

РОЛЬ СДВИГОВЫХ ДУПЛЕКСОВ В РЕГИОНАЛЬНОМ СТРУКТУРНОМ КОНТРОЛЕ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ МАГНИТОГОРСКОЙ МЕГАЗОНЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2009 г. С. Е. Знаменский, Н. М. Знаменская

Институт геологии Уфимского НЦ РАН
450000, Уфа, ул. К. Маркса, 16/2
E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru

Поступила в редакцию 16.12.2008 г.

Выделен новый для Урала тип региональных золотоконтролирующих структур – сдвиговые дуплексы растяжения. Показано, что размещение позднепалеозойских золото-сульфидных, золото-сульфидно-кварцевых и золото-кварцевых месторождений Магнитогорской мегазоны связано с дуплексами растяжения сдвиговых зон, развивавшихся в тектоническом режиме транспрессии. Рассмотрены механизмы формирования дуплексных структур. В дуплексах месторождения золота локализованы в узлах пересечения коллизионных разломов при ведущей роли зон малоамплитудных сдвигов и косых разрывов, образующих и, главным образом, разрушающих дуплексы по типу Y-сдвигов, R- и R'-сколов Риделя. Как правило, вначале они контролировали размещение комплексов малых интрузий и даек, а впоследствии – золотого оруденения.

Ключевые слова: сдвиговая зона, сдвиговый дуплекс растяжения, транспрессия, транстенсия, R- и R'-сколы Риделя, месторождение золота.

ВВЕДЕНИЕ

Сдвиговые дуплексы представляют собой разрывные структуры линзовидно-ромбовидной в плане формы, ограниченные двумя субпараллельными сдвигами и диагональными к ним дополнительными разрывами [51]. Внутренние части дуплексных структур обычно нарушены вторичными парагенезисами эшелонированных разрывов. По характеру разрушения выделяются дуплексы сжатия и растяжения. Для первых из них типичны ассоциации дополнительных надвигов, взбросов, сдвиго-надвигов и сдвиго-взбросов, образующих по вертикали позитивные цветочные структуры или структуры “пальмового дерева” (рис. 1а) [49]. Дуплексам растяжения свойственны ассоциации вторичных сдвигов, сбросов, сдвиго-сбросов, формирующих в вертикальном разрезе негативные цветочные структуры (рис. 1б). К дуплексам растяжения относятся присдвиговые бассейны pull-apart [39].

Дуплексы диагностированы во многих природных сдвиговых системах [16, 37, 46 и др.], а также получены в экспериментах [44, 50, 51 и др.]. Они изучены в трех структурных обстановках: 1) на изгибах магистрального сместителя; 2) на ступенчатых перекрытиях разломов, составляющих магистральную сдвиговую зону; 3) на прямолинейных участках сдвиговых зон. В первых двух структурных обстановках тип формирующегося дуплекса зависит от соотношений направления изгиба или знака эшелонирования (право- или левоступенчатого) разломов и знака сдвиговых смещений. На изги-

бах магистрального сместителя, препятствующих сдвиговым смещениям, возникают условия локальной транспрессии (сочетание деформаций простого сдвига и сжатия) [42], приводящей к формированию дуплексов сжатия (рис. 1а). На изгибах разломов, способствующих сдвиговым смещениям, в обстановке локальной транстенсии (сочетание деформаций простого сдвига и растяжения) формируются дуплексы растяжения (рис. 1б). Аналогичная ситуация имеет место и на ступенчатых перекрытиях разломов. При совпадении знака эшелонирования разрывных нарушений и знака сдвигового смещения в области перекрытия под действием транстенсивных деформаций образуются дуплексы растяжения. В противном случае, в обстановке транспрессивных деформаций развиваются дуплексы сжатия.

На прямолинейных участках сдвиговых зон условия формирования и разрушения дуплексов, получивших название “дуплексы Риделя”, определяются структурными соотношениями R-сколов Риделя с образующимися позднее Y- и P-сдвигами (рис. 2а) [51]. Если Y- или P-сдвиги ограничивают (изолируют) R-сколы, то возникают дуплексы растяжения (рис. 2б-1). В случаях, когда поздние сдвиги разрушают промежутки между R-сколами, формируются дуплексы сжатия (рис. 2б-2).

Структурные исследования, выполненные в различных металлогенических провинциях мира, показали, что сдвиговые дуплексы представляют собой тектонические образования, весьма благоприятные для локализации золотого оруденения осо-

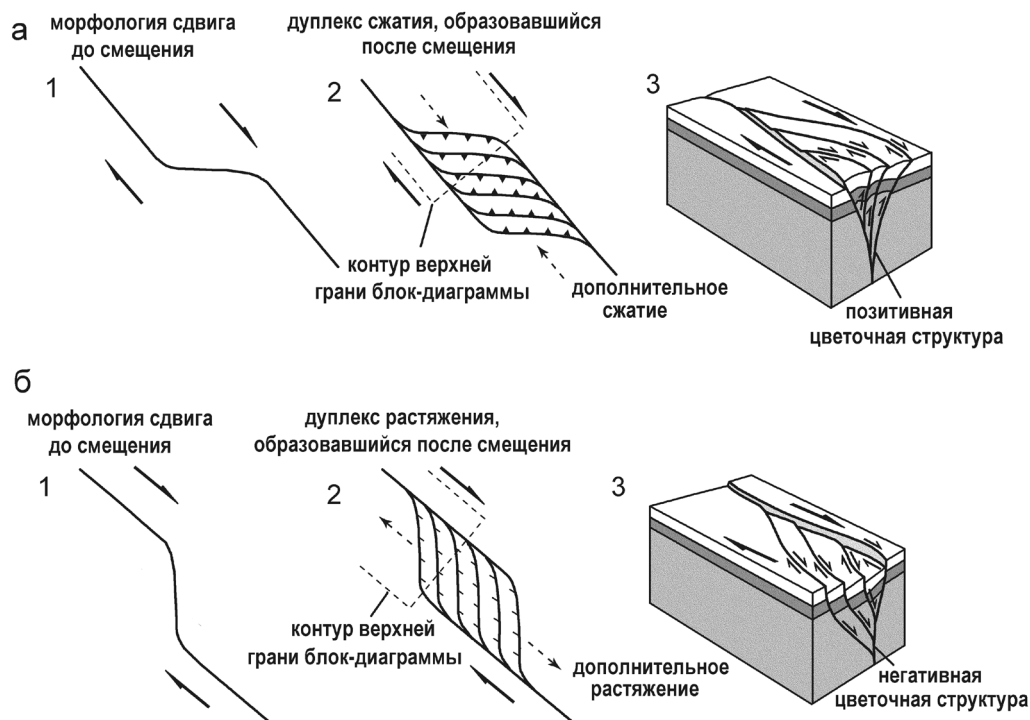


Рис. 1. Примеры строения дуплексов сжатия (а) и растяжения (б), образовавшихся на изгибах сдвигов [49, 51]. 1–2 – план, 3 – блок-диаграмма.

