

## ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ И СТРУКТУРА КОЧКАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кочкарское золото-полисульфидно-кварцевое месторождение входит в группу крупных золоторудных объектов мира [Сафонов, 1997]. Оно обрабатывается с 1862 г. [Бородаевский и др., 1984]. По опубликованным материалам, с 1845 г. по 1917 г. добыто 59792 кг россыпного и рудного золота [Месторождения ..., 1999]. По неофициальным данным, всего на месторождении за период около 150 лет добыто примерно 300 т металла. Месторождение разведано шахтами до глубины 740 м, отдельными скважинами — до 1,5 км. При этом оруденение на глубину не оконтурено.

На месторождении проведен огромный объем разноплановых исследований. Хотелось бы отметить многолетние детальные работы сотрудников ЦНИГРИ под руководством Н.И. Бородаевского. Тем не менее целый круг вопросов, касающихся региональной позиции и структуры месторождения, возрастных соотношений «табашек» и рудных жил и, как следствие этого, генезиса оруденения, до настоящего времени остается дискуссионным. Нами выполнены региональные структурные исследования и выборочное картирование эксплуатируемых жил в подземных выработках Кочкарского

рудника, а также обобщены материалы предшествующих работ. Исследования были направлены на выяснение факторов, способствовавших образованию в Пластовском массиве крупных концентраций золота.

### РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ Кочкарского рудного поля

Кочкарское рудное поле, объединяющее Кочкарское и Новотроицкое золото-полисульфидно-кварцевые месторождения, расположено на восточном склоне Южного Урала в Восточно-Уральской мегазоне. В современных плейтктонических моделях эта зона интерпретируется как область тектонического сгущивания блоков докембрийской сиалической коры и фрагментов палеозойских офиолитовых, вулканогенных островодужных и осадочных комплексов [Пучков, 2000]. Рудное поле приурочено к Пластовскому массиву плагиогранитов (C<sub>1</sub>), относящемуся к тоналит-гранодиоритовой формации. Массив, вытянутый в близмеридиальном направлении на расстояние около 35 км при максимальной ширине 10 км, залегает в зоне сопряжения структур Восточно-Уральского поднятия (предположительно микроконтинента с докембрийским фундаментом) и одноименного прогиба (рис. 1).

Восточно-Уральское поднятие в пределах Кочкарского рудного района (или антиклинория) слагают терригенно-карбонатные

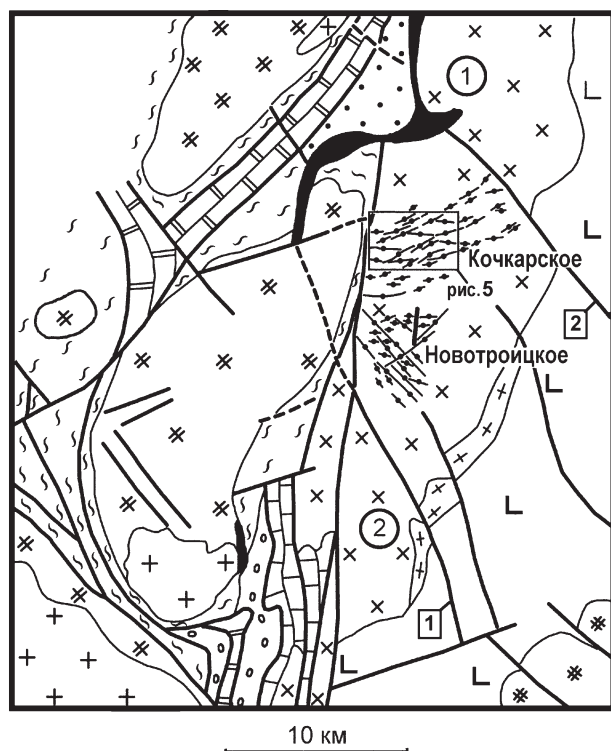
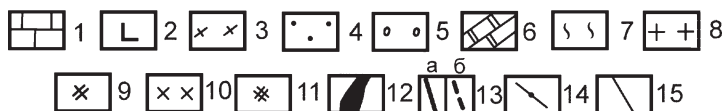


