ул. Ленина, 140/1

**Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
119017, Москва, Ж-17, Старомонетный пер., 35

Поступила в редакцию 14.06.2012 г.

Проведенные исследования позволили реконструировать эволюцию структуро- и рудообразования крупного золоторудного месторождения Маломыр (Приамурье), в которой выделено несколько этапов: 1) дорудные – складкообразования и левосдвиговой; 2) рудный – надвиговой; 3) пострудные – дайковый и неотектонический. Исследования показали, что формирование месторождения Маломыр было связано с системой дуплексов – наиболее благоприятных для рудоотложения тектонических структурных ловушек. Левосторонний дуплекс вместил основные рудные тела, сложенные упорными рудами, Центрального участка месторождения, а наиболее богатые и легкообогатимые руды участка Кварцитовый локализованы в правостороннем дуплексе. Становление системы дуплексов в один надвиговой этап позволяет считать близко одновременным отложение легкообогатимого и упорного типов руд, выделяемых на месторождении. Тип руды в этом случае зависит от структурных условий рудоотложения: в обстановке сжатия образуются упорные руды с “невидимым” Au, а в обстановке растяжения – легкообогатимые руды со “свободным” Au.

ВВЕДЕНИЕ

Многие крупные орогенные месторождения золота пространственно приурочены к региональным разломам, сформировавшимся в зонах коллизии турбидитных террейнов (Groves *et al.*, 1998). Эти разломы играют важную роль как транспортные транслитосферные каналы в Земной коре для метаморфогенных рудоносных флюидов (Goldfarb *et al.*, 2005). В подобных структурах восточной части Монголо-Охотского орогенного пояса локализовано месторождение Маломыр (фиг. 1, врезка), запасы и ресурсы которого суммарно превышают 160 т, при средних содержаниях Au 2.2 г/т (Золоторудные ..., 2010).

Золоторудное месторождение Маломыр расположено на территории Селемджинского района Амурской области, в 40 км к северу от поселка Стойба, в 80 км к западу от районного центра поселка Экимчан и в 65 км к западу от золоторудного месторождения Токур. Расстояние от месторождения до станции Февральск, Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, составляет 120 км.

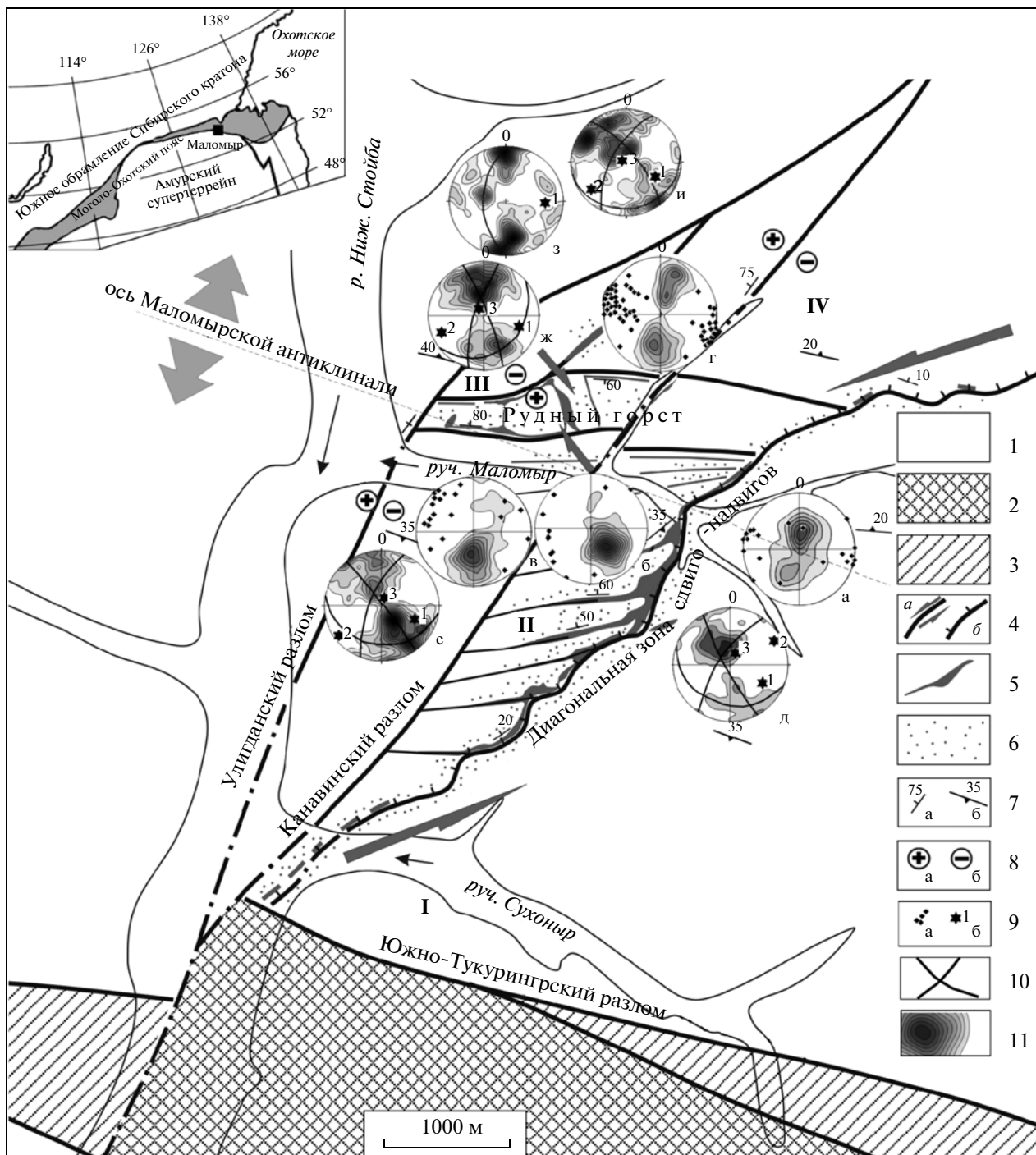
Месторождение Маломыр детально изучается вот уже более двадцати лет, начиная с 1990 г. По мнению В.А. Бурыка, А.Е. Пересторонина (2000), месторождение относится к сухоложскому типу. Однако известно, что Au в рудах последнего – “свободное”, извлекаемое цианированием, и от-