бенно гидротермального генезиса [19, 32, 38, 40, 43, 48 и др.]. На Урале рудо-магмаконтролирующие структуры этого типа стали выделяться относительно недавно [13, 28] и пока еще изучены недостаточно полно. По нашим данным, сдвиговые дуплексы растяжения играют ведущую роль в региональном структурном контроле золото-сульфидных, золото-сульфидно-кварцевых и золото-кварцевых месторождений Магнитогорской мегазоны. Большинство

этих месторождений имеет в мегазоне позднепалеозойский возраст [2, 5, 6, 12, 23, 24–26, 47].

СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ МАГНИТОГОРСКОЙ МЕГАЗОНЫ В ПОЗДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ

Предложены различные модели развития Южного Урала в позднем палеозое на этапе общей коллизии [15, 21, 28, 34, 36 и мн. др.]. Авторами статьи по результатам систематических структурных и тектонофизических исследований в Магнитогорской мегазоне выделены и охарактеризованы две главные стадии тектонических деформаций позднепалеозойского возраста: 1) надвигообразования (C_2) и 2) сдвигообразования в режиме левосторонней транспрессии (C_2 – P) [10].

Первая стадия тектогенеза характеризовалась условиями регионального субширотного сжатия мегазоны (рис. 3а). Наиболее интенсивным позднепалеозойским надвиговым деформациям подверглись ее фланги в краевых зонах Главного Уральского (ГУР) и Восточно-Магнитогорского (ВМР) разломов. В этих зонах образовались высокоамплитудные надвиги встречного падения, вследствие чего мегазона приобрела общую синформную структуру [11]. Строение позднепалеозойского надвига зоны ГУР определяют покровно-надвиговые структуры более высоких порядков, смятые в процессе деформаций в антиформные и синформные складки север-северо-восточного простирания. Со

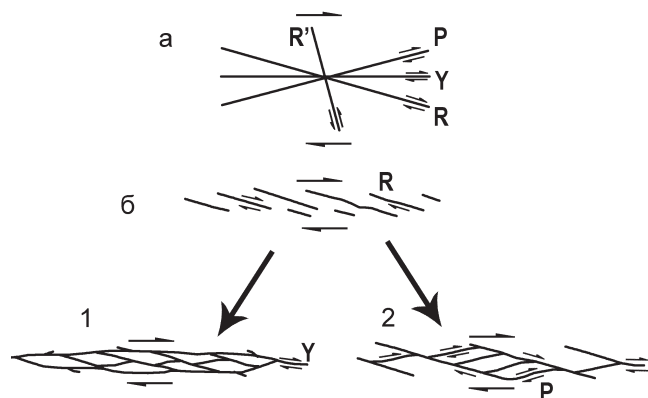


Рис. 2. Идеализированная схема строения зоны правого сдвига (а) и экспериментальные модели формирования (б) дуплексов растяжения (1) и сжатия (2) на прямолинейных участках сдвиговых зон [51].

Y – сдвиги, параллельные разломной зоне, R – сколы Риделя (синтетические сдвиги), R' – сопряженные сколы Риделя (антитетические сдвиги), P – вторичные синтетические сдвиги.

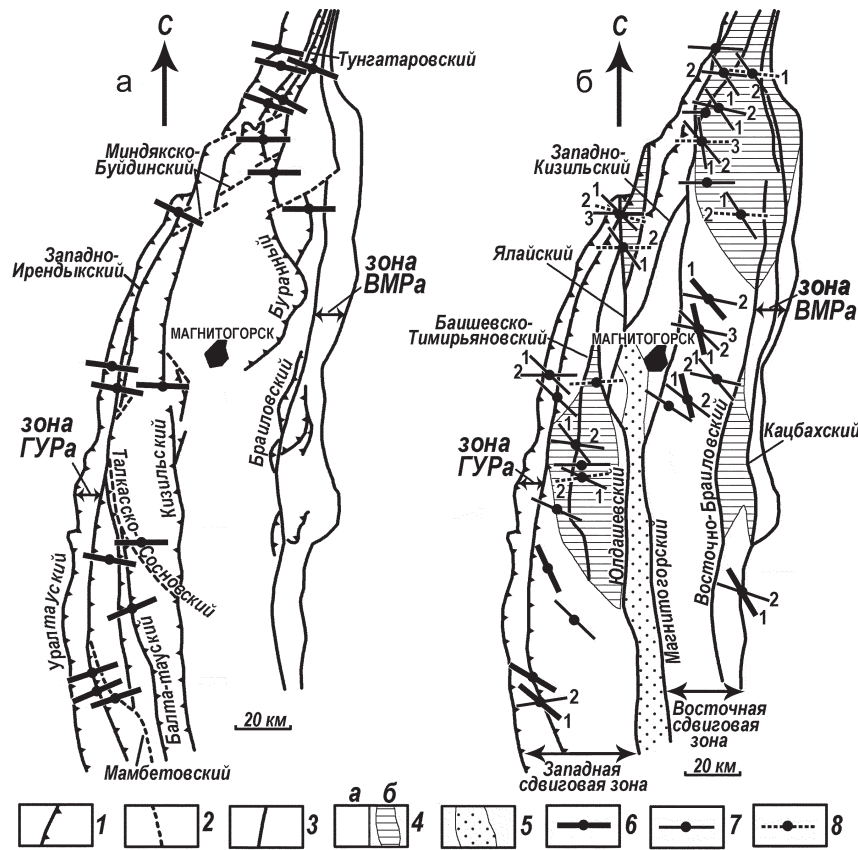


Рис. 3. Схемы ориентировки осей σ_3 локальных полей палеотектонических напряжений на стадиях надвигообразования (а) и сдвигообразования в режиме левосторонней транспрессии (б) [10].

1 – надвиги и взбросы; 2 – трансферные разломы; 3 – левые сдвиги и взбросо-сдвиги; 4–5 – на рисунке 2б: 4 – области с преобладающим трансpressивным режимом развития (а) и мегадуплексы растяжения (б), 5 – компенсационный прогиб ($C_{2,3}$); 6–8 – оси σ_3 локальных полей палеонапряжений надвигового (6), сдвигового (7) и сбросо-сдвигового или сдвигосбросового (8) типов (арабскими цифрами обозначены фазы деформаций от ранних к поздним).

складками сопряжены западно-вергентные взбросы и надвиги второй генерации. Из-за сильной нарушенности зоны ВМР поздними сдвигами надвиговые структуры в ее пределах идентифицируются с большим трудом. Они представлены фрагментами бивергентных чешуйчатых взбросов и надвигов, сохранившимися в сдвиговых пластинах [9].