Рис. 1. Геологическая схема окрестностей Кочкарского рудного поля (по данным А.В. Моисеева, Е.А. Белгородского, В.Ф. Иванова, А.И. Левита и геологической службы ЗАО «ЮжУралзолото» с дополнениями С.Е. Знаменского)

1 — известняки (C<sub>1</sub>); 2 — вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы (O-S<sub>1</sub>); 3 — плагиогранито-гнейсы (PZ<sub>1</sub>?); 4 — аркозовые песчаники и конгломераты (E-O); 5 — известковистые конгломераты (R<sub>2</sub>); 6 — мраморы с прослоями плагиосланцев (R<sub>1</sub>); 7 — гранито-гнейсы (PR<sub>1</sub>); 8 — граниты Джабык-Санарского гранит-лейкогранитового комплекса (P<sub>1</sub>); 9 — гранито-гнейсы Варшавского гранито-гнейсового комплекса (C<sub>2</sub>); 10 — плагиограниты Пластовского тоналит-гранодиоритового комплекса (C<sub>1</sub>); 11 — диориты и плагиограниты Портнягинского диорит-плагиогранитного комплекса (C<sub>1</sub>); 12 — серпентиниты; 13 — разрывные нарушения: а — достоверные, б — предполагаемые; 14 — рудоконтролирующие разрывы Кочкарского и Новотроицкого месторождений; 15 — геологические границы. Арабскими цифрами в кружках обозначены массивы: 1 — Коелгинский, 2 — Пластовский; арабскими цифрами в прямоугольниках показаны разломы: 1 — Осейский, 2 — Тихоновский



и метаморфические толщи преимущественно докембрийского (?) возраста, подвергшиеся на стадии позднепалеозойской коллизии региональному метаморфизму эпидот-амфиболитовой фации. С последним связано формирование серии гранито-гнейсовых куполов (Борисовского, Варламовского, Еремкинско-го и др.), в ядрах которых локализованы массивы пермских гранитов [Орогенный ..., 1994].

В строении Восточно-Уральского прогиба на широте Пластовского массива участвуют метаморфизованные ордовикские вулканиды основного состава, островодужные карбонатно-вулканогенные толщи (S–D<sub>1</sub>), а также окраинно-континентальные вулканоплутонические андезитоидные комплексы и осадочные отложения (D<sub>3</sub>–C<sub>1</sub>) [Вулканизм..., 1992; Коротеев, 1980]. Строение прогиба и особенно зоны его сопряжения с Восточно-Уральским микроконтинентальным блоком изучено недостаточно детально. А.В. Тевелевым и И.А. Кошелевой [2002], проводившими геологосъемочные работы масштаба 1:200 000 южнее Кочкарского рудного района на Чесминской площади, в этой зоне выделена система краевых аллохтонов палеозойских офиолитов, осадочных и вулканогенных пород. Предполагается, что аллохтоны шарьированы с востока на запад из прогиба на смежное поднятие. Близкое строение контактовой зоны установлено нами в зоне профиля Уралсейс, пройденного в 100 км южнее Пластовского массива [Знаменский и др., 2001; см. также статью С.Е. Знаменского и Н.М. Знаменской в настоящем сборнике]. Судя по геологическим данным и сейсмическим материалам, Восточно-Уральский прогиб в современном виде представляет собой тектонический шов, соединяющий («склеивающий») Восточно-Уральский и Зауральский микроконтиненты. Основным структурным элементом шва является Карталинская надвиговая зона западного падения (углы падения 40–45°), выходящая на поверхность на восточном фланге прогиба. Разломная зона достигает поверхности МОХО. В висячем крыле она оперяется системой чешуйчатых разломов восточного падения, концентрирующихся вдоль западного борта прогиба. Западновергентные разломы имеют значительную глубину заложения (до 10–15 км). Сочетание с ними разрывных структур встречного падения обуславливает вблизи земной поверхности общее синформное строение прогиба [Вулканизм..., 1992].