мечается преимущественно в сростании с пиритом (Золоторудные ..., 2010). Вместе с тем в рудах месторождения Маломыр преобладает “упорное” “невидимое” Au, которое заключено в тонковкрапленных сульфидах – пирите и игольчатом арсенопирите (Золоторудные ..., 2010). Известно, что золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд характеризуются различным количеством “упорного” и “свободного” золота в рудах (Новожилов, Гаврилов, 1999). Существует несколько точек зрения на условия формирования “свободного” золота в этом типе месторождений. Одни исследователи связывают его формирование со структурными особенностями рудоотложения (Волков и др., 2002), другие – с метаморфизмом упорных руд, ремобилизацией и переотложением (Новожилов, Гаврилов, 1999).

Право на разведку с последующей обработкой золоторудного месторождения Маломыр в 2005 г. получило золотодобывающее предприятие ОАО “Покровский рудник” (дочка “Peter Hambro Mining”, ныне ЗАО “УК Петропавловск”). С 2006 г. на площади месторождения проводятся поиски новых и разведка ранее выявленных рудных тел.

В 2007 г. на северном фланге месторождения Маломыр (участок Кварцитовый) были выявлены новые богатые рудные тела субмеридиональной (дискордантной к главному северо-восточному простиранию известных ранее рудных тел) ориентировки (фиг. 1). По технологическим каче-

Адрес для переписки: А.В. Волков. E-mail: alexandr@igem.ru



← **Фиг. 1.** Геолого-структурная карта месторождения Маломыр.

1 – Монголо-Охотский орогенный пояс; 2 – Амурский супертеррейн; 3 – юрские краевые прогибы; 4 – разломы (а), надвиги (б), с указанием вектора движения; 5 – минерализованные зоны дробления и рассланцевания; 6 – слюдисто-карбонат-кварцевые метасоматиты; 7 – элементы залегания: разломов (а), пород (б); 8 – тип амплитуды: взброс (а), сброс (б); 9–11 – структурные элементы на стереограммах (а–и): 9 – шарниры складок (а) и выход оси пояса трещиноватости и его номер (б) (Данилович, 1961), 10 – пояс, образованный структурными элементами, 11 – поля замеров ориентировки сланцеватости в зоне разлома (Гзовский, 1954), совмещенные с замерами ориентировки минерализованных зон дробления. I–IV – участки месторождения Маломыр: I – Сухоныр, II – Центральный, III – Кварцитовый, IV – Ожидаемый.

а–и – стереограммы ориентировки структурных элементов месторождения Маломыр: а – сланцеватости в породах автохтона участка Центральный, 266 замеров; б – сланцеватости в породах аллохтона участка Центральный (вблизи Диагонального разлома), 213 замеров; в – сланцеватости в породах аллохтона участка Центральный (в тылу Диагонального разлома), 255 замеров; г – сланцеватости в породах аллохтона участка Кварцитовый, 478 замеров; д – разломов в породах автохтона участка Кварцитовый, 267 замеров; е – минерализованных зон дробления в аллохтоне участка Центральный, 293 замера; ж – минерализованных зон дробления в аллохтоне участка Кварцитовый, 284 замера; з – зон дробления, вмещающих кварцевые метасоматиты участка Кварцитовый, 115 замеров; и – даек в пределах Маломырского рудного поля, 146 замеров.

ствам выявленные руды оказались легкообогатимыми (таблица), что значительно повысило промышленную ценность месторождения. Также были выявлены новые рудные тела с “упорным”

золотом в пределах участков Ожидаемый и Сухоныр, не выходящие на поверхность.

С целью изучения структурной позиции типов руд, оценки влияния структурно-тектонических

Сравнение состава упорных и легкообогатимых первичных руд месторождения Маломыр

Руды	Легкообогатимые	Упорные	
		от–до	среднее
Компоненты		Мас. %	
SiO ₂	63.5	64.2–67.5	65.2
Al ₂ O ₃	15.7	12.6–17.5	15.1
TiO ₂	0.9	0.4–0.7	0.6
CaO	2.9	3.1–3.9	3.6
K ₂ O	3.9	2.1–6.1	4.6
Na ₂ O	2.7	1.3–3.1	1.8
MnO	0.077	0.09–0.37	0.22
P ₂ O ₅	0.18	0.11–0.16	0.14
Fe _{общ}	2.87	3.42–4.54	4.04
Fe _{окисленное}	1.93	1.95–2.37	2.15
Fe _{сульфидное}	0.94	1.47–2.17	1.89
As _{общ}	0.3	0.06–0.34	0.20
S _{общ}	0.74	1.42–1.64	1.55
CO ₂ карбонатный	3.6	4.0–5.6	4.9
C _{орг}	0.1	0.05–0.49	0.27
Породообразующие минералы		Мас. %	
Полевые шпаты (плагиоклаз, КПШ)	55	0–30	14
Кварц	24	26–41	33
Слюды	–	2–43	15
Гидрослюда (серицит, гидромусковит)	11.1	0–2.50	0.83
Карбонаты (доломит, анкерит)	7.3	2.50–12.00	6.00
Сульфиды	2.2	1.70–3.00	2.44
Свободное золото (амальгамируемое)	76.2	4.60–45.80	23.8
Золото в виде сростков (цианируемое)	14.6	9.50–22.20	13.4
Всего в цианируемой форме	90.8	14.20–55.30	36.9

Примечание: по данным изучения технологических проб руд ЗАО “УК Петропавловск”.