Для внутренних частей Магнитогорской мегазоны характерны “тонкокожие” близмеридиональные надвиги и взбросы с амплитудой смещения в первые км, сопровождающиеся подчиненными трансферными разломами [41] и складки преимущественно открытого типа (рис. 3а). Трансферные нарушения в кинематическом отношении являются косыми разломами. Они ограничивают по простиранию взбросо-надвиговые нарушения или чешуйчатые пакеты в их пределах, а также служат границами блоков с различной полярностью складчатых и разрывных структур. Надвиговыми деформациями внутри мегазоны затронуты породы серпуховского, а местами и раннебашкирского (в зоне Агыр-Буйдинского и Кизильского разломов) возраста.

На второй стадии тектогенеза Магнитогорская мегазона развивалась в режиме транскуррентного

левого сдвига [29]. Региональное поле палеотектонических напряжений эволюционировало во времени. Генеральная тенденция заключалась в развороте в течение нескольких (не менее трех) фаз деформаций направления регионального стресса против часовой стрелки (рис. 3б). Кроме того, тектонические процессы на фоне общей левосторонней транспрессии отличались значительными вариациями типов локальных полей палеонапряжений по латерали.

Начало второй стадии тектогенеза ознаменовалось заложением на флангах мегазоны двух близмеридиональных левосторонних сдвиговых зон трансpressивного типа [45]: Западной и Восточной. Основными структурными элементами зон являются вновь образованные региональные сдвиги и взбросо-сдвиги (Магнитогорский, Аблязовский и др.) и активизированные взбросо-надвиговые нарушения, испытавшие реактивированные движения с левым знаком. Восточная зона характеризуется четкими ограничениями (с запада – Магнитогорским взбросо-сдвигом, а с востока – сдвиговыми нарушениями зоны Восточно-Магнитогорского разлома) и хорошо развитой инфраструктурой. В Западной зоне, имеющей “расплывчатые” очертания, сдвиго-

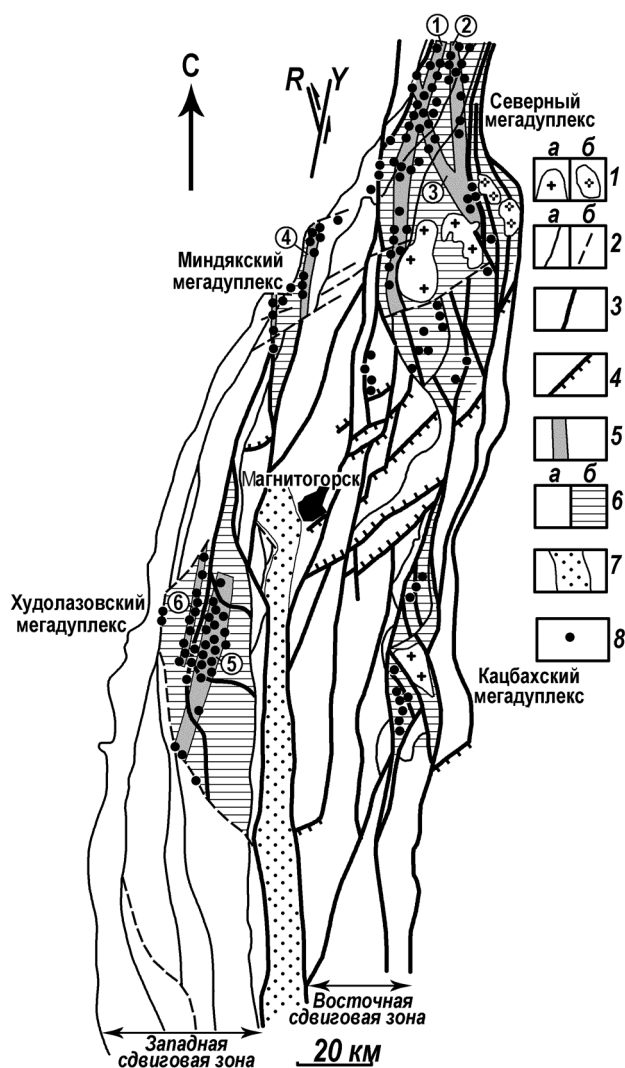


Рис. 4. Схема размещения золоторудных месторождений Магнитогорской мегазоны.

1 – тоналит-гранодиоритовые (а) и монцодиорит-гранитные (б) массивы; 2 – разломы первой стадии тектогенеза: а – надвиги и взбросы, б – трансферные разрывные нарушения; 3–5 – разломы второй стадии тектогенеза: 3 – левые сдвиги и взбросо-сдвиги, 4 – надвиги, взбросы, сдвиго-надвиги, сдвиго-взбросы, 5 – магмарудоконтролирующие зоны малоамплитудных сдвигов и косых разрывов; 6 – области с преобладающим трансpressивным режимом развития (а) и мегадуплексы растяжения (б); 7 – компенсационный прогиб (C_2); 8 – золоторудные месторождения.

Здесь и на рис. 5 и 7 цифрами в кружках обозначены магма-рудоконтролирующие тектонические зоны: 1 – Нуралино-Вознесенско-Буйдинская, 2 – Орловско-Выдринская, 3 – Малокаранско-Сиратурская, 4 – Сияргулово-Гареевская, 5 – Султанкульско-Туканская, 6 – Восточно-Ирендыкская, 7 – Красножильско-Шартымская, 8 – Белоозерско-Дунгайская, 9 – Поляковская.

вые деформации проявлены значительно слабее. Ее западная граница большей частью проходит по Западно-Ирендыкскому, а восточная – по Юлдашевскому и Западно-Кизильскому разломам. В осевой части Магнитогорской синформы трансpress-

сивные зоны разделены компенсационным прогибом, заполненным осадочными комплексами среднего карбона, в т.ч. флишоидами и олистостромом московского яруса [21]. На ее северном замыкании свдиговые зоны соединяются.

Обе зоны имеют неоднородное строение, обусловленное чередованием по латерали преобладающих трансpressивных интервалов и подчиненных участков с трансpressивным режимом развития. Инфраструктуру первых из них определяют близмеридиональные левые взбросо-сдвиги, северо-восточные и субширотные надвиги, взбросы и косые разломы, образующие и разрушающие разноранговые дуплексы сжатия, а также конические складки северо-восточного и субширотного направлений. Подчиненные трансpressивные участки представлены дуплексами растяжения.

С поздними фазами трансpressивных деформаций связана неоднократная активизация всех систем ранее сформированных разломов, а также образование парагенезисов локальных разрывов в основном свдигового типа.

Данные по абсолютному возрасту интрузивных комплексов (Гумбейскому – Rb-Sr возраст 285 млн. лет [35], Учалинскому – K-Ar возраст 300 млн. лет [14], Степнинскому – Pb-Pb возраст 285 млн. лет [30]) и околорудных метасоматитов на золоторудных месторождениях (Муртыкты – Rb-Sr возраст 294 млн. лет, Рытовские жилы – Rb-Sr возраст 255 млн. лет [2, 25]), контролируемых разломами второй стадии тектогенеза, свидетельствуют о том, что режим левосторонней трансpressии существовал в Магнитогорской мегазоне со среднего карбона по пермь включительно.

ЗОЛОТОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ СДВИГОВЫЕ МЕГАДУПЛЕКСЫ РАСТЯЖЕНИЯ

Результаты выполненных структурных и тектонофизических исследований в сочетании с материалами дешифрирования аэрокосмоснимков и анализа геофизических и геологосъемочных данных позволили реконструировать в пределах Западной и Восточной свдиговых зон четыре крупных дуплекса (мегадуплекса) растяжения, названных нами Северный, Худолазовский, Миндякский и Кацбахский (рис. 3б). В плане они имеют форму линз протяженностью по длинной меридиональной оси от первых десятков до 120 км и шириной до 50–60 км. Ограничениями тектонических линз, хорошо читаемых на космоснимках, служат реактивированные взбросо-надвиговые и трансферные нарушения, а также наложенные на них левые сдвиги и взбросо-сдвиги близмеридионального и северо-западного простираний. Подавляющее большинство (более 90%) золото-сульфидных, золото-сульфидно-кварцевых и золото-кварцевых месторождений и рудопроявлений Магнитогорской мегазоны приурочено к ду-

плексам растяжения (рис. 4). Исключение составляют мелкие золотосодержащие редкометальные месторождения Гумбейской зоны, жильные золото-кварцевые проявления Верхнеуральского массива и некоторые другие золоторудные объекты, не имеющие по современным кондициям промышленного значения.

По механизму формирования и структурной позиции мегадуплексы разделяются на два типа. К первому из них относятся Миндякский и Кацбахский дуплексы, образовавшиеся внутри транспрессивных разломных зон на изгибах сдвиговых пластин. Миндякская тектоническая линза расположена на участке искривления против часовой стрелки субпараллельных Баишевско-Тимирьяновского и Ялайского левосторонних разломов и ограничена с севера активизированным Уралтауским взбросо-надвигом. Дуплекс отличается невысокой степенью зрелости и, как следствие этого, слабой тектонической нарушенностью. Жильные золото-сульфидно-кварцевые и преобладающие золото-сульфидные месторождения концентрируются в северных интервалах дуплексообразующих разломов, представляющих собой зоны мелких сдвигов и косых разрывов. Рудоносный интервал Ялайского разлома имеет самостоятельное название – Сияргулово-Гареевская зона [26]. Месторождения, как правило, локализованы в узлах пересечения близмеридиональных тектонических зон с разломами других направлений. Например, наиболее крупное Миндякское золото-сульфидное месторождение приурочено к узлу пересечения Баишевско-Тимирьяновского разлома с чешуйчатыми взбросо-надвигами зоны ГУРа и субширотными разрывами, входящими в состав Миндякско-Буйдинской дислокации [8].

Кацбахский дуплекс сформировался в зоне искривления против часовой стрелки сдвиговой пластины, ограниченной Восточно-Браилловским и Кацбахским разломами. В его центральной части располагается Кацбахский гранитоидный массив, имеющий абсолютный возраст 290 млн. лет [31]. Внутреннюю структуру дуплекса определяет система чешуйчатых крутопадающих разрывов северо-западного простирания (R-сколов Риделя), вмещающих дайкообразные тела гранитоидов и мелкие жильные золото-сульфидно-кварцевые месторождения и рудопоявления. Золоторудные жилы разведаны также внутри сдвиговых чешуй, где локализованы в разрывах, занимающих положение преимущественно R'-сколов Риделя.

Второй тип представлен более крупными по размерам Северным и Худолазовским мегадуплексами, которые залегают в прямолинейных интервалах сдвиговых зон, полностью охватывая их по ширине. Механизм их образования сходен с моделью развития дуплексов в прямолинейных интервалах сдвиговых зон, формировавшихся при наложении на R-сколы Риделя продольных Y-сдвигов [51]. При

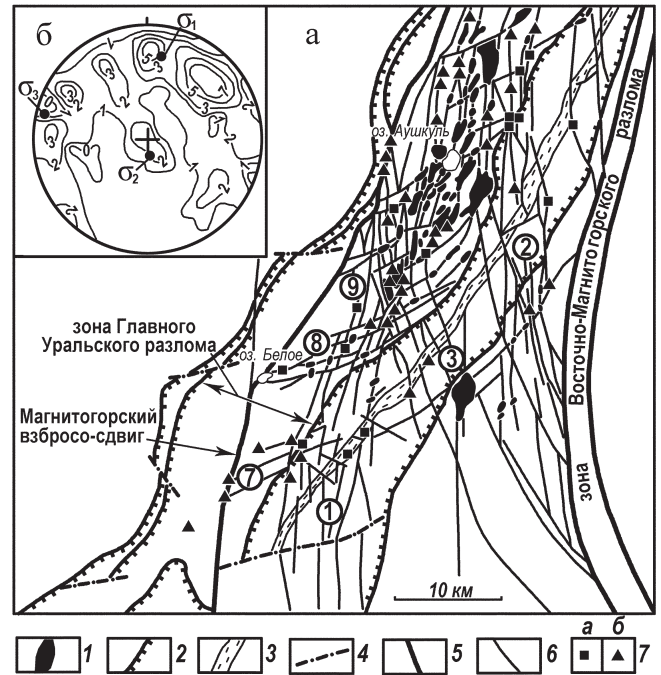


Рис. 5. Структурная схема северного фланга Северного мегадуплекса (а) (составлена с использованием данных И.С. Анисимова и др. [1], М.В. Смирнова, В.А. Филиппова [27] и материалов треста “Башзолото”). На врезке (б) показана диаграмма плотностей полюсов золоторудных кварцевых жил, 679 замеров.

1 – интрузивные тела балбукского сиенит-гранитпорфиорового комплекса (C₂-P); 2–4 – разломы первой стадии тектогенеза: 2 – надвиги и взбросы, 3 – зона Тунгатаровского взбросо-надвига, 4 – трансферные разрывные нарушения; 5, 6 – разломы второй стадии тектогенеза: 5 – сдвиги и взбросо-сдвиги, образующие мегадуплекс; 6 – магма-рудоконтролирующие сдвиги и косые разрывы, разрушающие мегадуплекс; 7 – золото-сульфидные (а), золото-сульфидно-кварцевые и золото-кварцевые (б) месторождения.

этом позиция мегадуплексов этого типа в значительной мере определяется особенностями размещения разломов, сформировавшихся на стадии надвигообразования. Худолазовский дуплекс возник при активизации системы разломов надвигового парагенезиса, состоящей из близмеридиональных Западно-Ирендыкского взброса и Кизильского надвига и расположенного между ними Талкаско-Сосновского трансфера северо-западного простирания. “Катализатором” образования в Восточной сдвиговой зоне Северного мегадуплекса, по-видимому, послужил северо-западный интервал Агыро-Буйдинского (Буранного) регионального надвига, ограничивающий дуплексную структуру с юга.