В предлагаемом варианте строения зоны сочленения Восточно-Уральского поднятия и прогиба региональная структурная позиция Пластовского массива и Кочкарского рудного поля определяется приуроченностью к фронтальной части «толстокожих» чешуйчатых разрывных нарушений, оперяющих внутрикоровый тектонический шов западного падения. Последний некоторыми исследователями отождествляется с позднепалеозойской зоной субдукции [Иванов, 1998]. Другой важной особенностью

геологической позиции Кочкарского рудного поля является размещение его в краевой части ареала интенсивного позднепалеозойского гранитоидного магматизма.

#### ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА ПЛАСТОВСКОГО МАССИВА И КОЧКАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

В пределах Южноуральского сегмента Восточно-Уральской мегазоны выполнены глубинные сейсмические исследования по Троицкому профилю методом ГСЗ и профилю Уралсейс методами ОГТ и ГСЗ; профили расположены соответственно в 40 и 100 км к югу от Пластовского массива.

По данным сейсмических исследований по профилю Уралсейс, поверхность МОХО под Магнитогорской мегасинформой и западной частью Восточно-Уральской мегазоны полого падает с востока на запад [Пучков, 2000]. Глубина ее залегания по разным оценкам составляет 50–53 км [Carbonell et al., 1998], 55–58 км [Berzin et al., 1996] и 60 км [Пучков, 2000]. В сейсмической записи ОГТ поверхность МОХО выражена плохо, что, вероятно, связано с большой близостью состава мантии и коры или наличием зоны коро-мантийного смешивания [Пучков, 2000; Серавкин и др., 2004].

По Троицкому профилю ГСЗ глубина залегания поверхности Мохоревича определена как 40–45 км [Тевелев, Кошелева, 2002]. На этом профиле фиксируется куполообразное поднятие мантии (рис. 2).

По результатам интерпретации сейсмических данных по Троицкому профилю и профилю Уралсейс в пределах западной части Восточно-Уральской мегазоны намечается подъем поверхности МОХО в северном направлении, что согласуется с материалами Г.Я. Дементьева [1983], выполнившего для Среднего и Южного Урала корреляционный анализ гравиметровых и сейсмических данных. Согласно исследованиям Г.Я. Дементьева, поверхность МОХО в зоне профиля Уралсейс располагается на глубинах 45–50 км, а в районе Троицкого профиля — 40–45 км. Аналогичная тенденция установлена Б.Г. Семеновым с соавторами [1983]. В геофизической модели указанных исследователей поверхность гранулитобазитового слоя образует под Кочкарским сегментом Восточно-Уральского поднятия синклинальное прогибание (рис. 3), а сам слой имеет сокращенную мощность. Прогибание границы Конрада коррелируется с увеличением мощности гранито-гнейсовой части земной коры. Пластовский массив залегает над восточным склоном прогиба поверхности Конрада (на восточном фланге блока с повышенной мощностью гранито-гнейсового слоя).

По приведенным выше данным, к особенностям глубинного строения Кочкарского рудного поля и месторождения могут быть отнесены, во-первых, подъем поверхности верхней мантии (границы