факторов на рудообразование, временного соотношения тектонических процессов и оруденения, а также для прогнозирования новых рудных тел, разведочные работы на месторождении сопровождались структурными исследованиями, результаты которых обсуждаются в настоящей статье.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования на месторождении проводились на основе известных методов структурной геологии: сопряженных пар сколов (Гзовский, 1954), поясов трещин (Данилович, 1961) и квазиглавных напряжений (Парфенов, 1984). На завершающем этапе исследования были сосредоточены в эксплуатационных карьерах на участках Кварцитовый и Центральный. Параллельно проводилась статистическая обработка массовых замеров структурных элементов (сланцеватости, зон дробления, зон окварцевания и т. д.). С помощью современной компьютерной программы “StereoNet”¹ строились и интерпретировались стереограммы. Последние выполнены на стереографической сетке Вульфа в верхней полусфере.

С помощью этой программы осуществлялась статистическая обработка массовых замеров структурных элементов (сланцеватости, зон дробления, зон окварцевания и т. д.), вычисление элементов залегания шарниров складок, по данным замеров элементов залегания крыльев складки, а также вычисление элементов залегания поясов разрывных структур и их осей. Обработка материалов велась вначале отдельно по участкам и отдельным структурным единицам, например, для участка Центральный месторождения Маломыр обработка производилась отдельно для автохтона и для аллохтона. При совпадении диаграмм структурных элементов на отдельных участках, что указывало на их единую структурную природу, они объединялись в сводные диаграммы.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Важнейшие особенности окраинноморской литосферы на северо-востоке Азии — это остаточные кратонные террейны: типа Омолонского или Буреинского массивов. Последний входит в состав Амурского супертеррейна (фиг. 1). Размеры и границы этих микрократонов плохо изучены. К их ограничениям и секущим зонам тектоно-магматической активизации приурочены крупнейшие золоторудные месторождения (Сидоров и др., 2012). Такую позицию в региональных структурах занимает и золоторудное месторождение Маломыр, которое приурочено к узлу пересече-

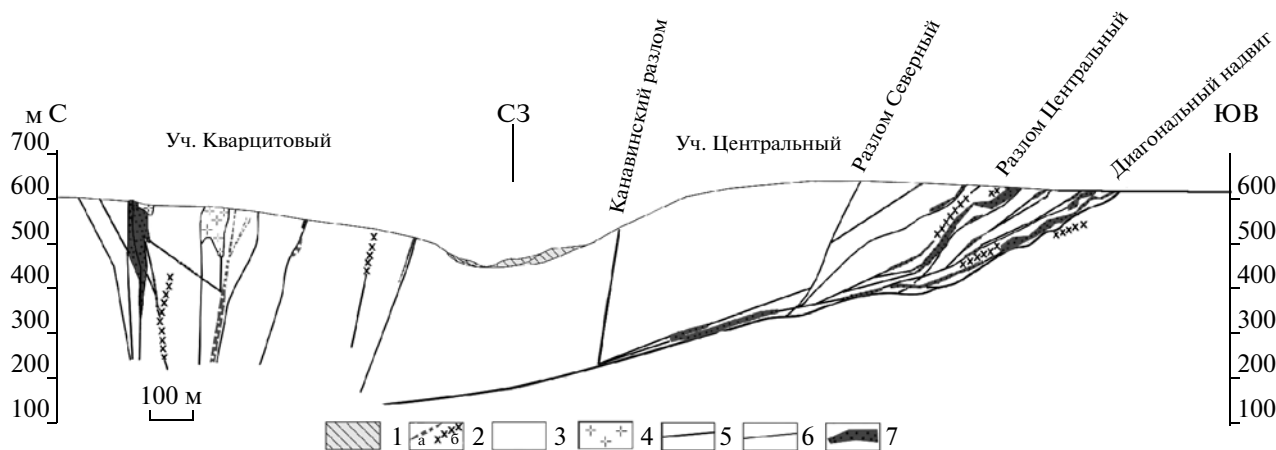
ния Южно-Тукурингского субширотного разлома (ЮТР) с север-северо-восточными разломами Улигданской системы (фиг. 1). ЮТР — главная разрывная структура района, представленная серией линеаментов, ограничивающих с севера Амурский супертеррейн, а с юга структуры Монголо-Охотского пояса. Улигданская система сбросов (взбросов) пересекает и структуры Монголо-Охотского пояса, и примыкающий к нему Амурский супертеррейн (фиг. 1). Амплитуды сбросов Улигданской системы достигают 2–3 км. В пределах Монголо-Охотского пояса эта система сквозных разломов (более, чем на 40 км) контролирует золотую минерализацию (Золоторудные ..., 2010).

Геологическое строение месторождения определяется антиклинальной складкой, вытянутой в субширотном направлении, южное крыло которой пересекает главная рудоконтролирующая структура — Диагональный разлом. Площадь месторождения сложена среднекаменноугольными породами: углеродсодержащими ($C_{орг}$ до 1–2%) серицит-альбит-кварцевыми, кварц-альбитовыми и хлорит-серицит-альбит-кварцевыми сланцами с прослоями метавулканитов. Интрузивные образования представлены позднепалеозойскими плагиогранитами, слагающими субсогласные тела линзообразной формы, протяженностью до 400 м при субширотном простирании. Гранитоиды, как и вмещающие толщи, дислоцированы, милонитизированы и метаморфизованы в зеленосланцевой фации, интенсивно окварцованы и альбитизированы. Пострудные дайки представлены в основном раннемеловыми андезитами и дацитами. Протяженность даек составляет 20–500 м при мощности от долей метра до 10–15 м. Залегают они среди рассланцованных и катаклазированных сланцев и плагиогранитов, часто внутри минерализованных зон дробления преимущественно субмеридиальной или северо-восточной ориентировки. Дайки, как правило, не несут оруденения.

Диагональный разлом — выдержанная по падению и простиранию, мощная (10–40 м) и непрерывная тектоническая структура северо-западного падения (10° – 30°), которая прослежена в северо-восточном направлении (более, чем на 12 км), выклинивание ее не установлено. На юго-западном фланге Диагональный разлом упирается в острый угол, образованный Улигданским сбросом и ЮТР (фиг. 1). На протяжении почти 5 км и на глубину более 340 м породы в пределах Диагонального разлома содержат золотую минерализацию (0.6–8.0 г/т).