В пределах Северного мегадуплекса наиболее продуктивным на золото является его северный фланг (рис. 5а). По нашим данным, он нарушен шестью субвертикальными тектоническими зонами малоамплитудных сдвигов и косых разрывов, контролирующими размещение малых интрузивов,

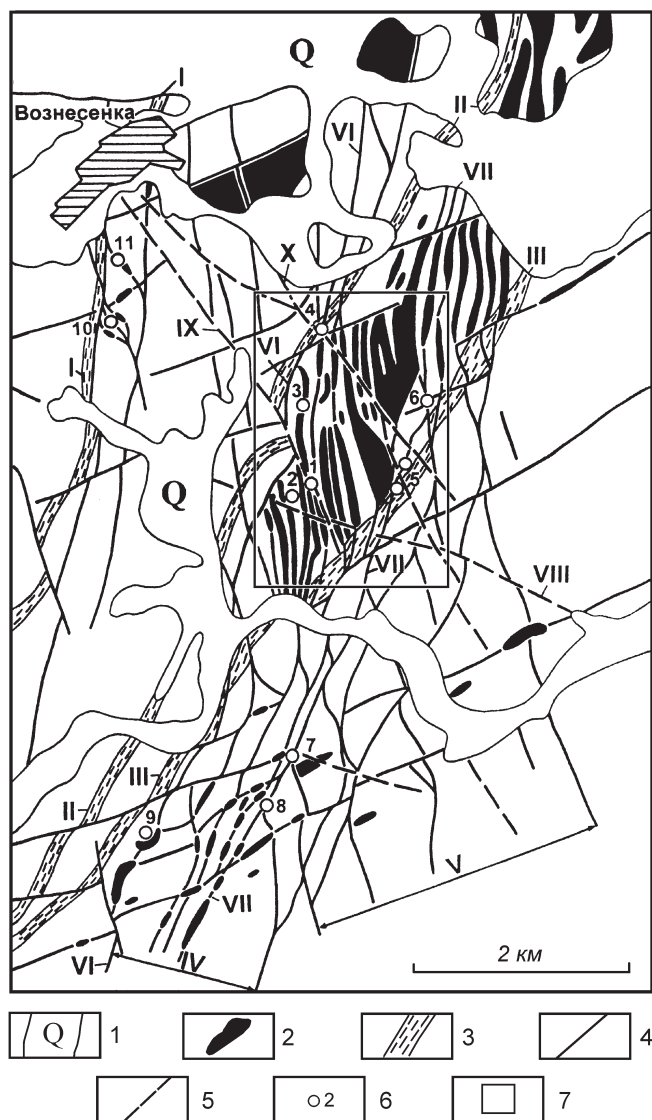


Рис. 6. Схема, иллюстрирующая структурную позицию Малокаранско-Александровской площади (составлена с использованием данных И.С. Анисимова и др. [1] и Н.И. Бородаевского [3]).

1 – четвертичные отложения; 2 – интрузивные тела Балбукского комплекса; 3 – ранние взбросы юго-восточного падения (I – Яльчигулово-Вознесенский, II – Аушкульский, III – Малокумачинский); 4 – мажмаконтролирующие структуры: Таракановско-Малокаранская (IV) и Малокаранско-Сиратурская (V) сдвиговые зоны, Таракановский (VI) и Александровский (VII) разломы; 5 – сдвиги и косые разрывы поздней группы: Абсалямковский (VIII), Малокаранский (IX), Северо-Александровский (X); 6 – месторождения и рудопроявления Аи: Малый Каран (1), Густелевское (2), Борисовское (3), Андреевское (4), Александровское (5), Кривая жила (6), Россыпнинское (7), Утробинское (8), Таракановское (9), Большой Каран (10), Промежуточная зона (11); 7 – границы Малокаранско-Александровской площади.

зий Балбукского сиенит-гранит-порфиривого комплекса (C_2-P) [4, 5] и золотого оруденения. К ним относятся близмеридиональные левосторонние

Нуралино-Вознесенско-Буйдинская и Орловско-Выдринская, северо-западная левосдвиговая Малокаранско-Сиратурская, субширотные правосторонние Поляковская, Белоозерско-Дунгайская и Красножильско-Шартымская разломные зоны. Эти зоны характеризуются значительной протяженностью по простиранию, достигающей 100 км и более, и амплитудами смещений в первые сотни метров – первые километры. Данные гравirazведки свидетельствуют о большой глубине заложения тектонических зон, составляющей не менее 5–6 км. В поле силы тяжести с радиусом осреднения $R = 10$ км (материалы А.А. Цветковой) близмеридиональные и северо-западные зоны отчетливо фиксируются линейными аномалиями значений Δg , отражающими близповерхностные магматические очаги, а субширотные – гравитационными ступенями. Тектонические зоны первых двух направлений относятся к сдвиговой ассоциации структурных элементов, разрушающих мегадуплекс по типу продольных Y-сдвигов и R-сколов Риделя соответственно. Субширотные тектонические зоны аппроксимируются антитетическими сдвигами. Основное магма-рудоконтролирующее значение имеют близмеридиональные тектонические зоны.

Позднепалеозойские интрузии и золотое оруденение концентрируются в узле пересечения тектонических зон, образуя зональный рудно-магматический центр. Структурный узел наложен на зону меланжа Главного Уральского разлома и расположенные восточнее девонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы осевой части Магнитогорской мегазоны. Внутри центра, имеющего сложную конфигурацию, располагаются магматические тела и проявления золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого типов. Золото-сульфидные месторождения тяготеют к его периферическим частям. По нашим наблюдениям, на месторождениях Муртыкты, Ик-Давлят, Рябковские горки и Красная жила [7, 25] золото-сульфидная минерализация сформировалась раньше золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого оруденения, что подтверждают приводившиеся выше возрастные датировки околорудных метасоматитов золото-сульфидного месторождения Муртыкты и расположенного в 2 км западнее золото-сульфидно-кварцевого рудопроявления Рытовские жилы.