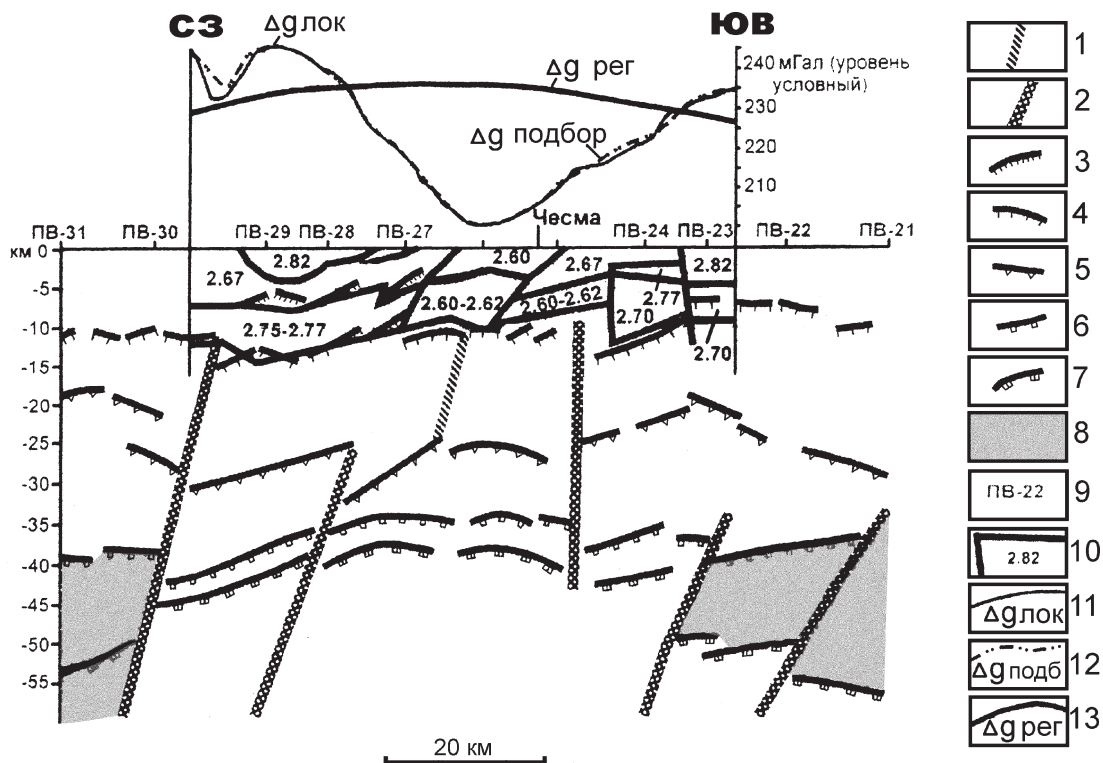


Рис. 2. Геолого-геофизический разрез по линии Троицкого профиля ГСЗ [Тевелев, Кошелева, 2002]

1–8 — основные элементы геолого-геофизического разреза: 1, 2 — предполагаемые глубинные разломы, разделяющие крупные блоки: 1 — земной коры, 2 — земной коры и верхней мантии; 3 — промежуточные границы в пределах сейсмо-структурного этажа (ССЭ); 4–7 — поверхности: 4 — 2-го ССЭ (древнего фундамент микроконтинента), 5 — 3-го ССЭ, 6 — 4-го ССЭ (переходной зоны от коры к верхней мантии), 7 — Мохоровичича; 8 — мегакомплексы с аномальными свойствами ( $V_s = 7,25 \text{ м/с}^2$ ;  $s = 3,13 \text{ г/см}^3$ ); 9 — пункты взрыва; 10–13 — элементы плотностной модели верхних частей разреза: 10 — элементарное тело с постоянной плотностью, 11 — локальная составляющая гравитационного поля, 12 — гравитационный эффект от набора элементарных тел, 13 — региональная составляющая гравитационного поля

Мохоровичича) и, во-вторых, сокращенная мощность гранулито-базитового слоя. Возможно, с этими особенностями литосферы связан «аномальный» минеральный состав руд Кочкарского месторождения. В них присутствуют нехарактерные для золото-полисульфидно-кварцевых месторождений Урала золото-теллуридные ассоциации, свидетельствующие о мантийном источнике рудоносного флюида [Месторождения..., 1999].

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЧКАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Кочкарское рудное поле расположено в северном блоке Пластовского массива, ограниченном Тихоновским (с севера) и Осейским (с юга) разломами северо-западного простирания (рис. 1). Вдоль западной границы рудного поля проходит близмеридиональный Пластовский разлом крутого восточного-восточного падения. Западный фланг массива сложен полосчатыми плагиогнейсами, существенно биотитовыми гнейсами и плагиогранитами гнейсовидной текстуры, которые восточнее постепенно сменяются массивными плагиогранитами. Постепен-

ные переходы от полосчатых гнейсов к массивным плагиогранитам, а также наличие многочисленных ксенолитов вмещающих метаморфических сланцев, гранито-гнейсов и зеленокаменных пород [Смолин, 1975] свидетельствуют о существенной роли процессов гранитизации и палингенеза в образовании Пластовского массива [Яновский, 1970]. Надежные изохронные датировки абсолютного возраста плагиогранитов отсутствуют. В опубликованной литературе [Бородаевский, 1952; Месторождения..., 1999] имеются указания на то, что плагиограниты в южной части массива оказывают контактовое метаморфическое воздействие на фаунистически охарактеризованные визе-нижнесерпуховские известняки. Следовательно, возраст плагиогранитов не может быть древнее серпуховского века.