Основной шов Диагонального разлома залегает в основании зоны чешуйчатого надвига (фиг. 1). Это выдержанная по падению и простиранию мощная (10–40 м), непрерывная тектоническая структура. Она сложена тектоническими

¹ <http://www.eas.cornell.edu/>



Фиг. 2. Геологический разрез месторождения Маломыр.

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – раннемеловые дайки андезитов (а) и дацитов (б); 3 – позднекарбонатовая толща (серицит-кварц-альбитовые углеродсодержащие, мусковит-албит-кварцевые и другие сланцы, метабазалты, глинистые сланцы, мраморизованные известняки); 4 – плагиограниты; 5, 6 – рудоконтролирующие разломы: 5 – разломы третьего порядка (Диагональный надвиг, Канавинский разлом), 6 – разломы четвертого порядка (Северный, Центральный и др.); 7 – рудные тела с бортовым содержанием Au 1.1 г/т.

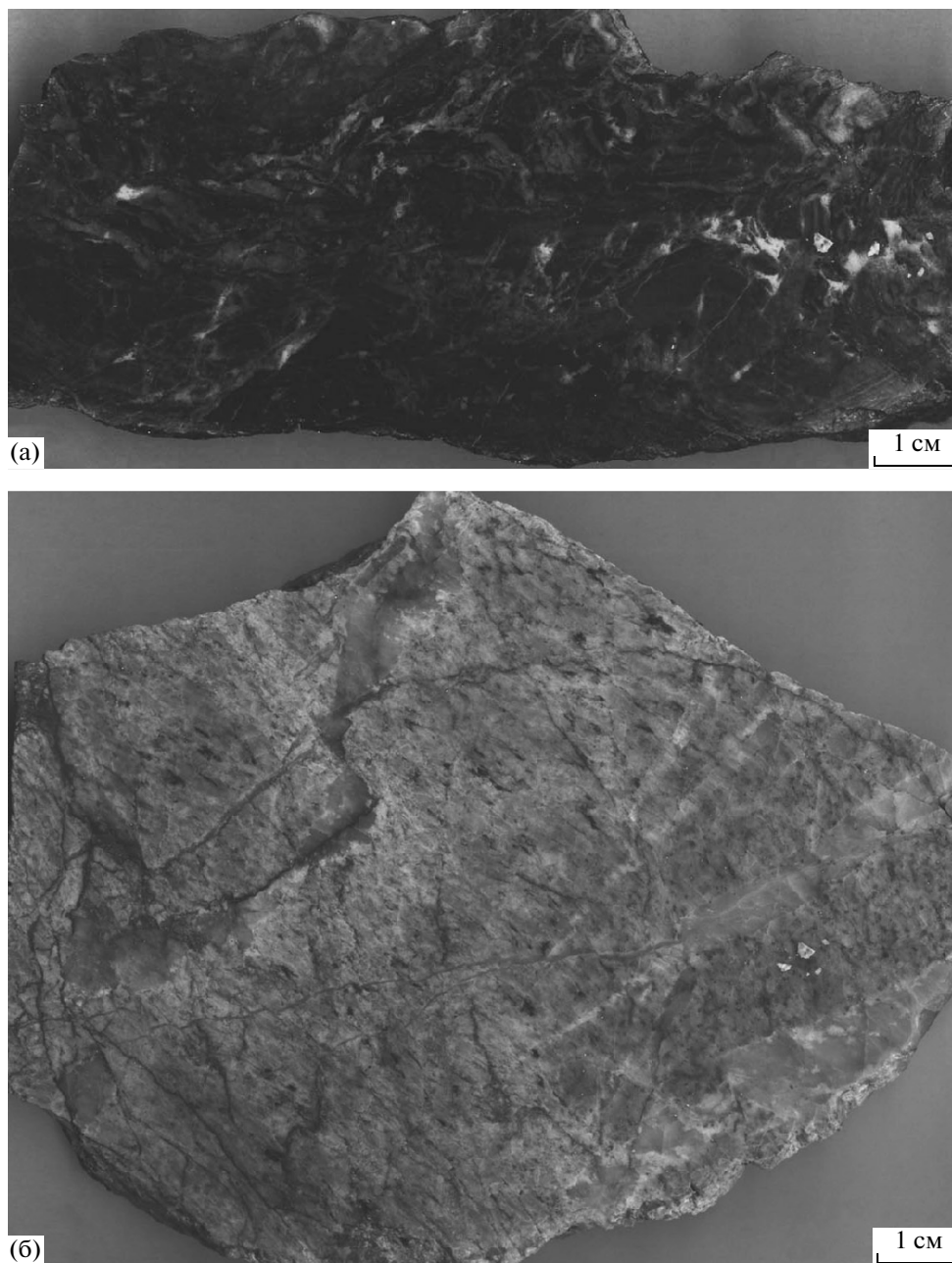
глинами трения, брекчиями на глинистом, милолитовом или кварцевом цементе с обломками вмещающих и окварцованных пород, с тонким и редким прожилковым окварцеванием, карбонатизацией и прожилково-вкрапленными сульфидами (1–25%). Ее всюду подстилают окварцованные в массе, безрудные полевошпат-кварцевые метасоматиты мощностью 5–55 м. Всяческое крыло этой разрывной структуры сопровождается обширными участками (до 60 м) трещиноватых и катаклазированных пород пестрого состава, неравномерно окварцованных и пиритизированных по массе, брекчированных. Там, где на них накладываются более крутые (50°–60°) оперяющие субширотные тектонические зоны с прожилковым окварцеванием, карбонатизацией и прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, по опробованию выделяются дополнительные рудные тела.

В плане рудные тела месторождения создают картину “конского хвоста” с постепенным затуханием оруденения в западном направлении от Диагонального разлома (фиг. 1). Морфология рудных тел – уплощенно-линзовидная, пластообразная, субогласная с залеганием основных тектонических элементов (фиг. 2). Геологические границы рудных тел определяются только по результатам опробования.

Геохронологические $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -исследования, проведенные по монофракциям плагиоклаза из полевошпат-карбонатно-силикатного метасоматита, вмещающего золоторудное тело (Бучко и др., 2011), позволили установить, что возраст формирования плагиоклаза составляет 120.7 ± 1.5 млн. лет (70 % выделенного ^{39}Ar).