В пределах рудно-магматического центра отдельные золотоносные зоны и месторождения тяготеют к узлам пересечения разновозрастных разрывов более высокого порядка. Золото-сульфидные месторождения приурочены к узлам, которые обычно включают две генерации разломов (от ранних к поздним): 1) взбросы и надвиги северо-восточного простирания и сопряженные с ними северо-западные и близширотные трансферы, 2) мажмаконтролирующие сдвиги и косые разрывы. На золото-сульфидно-кварцевых и золото-кварцевых объек-

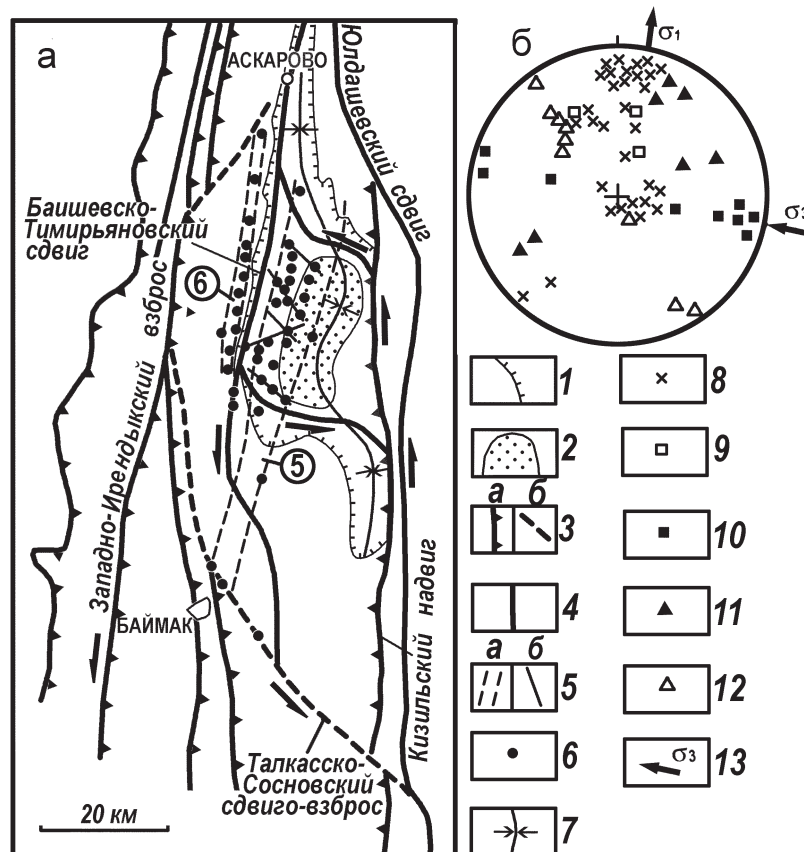


Рис. 7. Структурная схема Худолазовского мегадуплекса (а) (составлена с использованием данных Б.М. Магадеева и др. [17], В.А. Маслова и др. [18], В.В. Павлова и Б.А. Чупилко [20], Д.Э. Цабадзе и др. [33]), А.М. Косарева и И.Б. Серавкина. На врезке (б) показана диаграмма ориентировки разрывов, вмещающих золоторудные кварцевые жилы.

1 – границы Худолазовской синклинали по подошве мукасовского горизонта кремней (D_3), 2 – контуры ядра Худолазовской синклинали по подошве терригенно-кремнистых пород зилаирской свиты (D_2-C_1), 3 – надвиги и взбросы (а) и трансферные разломы (б), 4 – сдвиги и взбросо-сдвиги, 5 – магма-рудоконтролирующие зоны сдвигов и косых разрывов (а) и отдельные разломы (б), 6 – золоторудные месторождения, 7 – ось Худолазовской синклинали; на диаграмме: 8–12 – полюса золоторудных кварцевых жил, локализованных в трещинах отрыва (8), сбросах (9), взбросах (10), левосторонних (11) и правосторонних (12) разрывах; 13 – направление осей минимальных (σ_3) и максимальных (σ_1) главных нормальных напряжений.

тах развита также третья, наиболее поздняя, ассоциация синрудных разломов преимущественно северо-западного простирания.

Примером золотоносного структурного узла может служить Малокаранско-Александровская площадь, вмещающая мелкие золото-сульфидно-кварцевые месторождения и рудопроявления (рис. 6) [9]. Здесь пространственно совмещены разрывные структуры трех возрастных групп. К наиболее ранней из них относится тектоническая пластина вулканогенно-осадочных пород, ограниченная с северо-запада Аушкульским, а с юго-востока – Малокумачинским взбросами юго-восточного падения. Вторая группа представлена системой магматических дуплексов растяжения, возникшей в условиях левосдвиговых дислокаций по пересекающимся разломам север-северо-восточного (Таракановско-Малокаранская зона) и северо-западного (Малокаранско-Сиратурская зо-

на) простираний. Таракановско-Малокаранская зона входит в состав вторичных структур магма-рудоконтролирующего Нуралино-Вознесенско-Буйдинского разлома. Магматические дуплексы выполнены интрузиями Балбукского комплекса. На них наложена северо-западная сдвиговая зона, состоящая из дуплексов растяжения. Она ограничена Малокаранским и Северо-Александровским синрудными левыми сдвигами (третья, поздняя группа разрывных нарушений).

В течение длительного периода времени, включавшего этапы заложения дуплексообразующих тектонических зон, внедрения малых интрузий и даек и формирования золотого оруденения, внутри Северного мегадуплекса действовали сдвиговые и сбросо-сдвиговые поля напряжений (рис. 3б, 5б).

Худолазовский мегадуплекс вмещает одноименную синклираль близмеридионального простирания (рис. 7а). Складка относится к структурам,

образовавшимся на стадии надвигообразования. Внутренние части мегадуплекса нарушены системой разнопорядковых разрывов преимущественно север-северо-восточного и северо-западного простираний. В полосе, ограниченной Байшевско-Тимирьяновским и Кизильским разломами, ядро Худолазовской синклинали смято в пологие антиформные и синформные складки северо-восточного простирания, типичные для зон левого сдвига. Наложённые складки подчеркиваются изгибами в плане оси Худолазовской синклинали. К крыльям поздних складок приурочены два субвертикальных левых сдвига-срыва северо-западного простирания, которые разделяют рассматриваемую зону на дуплексы растяжения более высокого порядка. В процессе продолжавшихся левосторонних движений по граничным Байшевско-Тимирьяновскому и Кизильскому разломам северо-западные срывы испытали пластические деформации и приобрели S-образную форму.

В пределах мегадуплекса развито жильное и жильно-штокверковое золото-кварцевое оруденение. Оно концентрируется в двух тектонических зонах близмеридионального простирания, соответствующих Y-сколам: Восточно-Ирендыкской и Султанкульско-Туканской [26]. Султанкульско-Туканская зона расположена в ядре Худолазовской синклинали, выполненном терригенно-кремнистыми породами (D_3-C_1), в области пластических деформаций северо-западных левых сдвигов. Она состоит из серии малоамплитудных разрывов и зон трещиноватости северо-западного, субширотного и преобладающего север-северо-восточного простираний, которые вмещают дайки основного состава Худолазовского дайкового комплекса и кислые субщелочные интрузии Кизильского комплекса позднепалеозойского возраста, а также наложенное на них жильное золото-кварцевое оруденение. Сколько-нибудь заметных смещений по ней не установлено. Вместе с тем, именно эта тектоническая зона является основной золотоконтролирующей структурой на восточном фланге Худолазовского дуплекса. В ее пределах жильное оруденение характеризуется узловым распределением. Золотоносные участки и отдельные месторождения приурочены к интервалам пересечения север-северо-восточных разрывов с мелкими дизъюнктивными субширотного (антитетическими сдвигами) и северо-западного (синтетическими сдвигами) направлений. Структурные наблюдения на ряде месторождений (Тукан, Басай и др.) показали, что заложение разрывов и внедрение интрузий основного и кислого состава осуществлялось в сдвиговом поле напряжений с северо-запад-юго-восточным направлением оси σ_3 по азимуту 300–305° (рис. 3б). Размещение золотоносных кварцевых жил контролировалось более поздними сдвиговыми и сбросо-сдвиговыми полями напряжений, отличавшимися