Залегание пород массива подчинено крупным брахискладкам (с размером крыльев до 2,5–3 км) близмеридионального простирания [Яновский, 1970]. По данным Н.И. Бородаевского и А.А. Черемисина [1981], на пликативные формы близмеридионального направления в пределах рудного поля наложена пологая поперечная антиклиналь. По мнению указанных исследователей, ее формирование связано со штамповым воздействием снизу

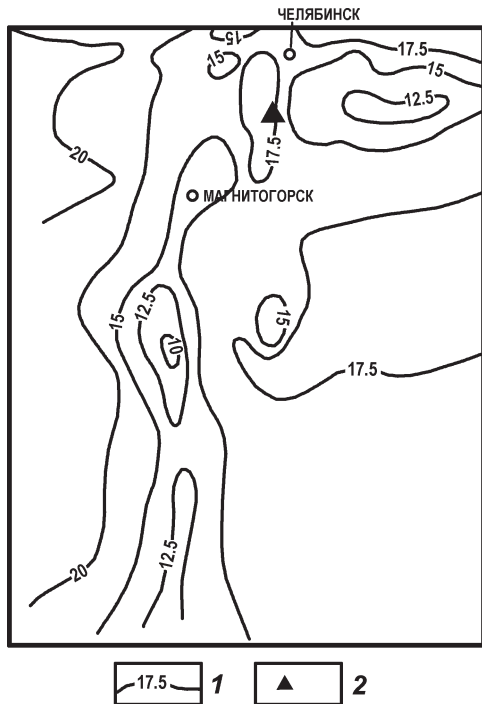


Рис. 3. Карта изоглубин поверхности гранулит-базитового слоя южной части Урала [Семенов и др., 1983]

1 — изоглубины, км; 2 — Кочкарское рудное поле

вверх остывающего магматического очага. При этом предполагается, что деформации поперечного изгиба действовали в течение длительного периода времени, включающего дорудный дайковый, рудный и послерудный дайковый этапы. Судя по графическим материалам, приведенным в статье Н.И. Бородаевского и А.А. Черемисина [1981, рис. 1], наличие в рудном поле поперечной антиклинали может ставиться под сомнение. Деформационная модель с ведущей ролью механизма поперечного изгиба в формировании рудоносных структур получила дальнейшее развитие в работах В.Н. Сазонова с соавторами [Месторождения ..., 1999], считающих ее типовой для месторождений золота Урала, ассоциирующихся с коллизионными гранитоидами. Авторам настоящей статьи возможность реализации механизма штампового воздействия остаточного магматического очага на жесткое плитообразное тело плагиигранитов, имеющее крутое залегание, представляется маловероятной.

Рудовмещающий блок Пластовского массива чрезвычайно насыщен разнообразными по составу дайками, количество которых превышает 2000. По данным Н.И. Бородаевского с соавторами [1984], они образуют две антидромные серии, каждая из которых включает ранние дайки плагиигранит-порфиров и диорит-порфиров, генетически родственных гранитоидам Пластовского массива, и поздние дайки лампрофирового ряда, петрологические чужеродные вмещающим плагиигранитам. На северном

фланге рудного поля (на Кочкарском месторождении) преобладают дайки субширотного и северо-восточного простираний. Для южной части рудного поля (для Новотроицкого месторождения) более характерны северо-западные и субширотные дайки. Большинство даек, особенно рудоконтролирующих, преобразовано в «табашки» — полигенные афибол-биотитовые метаморфические породы с примесью полевых шпатов, кварца, карбоната и некоторых других минералов [Бородаевский и др., 1984; Грабежев, 1974; Месторождения ..., 1999]. Золотоносные кварцевые жилы локализованы в крутопадающих разрывах, которые в значительной мере наследуют более древнюю дайковую систему [Бородаевский, 1952]. Жилы развиты преимущественно вдоль контактов или внутри даек «табашек».