Особое положение в геологической структуре месторождения Маломыр занимает участок Кварцитовый. Он расположен в аллохтоне зоны надвигов, в 1.0–2.0 км от ее основного тектонического шва. Оруденение здесь контролируется крутопадающими (60°–80°) параллельными субширотными разломами, обрамляющими протяженный (3 км), узкий (250–500 м) тектонический блок – горст. На востоке он примыкает к Диагональному разлому, а на западе срезается Улигданским сбросом. Почти четверть объема блока занимают тела катаклазированных плагиогранитов, измененных местами до кварц-полевошпатовых метасоматитов. Оруденение контролируемое субширотными разломами блока, аналогично основным рудным телам Диагональной зоны надвигов. Как уже отмечалось, в 2007 г. на участке Кварцитовый были выявлены новые рудные тела с легкообогатимыми малосульфидными (до 2%) рудами, представленными кварц-полевошпатовыми брекчиями и кварцевыми прожилками позднего этапа рудообразования. Рассматриваемые рудные тела выполняют в пределах блока субвертикальные трещины отрыва субмеридиональной ориентировки, расположенные через 200–400 м главным образом в пределах катаклазированных гранитов. Сочетание параллельных субширотных и поперечных к ним субмеридиональных рудных тел в пределах блока образует своеобразную лестничную структуру. Мощность субмеридиональных тел 4.0–34.0 м, протяженность 260–420 м по падению и более 300 м. С глубиной мощность рудных тел уменьшается до 2.0–3.0 м.

На месторождении Маломыр выделены два технологических типа руд (таблица) – легкообо-



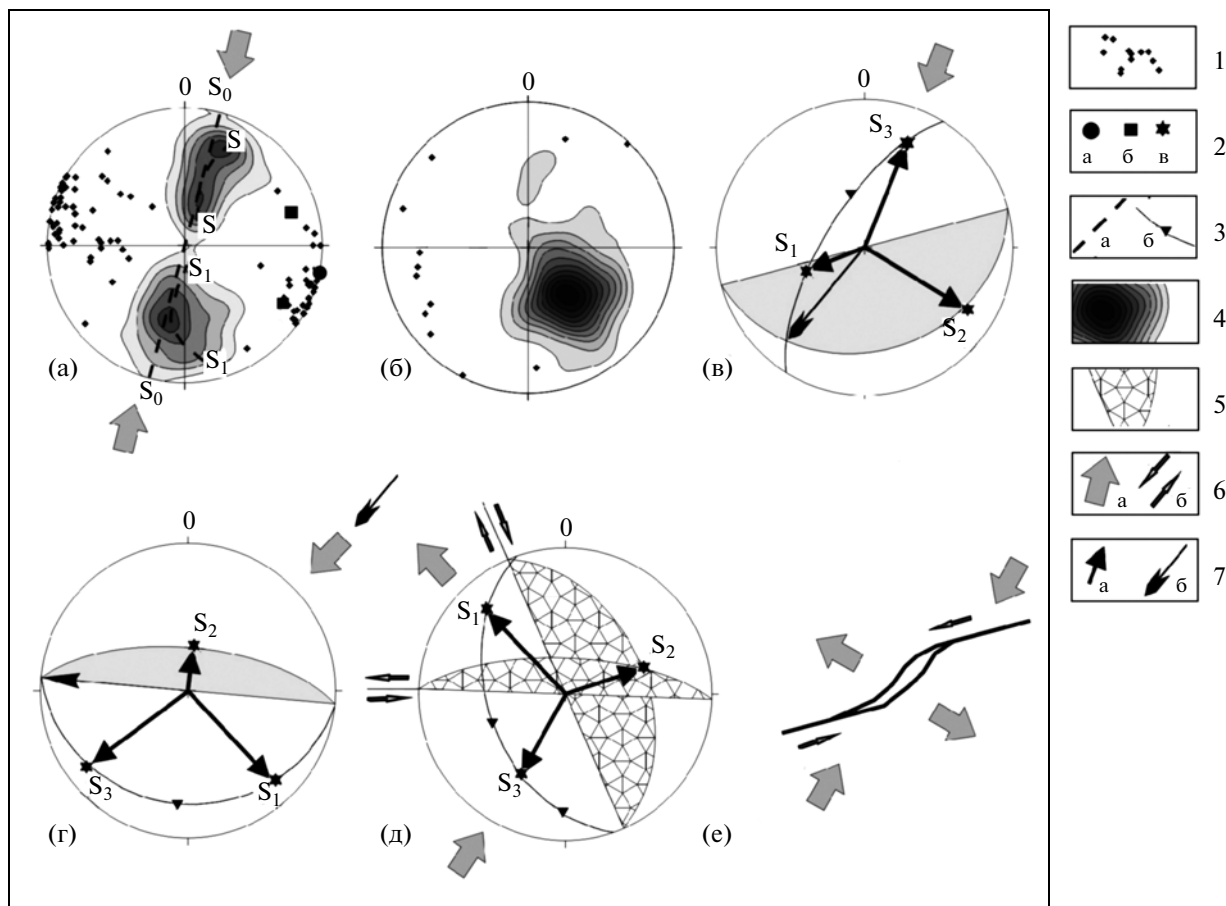
Фиг. 3. Руды месторождения Маломир: а – упорные (р.т. 1), участок Центральный; б – легкообогатимые (р.т. 55), участок Кварцитовый.

гатимые (с долей цианируемого Au более 70%) и упорные (доля цианируемого Au менее 70%). Более 85% рудной массы составляют: кварц, различные слюды, полевые шпаты, хлорит (таблица). Рудная минерализация представлена, в основном, пиритом, арсенопиритом, а также незначительным количеством – марказита, сфалерита, галенита, халькопирита.

В легкообогатимых первичных рудах месторождения полевые шпаты преобладают над кварцем, в них практически отсутствуют слюды, но

присутствуют гидрослюды. В соответствии с этим в составе легкообогатимых руд больше глинозема, но меньше железа, кремнезема, $S_{орг}$. На фиг. 3 видно, что упорные руды месторождения Маломир отличаются от легкообогатимых руд по цвету, что связано с более высоким содержанием в них $S_{орг}$ (таблица).