ся субширотной ориентировкой оси σ_3 [26]. Реконструкции локальных полей палеонапряжений хорошо согласуются с обобщающими данными по ориентировке и кинематике рудолокализирующих разрывов Султанкульско-Туканской зоны. Эти данные свидетельствуют о том, что в пределах дуплекса в период формирования жильного оруденения действовало поле напряжений сдвигового типа (рис. 7б). Ось σ_3 имела запад-северо-запад-восток-юго-восточную ориентировку по азимуту 280–285°.

Восточно-Ирендыкская зона, расположенная на западном фланге мегадуплекса, многими исследователями интерпретируется как надвиг [22]. По нашим данным [26], она представляет собой субвертикальную тектоническую зону с левосдвиговой кинематикой, состоящую из малоамплитудных и различно ориентированных взбросов, сдвигов, косых разрывов, межформационных срывов, локальных зон расланцевания и дисгармоничной складчатости. Вторичные складчатые и разрывные дислокации контролируют размещение мелких золотоносных кварцевых жил, штокверковых зон и зон кварцево-жильных образований сложной морфологии. Проявления золота концентрируются в горизонте толстослоистых яшмоидов ярлыкаповского горизонта (D_2), который был дислоцирован и нарушен разрывами значительно интенсивнее по сравнению с подстилающими вулканогенными породами ирендыкской свиты и перекрывающими монотонными толщами кремней и алевролитов улутауского уровня ($D_{2.3}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Региональный контроль позднепалеозойского золотого оруденения Магнитогорской мегазоны определяется приуроченностью к левосторонним трансрессивным зонам, а в их пределах – к подчиненным дуплексам (мегадуплексам) растяжения. Золотоконтролирующие дуплексы установлены на изгибах вторичных сдвиговых пластин и на прямолинейных интервалах главных трансрессивных зон. Механизм формирования структур растяжения второго типа сходен с экспериментальной моделью развития дуплексов в прямолинейных интервалах сдвиговых зон, формировавшихся при наложении на R-сколы Риделя продольных Y-сдвигов [51]. Позиция мегадуплексов этого типа в значительной мере определяется особенностями размещения разломов, сформировавшихся на стадии надвигообразования. Они возникали в двух структурных ситуациях: 1) при активизации системы разломов надвигового парагенезиса, состоящей из близмеридиональных взбросов и надвигов и расположенных между ними северо-западных трансферов; 2) при наложении на северо-западные интервалы надвиговых нарушений близмеридиональных сдвигов и взбросо-сдвигов.

В мегадуплексах золотое оруденение концентрируется в узлах пересечения разновозрастных разломов при ведущей роли зон мелких сдвигов и косых разрывов близмеридионального, северо-западного и субширотного простираний, образующих и, главным образом, разрушающих дуплексные структуры по типу Y-сдвигов, R- и R'-сколов Риделя, соответственно. Эти зоны имеют значительную протяженность как по простиранию (десятки километров), так и по падению (не менее 5–6 км), но в то же время характеризуются незначительной амплитудой смещения, не превышающей первые километры. Как правило, вначале они контролировали размещение комплексов малых интрузий и даек, а впоследствии – месторождений золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимов И.С., Сопко Л.И., Ямаев Ф.А. и др.* Отчет по геологическому доизучению масштаба 1 : 50 000 Северо-Учалинской площади за 1978–83 гг. Уфа: ОАО “Башкиргеология”, 1983. 983 с.
2. *Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Мичурин С.В.* Стадийность гидротермального процесса на золото-сульфидных месторождениях Муртыкты и Красная жила // Ежегодник-94. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1995. С. 90–92.
3. *Бородаевский Н.И.* Полевой отчет Учалинской партии о работах, производившихся летом 1936 г. Отчет Учалинской партии Нигризолото. Москва, 1936. 134 с.
4. *Гаррис М.А.* Этапы магматизма и метаморфизма в доюрской истории Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 296 с.
5. *Горожанин В.М.* Первичный изотопный состав стронция в магматических комплексах Южного Урала // Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 98–108.
6. *Грицук А.Н.* Петрогеохимические особенности и рудоносность Таловского габбро-гипербазитового массива: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2003. 22 с.
7. *Знаменский С.Е.* Структура и закономерности размещения золото-полиметаллического оруденения Ильинского рудного поля. Уфа: БФАН СССР, 1992. 80 с.
8. *Знаменский С.Е.* Структура золоторудного месторождения Миндяк (Ю. Урал) // Геологический сборник № 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. С. 20–22.
9. *Знаменский С.Е.* Структурные условия локализации золотого оруденения Малокаранско-Александровского участка (Ю. Урал) // Известия Отделения наук о Земле и экологии АН Республики Башкортостан. 2001. № 7. С. 68–82.
10. *Знаменский С.Е.* Структурная эволюция Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) в позднем палеозое // Докл. АН. 2008. Т. 420. № 1. С. 85–88.
11. *Знаменский С.Е., Пучков В.Н., Косарев А.М. и др.* Геологическая интерпретация сейсмического профиля Уралсейс // Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. С. 154–164.
12. *Знаменский С.Е., Серавкин И.Б.* Структурные условия локализации позднеколлизийных месторождений золота Магнитогорского мегасинклинория // Руды и металлы. 2001. № 6. С. 26–36.
13. *Знаменский С.Е., Серавкин И.Б.* “Структурная ловушка” золоторудного месторождения Кочкарь (Южный Урал) // Докл. АН. 2005. Т. 403. № 6. С. 788–791.
14. *Знаменский С.Е., Серавкин И.Б., Чадченко А.В.* Структура Учалинского месторождения. Уфа: УНЦ РАН, 1991. 23 с.
15. *Иванов К.С.* Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд. лет) и строение Урала: Дис. ... докт. геол.-мин. наук в форме научного доклада Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 252 с.
16. *Кутейников Е.С., Кутейникова Н.С., Худoley А.К. и др.* Диагностика и картирование чешуйчатонадвиговых структур. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1994. 191 с.
17. *Магадеев Б.Д., Куваевская Н.Д., Лазарев П.В.* Прогнозная оценка района верховьев реки Б. Кизил (Абзелиловский район Башкирской АССР). Уфа: ОАО “Башкиргеология”, 1964. 144 с.
18. *Маслов В.А., Артюшкова О.В., Горожанина Е.Н.* Детальное расчленение и корреляция опорных разрезов среднего палеозоя восточного склона Южного Урала. Т. I. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1990. 235 с.
19. *Митрохин А.Н., Сорокин Б.К., Саядян Г.Б.* Сдвиговые дуплексы и их рудоносность // Структурные парагенезисы и их ансамбли. М.: ГЕОС, 1997. С. 112–114.
20. *Павлов В.В., Чушилко Б.А.* Геологическое строение и полезные ископаемые Юлдашевской площади. Отчет о геологическом доизучении в масштабе 1 : 50 000 за 1983–1988 гг. Уфа: ОАО “Башкиргеология”, 1988. 893 с.
21. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
22. *Романов В.А.* Тектоника Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: БФАН СССР, 1985. 112 с.
23. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А. и др.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГГА, 1999. 570 с.
24. *Салихов Д.Н., Бердников П.Г.* Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: БФАН СССР, 1985. 96 с.
25. *Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. и др.* Вулканогенная металлогения Южного Урала. М.: Наука, 1994. 160 с.
26. *Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М.* Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.
27. *Смирнов М.В., Филиппов В.А.* Прогнозная оценка Учалинского и Белорецкого районов на рудное золото. Отчет по теме 78-6 за 1978–80 гг. Уфа: ОАО “Башкиргеология”, 1981. 337 с.
28. *Тевелев А.В.* Средне-позднепалеозойское развитие Урало-Казахстанской складчатой системы: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук М.: МГУ, 2003. 48 с.
29. *Уэлман Г.В.* Сдвиговые (транскуррентные) системы разрывов // Земная кора и верхняя мантия. М.: Мир, 1972. С. 468–473.
30. *Феритатер Г.Б.* Гранитоидный магматизм и формирование континентальной земной коры в ходе