Нами проведены структурные наблюдения в граничных зонах Тихоновского и Осейского разломов. На рисунке 5 приведена схема строения золото-сульфидно-кварцевого Казанско-Богородицкого рудопоявления, залегающего в зоне Осейского разлома. Основным элементом структуры рудопоявления является северо-западный разрыв, осложняющий контакт интрузивного тела диоритов ( $D_3-C_1$ ) и интенсивно рассланцованных андезитбазальтов предположительно силурийского возраста. Разрыв входит в систему вторичных нарушений Осейского разлома. В его висячем крыле развиты кварцевые прожилки с сульфидами, локализованные в сколовых трещинах сдвиго-надвигового и сдвиго-взбросового типов, и секущая их жила молочно-белого кварца мощностью до 0,5 м, выполняющая трещину отрыва. Зона основного дизъюнктива, характеризующаяся дуплексным строением, вмещает микродайки гранит-порфиров. В истории формирования разрывного нарушения установлено 5 фаз смещений (от ранних к поздним): 1) левые взбросо-сдвиговые (см. диаграмму «а» на рис. 4); 2) левосторонние в период образования микродаек гранит-порфиров; 3) левосдвиговые с небольшой сбросовой компонентой на стадии рудообразования (см. диаграмму «б» на рис. 4); 4) сбросовые, с которыми связано формирование жилы молочно-белого кварца; 5) правые взбросо-сдвиговые в послерудное время (см. диаграмму «в» на рис. 4).

Строение и кинематика Тихоновского разлома изучены в районе одноименного золото-сульфидно-кварцевого рудопоявления (см. рис. 1). Разломная зона состоит здесь из серии протяженных зеркал скольжения крутого северо-восточного падения. В полосах, ограниченных зеркалами, отчетливо выделяются три разновозрастные ассоциации разрывов. К ранней относятся сдвиговые дуплексы сжатия, указывающие на левые взбросо-сдвиговые смещения по зеркалам скольжения. Вторая ассоциация представлена сульфидно-кварцевыми прожилками северо-



ро-западного простирания. Прожилки локализованы в сколах, по которым, судя по распределению мощности жильного выполнения, происходили левосторонние движения. Наиболее поздняя ассоциация объединяет северо-восточные и северо-западные трещины скола с карбонатным выполнением, образовавшиеся в условиях правосдвиговых смещений по зеркалам скольжения.

Как видно из приведенных выше данных, общая закономерность структурной эволюции Осейского и Тихоновского разломов заключается в смене дорудных и внутрирудных левосторонних дислокаций послерудными правосдвиговыми смещениями.

Пластовский разлом, разбуренный скважинами, в настоящее время для наблюдений недоступен. В процессе эксплуатационных работ в рудном поле выявлено несколько крупных разрывных нарушений, близких к нему по элементам залегания. Детальные исследования одного из них — Октябрьского сместителя, выполненные в подземных горных выработках А.П. Смолиным [1975], показали, что этот разлом вмещает дайки «табашек» и являет-

ся не только дорудным, но и додайковым. В период заложения он представлял собой левый сдвиго-взброс. На рудном этапе разлом испытал реактивированные левосторонние смещения. По данным А.П. Смолина, северо-западные разрывы, контролирующие на Новотроицком месторождении размещение даек «табашек», развивались в условиях устойчивых левосдвиговых деформаций. С последними связаны интенсивные дислокации даек «табашек» в дорудное время, а также внутриминерализационные левосторонние движения. Как будет показано ниже, по преобладающим на Кочкарском месторождении рудоконтролирующим дайкам «табашек» северо-восточного и субширотного простираний на дорудном и рудном этапах происходили движения с правым знаком.

Кинематика граничных Осейского и Тихоновского разломов и рудоконтролирующих разрывов, развитых в рудном поле, указывает на то, что в прерудное время и на рудном этапе Пластовский массив испытывал латеральное субширотное сжатие. Размещение рудных жил контролировалось полями напряжений сдвигового типа.