Золото – главный полезный компонент руд месторождения Маломир, его большая часть (от 35 до 66%) в упорных первичных рудах находится в тонкодисперсной форме в сульфидах – в основ-



Фиг. 4. Результаты реконструкций полей напряжений складкообразования и левосдвигового этапов формирования структуры месторождения Маломыр.

а – геометрический анализ складчатых структур месторождения; б–е – реконструкция палеонапряжений левосдвигового этапа: б – поля замеров ориентировки сланцеватости Диагонального разлома, в – реконструкция палеонапряжений (Парфенов, 1984) для Диагонального разлома, выход оси пояса трещиноватости (S_2) соответствует выходу осей поясов 1 на стереограммах д–ж, и (фиг. 1), г – реконструкция палеонапряжений (Парфенов, 1984) для ЮТР, выход оси пояса S_2 соответствует выходу осей поясов 3 на стереограммах д–ж, и (фиг. 1), д – реконструкция методом сопряженных пар сколов, правый и левый сдвиг (Гзовский, 1954), е – схема формирования левостороннего дуплекса растяжения в зоне Диагонального разлома в условиях север-северо-восточного сжатия.

1 – шарниры складок; 2 – шарнир цилиндрической складки (а), вершина оси конической складки (б), вершина оси пояса трещиноватости (в); 3 – пояса: полюсов сланцеватости (а), трещиноватости (б); 4 – поля замеров ориентировки сланцеватости в зоне разлома, совмещенные с замерами ориентировки минерализованных зон дробления (Гзовский, 1954); 5 – плоскости действия максимальных касательных напряжений; 6 – направления тектонических движений (а), правый и левый сдвиг (б), (фиг. 5б); 7 – вектор пояса трещиноватости (а) и направление движения в плоскости сместителя разлома (б).

ном, в пирите и арсенопирите (Ожогин и др., 2009). По результатам атомно-абсорбционного анализа, пробность “свободного” Au составляет 802–886 ‰.

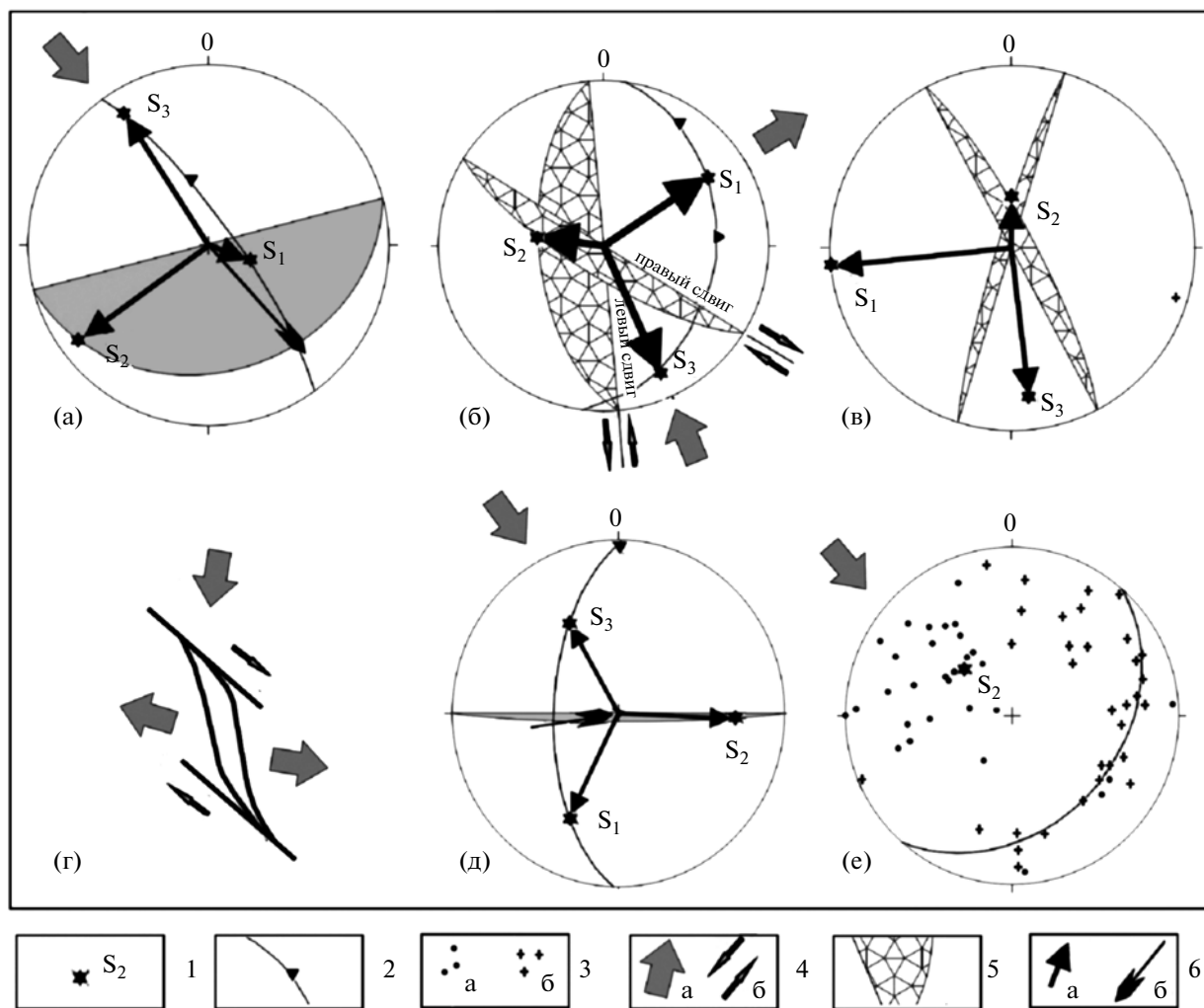
В процессе геологоразведочных работ месторождение Маломыр условно разделено на несколько участков (фиг. 1): 1) Центральный, включающий основные запасы упорных руд; 2) Кварцитовый – расположенный севернее Центрального с запасами как упорных, так и легкообогащаемых руд; 3) Ожидаемый – находится северо-восточней Центрального с запасами упорных руд; 4) Сухоныр – локализован юго-западней Центрального также с запасами

упорных руд. Два последних участка, как и Центральный, располагаются вдоль зоны Диагонального разлома.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования позволили реконструировать эволюцию структуро- и рудообразования месторождения Маломыр, в которой установлено несколько этапов (фиг. 1, 4, 5).