- развития Уральского орогена // Литосфера. 2001. № 1. С. 62–85.
31. *Феритатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф. и др.* Этапы палеозойского интрузивного магматизма Уральского орогена и их геодинамическая интерпретация // Геодинамика, магматизм и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 89–120.
 32. *Фридовский В.Ю.* Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран (северо-восток Якутии) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1999. №1. С. 60–66.
 33. *Цабадзе Д.Э., Захаров А.А., Гурфанов Р.А. и др.* Геологическое строение северной части Баймакского рудного района. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1 : 50 000, Талкасская площадь. Уфа: ОАО “Башкиргеология”, 1982. 287 с.
 34. *Язева Р.Г., Бочкарев А.В.* Геология и геодинамика Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 203 с.
 35. *Язева Р.Г., Бочкарев А.В.* Оrogenно-континентальный пояс в карбоне Урала: строение, магматизм, современные аналоги // Магматические и метаморфические образования Урала и их металлогения. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 158–173.
 36. *Bankwitz P., Ivanov K.S.* The shear belt of the eastern Urals – evidence for oblique collision of the South Urals // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: Тез. докл. VI Уральск. петрогр. совещ. Ч. I. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 220–221.
 37. *Cowgill E., An Yin, Wang Xiao Feng, Zhang Qing.* Is the North Altyn fault part of a strike-slip duplex along the Altyn Tagh fault system? // Geology. 2000. V. 28. № 3. P. 255–258.
 38. *Cox S.C., Chamberlain C.P.* Structure and fluid migration in Late Cenozoic duplex system forming the Main Divide in the central Southern Alps, New Zealand // New Zealand Journal of Geology and Geophysics. 1997. V. 40. P. 359–373.
 39. *Crowell J.C.* Origin of Late Cenozoic basins in southern California // Tectonics and Sedimentation. 1974. V. 22. P. 190–204.
 40. *Drew L.J.* Low-sulfide quartz gold deposit model // U.S. Geol. Survey. Reston. VA 20192. 2003. 24 p.
 41. *Gibbs A.D.* Structural evolution of extensional basin margins // J. Geol. Soc. 1984. V. 141. P. 609–620.
 42. *Harland W.B.* Tectonic transpression in Caledonian Spitsbergen // Geol. Mag. 1971. V. 108. P. 27–42.
 43. *Kerrich R., Feng R.* Archean geodynamics and the Abitibi-Pontiac collision – Implications for advection of fluids at transpressive collisional boundaries and the origin of giant quartz veins systems // Earth Science Reviews. 1992. V. 32. P. 33–60.
 44. *Naylor M.A., Mandl G., Sijpesteijn C.H.K.* Fault geometries in basement-induced wrench faulting under different initial stress // J. Struct. Geol. 1986. V. 8. № 7. P. 737–752.
 45. *Sanderson D.J., Marchini W.R.D.* Transpression // J. Struct. Geol. 1984 V. 6. P. 449–458.
 46. *Sarkarinejad K., Azizi A.* Slip partitioning and inclined dextral transpression along the Zagros Thrust System, Iran // J. Struct. Geol. 2008. V. 30. № 1. P. 116–136.
 47. *Sazonov V.N., Herk A.H., Boorder H.* Spatial and Temporal Distribution of Gold Deposits in the Urals // Econ. Geol. 2001. V. 96. P. 685–703.
 48. *Sibson R.H.* Earthquake rupturing as a mineralizing agent in hydrothermal systems // Geology. 1987. V. 15. P. 701–704.
 49. *Sylvester A.G.* Strike-slip faults // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. V. 100. № 11. P. 1666–1703.
 50. *Tchalenko J.S.* Similarities between shear zones of different magnitudes // Geol. Soc. Amer. Bull. 1970. V. 81. P. 1625–1640.
 51. *Woodcock N.H., Fisher M.* Strike-slip duplexes // J. Struct. Geol. 1986. V. 8. № 7. P. 725–735.

Рецензент В.Н. Сазонов

The role of strike-slip duplexes in regional structural control of the Late Paleozoic gold mineralization of Magnitogorsk megazone (Southern Urals)

S. E. Znamensky, N. M. Znamenskaya

Institute of Geology, Ufa Research Centre of RAS

A new (for the Urals) type of regional gold-controlling structures – extensional strike-slip duplexes has been distinguished. It is shown that a distribution of Late Paleozoic gold-sulphide, gold-sulphide-quartz and gold-quartz deposits of Magnitogorsk megazone is connected with extensional duplexes of shear zones developed in transpression regime. Mechanisms of duplex structures formation were considered. The gold deposits were localized within the duplexes at the junctions of collision-stage faults. In this case, the small-amplitude shears oblique faults play a leading role and form and mainly destruct duplexes as Y-strike-slip faults, R- and R'-Riedel shears. As a rule at the first they controlled a distribution of small intrusions and dykes and then, gold mineralization.

Key words: *shear zone, extensional strike-slip duplex, transpression, transtension, R- and R'-Riedel shears, gold deposit.*