Этап складкообразования (фиг. 1, стереограмма г; фиг. 4а). Складчатая структура месторождения представлена Маломырской антиклиналью северо-



Фиг. 5. Результаты реконструкций полей напряжений надвигового рудного (а–г) и неотектонического пострудного (д, е) этапов формирования структуры месторождения Маломыр.

а – реконструкция палеонапряжений надвигового этапа для Диагонального разлома (Парфенов, 1984); б – реконструкция палеонапряжений методом сопряженных пар сколов, правый и левый сдвиг (Гзовский, 1954) на участке Центральный, ориентировка главных локальных осей напряжений по сопряженным сколам с определенной кинематикой правый и левый сдвиги (по аккреционным ступеням); в – реконструкция палеонапряжений методом сопряженных трещин (участок Кварцитовый), S_3 – ось максимального сжатия; г – схема формирования правостороннего дуплекса растяжения в аллохтоне Диагонального разлома в условиях север-западного сжатия; д – реконструкция палеонапряжений пострудного этапа для ЮТР (Парфенов, 1984), вершина оси пояса трещиноватости (S_2) соответствует выходу оси пояса (1) на стереограмме з (фиг. 1); е – соотношение трещиноватости, штрихов и борозд скольжения в аллохтоне Диагонального разлома (Центральный карьер месторождения Маломыр).

1 – вершина оси пояса трещиноватости (S_2) соответствует выходу осей поясов (2) на стереограммах д–ж, и (фиг. 1); 2 – пояс ориентировки полюсов трещиноватости; 3 – ориентировка выходов тектонических штриховки (а) и плоскостей трещин (б); 4 – направления тектонических движений (а), правый и левый сдвиг (б); 5 – плоскости действия максимальных касательных напряжений; 6 – вектор пояса трещиноватости (а) и направление движения в плоскости сместителя разлома (б).

западного простирания, в пределах южного крыла и замковой части которой локализуется основное оруденение. Геометрический анализ складчатости месторождения указывает на наличие двух типов деформаций (фиг. 4а). Складчатые формы первого типа деформаций имеют цилиндрическую геометрию (пояс полюсов сланцеватости S_0-S_0) с субгоризонтальным шарниром (Ц) и вер-

тикальной осевой плоскостью (фиг. 4а). Мелкие складки второго типа установлены по наложению конических деформаций (пояса полюсов сланцеватости $S-S$ и S_1-S_1). Шарниры цилиндрических складок (Ц) и вершинные оси (К) конических складок расположены близко, следовательно были образованы одновременно. На этом этапе преобладало региональное субгоризонтальное сжа-

тие с северо-восточной ориентировкой (фиг. 4а). Причем Южно-Тукурингский субширотный региональный разлом проявился как левый сдвиг. Углигданская северо-восточная система разломов, по-видимому, еще не существовало.

Левосдвиговый (дорудный) этап – продолжение первого этапа и характеризуется нарастанием субгоризонтального север-северо-восточного сжатия, что приводит к формированию Диагонального (левый синсдвиг) и Углигданского (правый антисдвиг) разломов (фиг. 1, стереограмма б; фиг. 4б).

Нами проведена реконструкция палеонапряжений левосдвигового этапа для Диагонального разлома методом квазиглавных напряжений (фиг. 4б–4е), в результате которой установлено, что в Диагональной системе, на южном крыле Маломирской антиклинали формируется левосторонний дуплекс растяжения, вместивший в дальнейшем основное оруденение. Левосдвиговый характер движения по Диагональному разлому подтверждается разворотом сланцеватости на 60° от юго-западного к северо-восточному простиранию (фиг. 4в).

На этом этапе движение по ЮТР – чистый левый сдвиг (фиг. 4г), а по Диагональному разлому – левый взбросо-сдвиг (фиг. 4д). Вероятно, в этот этап начинают формироваться золотоносные метасоматиты.

Надвиговый (основной рудный этап) характеризуется изменением вектора регионального сжатия с север-северо-восточного на север-северо-западный (фиг. 5а). На этом этапе левый сдвиг Диагонального разлома трансформируется в надвиг, в аллохтоне которого формируется Рудный горст и правосторонний дуплекс растяжения (фиг. 5а–5г). В это же время рудообразование происходит в условиях сжатия в пределах Диагональной зоны разломов (упорные руды), а в условиях растяжения (легкообогащаемые руды) в пределах правостороннего дуплекса (р. т. 55). ЮТР выступает на этом этапе в роли правого взбросо-сдвига, а Углигданский разлом – левого сдвига.

С целью изучения кинематики Диагонального разлома на Центральном участке месторождения Маломир, вмещающем основные запасы упорных руд, были построены стереограммы ориентировок сланцеватости в породах автохтона и отдельно для пород аллохтона в непосредственной близости от разлома и в тылу разлома (фиг. 1, стереограммы а–в). Сравнительный анализ показал, что эти стереограммы весьма сходны. Различия заключаются в ориентировке залегания пород по отношению к главным разломам. На южном крыле Маломирской антиклинали плоскость Диагонального разлома ориентирована поперек сланцеватости, что обусловило значительное дробление пород и образование благоприятной для локализации основного объема вкрапленных руд струк-

туры. Вместе с тем совпадение ориентировки сланцеватости с направлением встречных надвигов в аллохтоне стимулирует разрядку тектонических напряжений в виде проскальзывания по сланцеватости без создания мощных зон дробления. Такой стиль тектонического развития установлен на северном крыле Маломирской антиклинали, где плоскость сместителя Диагонального разлома ориентирована вдоль сланцеватости. Не случайно здесь рудные тела не были выявлены.

Дайковый этап (пострудный). Дайки на рудном поле – непротяженные с причудливыми контактами, что объясняется их внедрением в условиях северо-восточного сжатия (фиг. 1, стереограмма и) в уже сформированные тектонически нарушенные структуры.

Неотектонический этап (пострудный). Выделяется нами по многочисленным нарушениям с тектонической штриховкой, развитых в рудных телах Центрального участка. Эти нарушения имеют субширотную ориентировку и образуют пояс трещиноватости, ось которого погружается на запад под углом 30° (фиг. 1, стереограмма з).

Нами проведена реконструкция палеонапряжений пострудного этапа для Южно-Тукурингской (субширотной) системы методом квазиглавных напряжений (фиг. 5д–5е). Выход оси пояса трещиноватости S_2 соответствует выходу оси пояса деформаций (1) на стереограмме (фиг. 1, стереограмма з). На стереограмме (фиг. 5е) видно, что выход оси пояса трещиноватости S_2 совпадает с выходами тектонической штриховки по этим плоскостям. Такое совпадение свидетельствует не только о том, что тектоническое движение, сформировавшее штриховку, унаследовало систему трещин, заложенную в более ранние этапы тектонического развития площади, но и о продолжающемся северо-западном сжатии.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенных исследований в эволюции структуро- и рудообразования месторождения Маломир выделено несколько этапов: 1) дорудные – складкообразования и левосдвиговый; 2) рудный – надвиговый; 3) пострудные – дайковый и неотектонический. Они показали, что замеры ориентировок минерализованных зон дробления вмещающих рудные тела месторождения не создают каких-либо максимумов, приуроченных к определенной системе разломов, ни на одном из исследованных участков. Это позволяет сделать вывод об их дорудном образовании. Формирование месторождения Маломир было связано с системой дуплексов – наиболее благоприятных для рудоотложения тектонических структурных ловушек. Левосторонний дуплекс вместили основные рудные тела Центрального участка ме-

сторождения, а наиболее богатые и легкообогатимые руды участка Кварцитовый локализованы в правостороннем дуплексе. Становление системы дуплексов прошло в один надвиговый этап, что позволяет считать близко одновременным отложение легкообогатимых и упорных типов руд, выделяемых на месторождении. Тип руды в этом случае зависит от структурных условий рудоотложения: в обстановке сжатия образуются упорные руды с “невидимым” Au, а в обстановке растяжения – легкообогатимые руды со “свободным” Au.

В заключение отметим, что среди золото-сульфидных месторождений вкрапленных руд выделяется два структурных подтипа (Волков и др., 2002; Волков, 2010): приуроченные к интрузивно купольным структурам (Майское, Центральная Чукотка и др.) и локализованные в тектонических блоках в продольных зонах разломов (Нежданинское, Наталкинское и др.). Каждый подтип обладает определенной спецификой геологического строения, состава и генезиса (Бортников и др., 2004, 2007; Горячев и др., 2008). Месторождение Маломыр, по нашему мнению, – типичный представитель второго подтипа, где представлены сверхкрупные месторождения (Наталкинское, Нежданинское, Бакырчик, и др.). Вероятно, и месторождение Маломыр весьма перспективно в плане прироста запасов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12–05–00443-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бортников Н.С., Брызгалов И.А., Кривицкая Н.Н. и др.* Майское многоэтапное прожилково-вкрапленное золото-сульфидное месторождение (Чукотка, Россия): минералогия, флюидные включения, стабильные изотопы (O и S), история и условия образования // Геология руд. месторождений. 2004. Т. 46. № 6. С. 475–509.
- Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В. и др.* Состав и происхождение флюидов в гидротермальной системе Нежданинского золоторудного месторождения (Саха-Якутия, Россия) // Геология руд. месторождений. 2007. Т. 49. № 2. С. 99–145.
- Буряк В.А., Пересторонин А.Е.* Маломыр – первое крупное золоторудное месторождение суходождского типа в Приамурье. Благовещенск–Хабаровск, 2000.
- Бучко И.В., Пономарчук В.А., Травин А.В.* Возраст золоторудных метасоматитов месторождения Маломыр // Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона: материалы Всеросс. научн. конф. 27–30 сентября 2011 г. Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. Т. 2. С. 30–32.
- Волков А.В.* Вкрапленные золото-сульфидные месторождения Северо-Востока России: особенности поисковой геолого-генетической модели // Современные проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 37–59.
- Волков А.В., Сидоров А.А., Гончаров В.И., и др.* Золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд Северо-Востока России // Геология руд. месторождений. 2002. Т. 44. № 3. С. 179–197.
- Гзовский М.В.* Тектонические поля напряжений // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1954. № 3. С. 390–410.
- Горячев Н.А., Викентьева О.В., Бортников Н.С. и др.* Наталкинское золоторудное месторождение мирового класса: распределение РЗЭ, флюидные включения, стабильные изотопы кислорода и условия формирования руд (Северо-Восток России) // Геология руд. месторождений. 2008. Т. 50. № 5. С. 414–444.
- Данилович В.Н.* Метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. Иркутск: Иркут. политехн. ин-т, 1961.
- Золоторудные месторождения России / Под ред. Константинова М.М.. М.: Акварель, 2010.
- Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. М.: ЦНИГРИ, 1999.
- Ожогин Д.О., Дубинчук В.Т., Орлова Н.И. и др.* Тонкодисперсное золото в рудах месторождения Маломыр и возможность его извлечения // Новые методы технологической минералогии при оценке руд металлов и промышленных минералов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 70–78.
- Парфенов В.Д.* К методике тектонофизического анализа геологических структур // Геотектоника. 1984. С. 60–72.
- Сидоров А.А., Чехов А.Д., Волков А.В.* О металлогенетической эволюции палеоукраинноморской литосферы мезозойд Северо-Востока России // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 1. С. 2–8.
- Goldfarb R.J., Baker T., Dub B. et al.* Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes // Econ. Geol. 2005. 100th Anniversary Volume. P. 407–450.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M. et al.* 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.