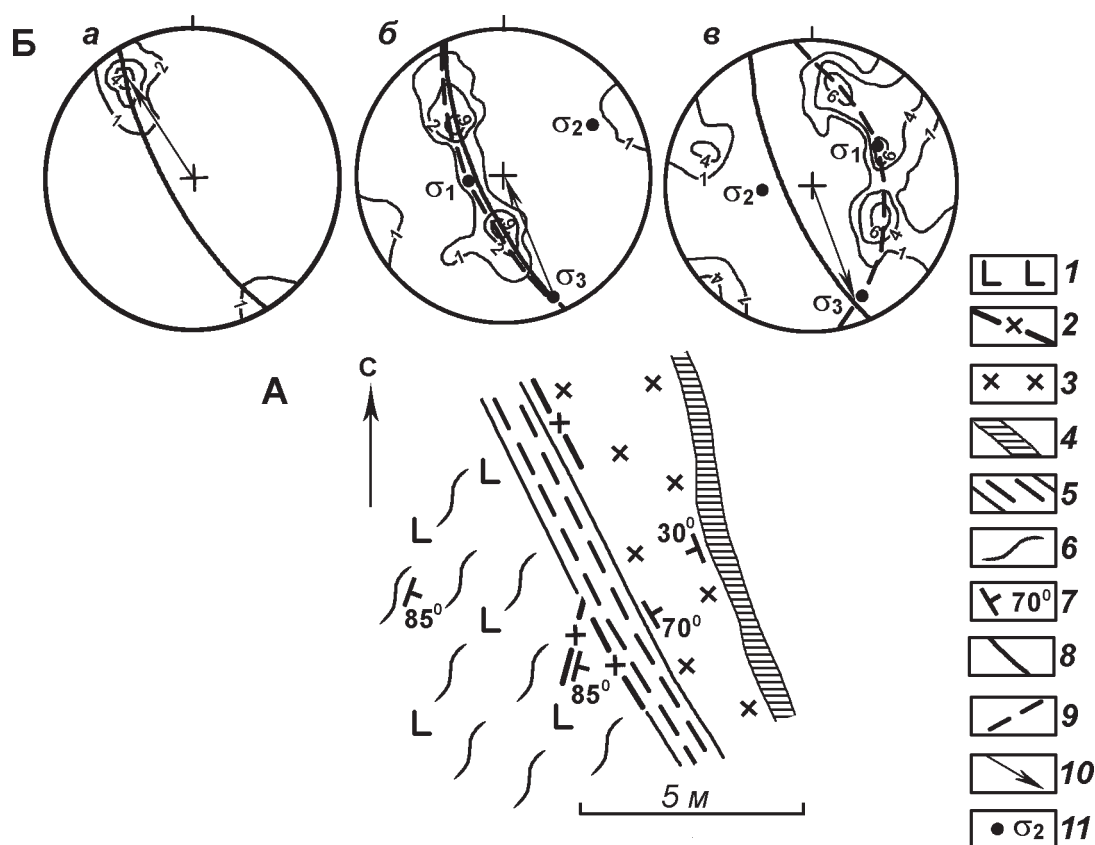


Рис. 4. Структурная схема центральной части Казанско-Богородицкого рудопроявления (А) (составил С.Е. Знаменский). На врезке Б показаны диаграммы (сетка Вульфа, верхняя полусфера) плотностей векторов смещения всяческих крыльев разрывов (а), сульфидно-кварцевых прожилков (б) и послерудных трещин (в); а — 14, б — 40, в — 67 замеров

1 — андезибазальты; 2 — микродайки гранит-порфиров; 3 — диориты; 4 — жила молочно-белого кварца; 5 — зона основного разлома; 6 — сланцеватость; 7 — элементы залегания; 8–11 — на диаграммах: 8 — плоскость основного разрыва, 9 — плоскости поясов прожилков и трещин, 10 — векторы смещения всяческого крыла основного разлома, 11 — оси главных нормальных напряжений

## СТРУКТУРА КОЧКАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На Кочкарском месторождении, как отмечалось выше, преобладают дайки и разрывы с жилами северо-восточного и субширотного направлений. Они концентрируются в трех зонах (свитах по Н.И. Бородаевскому) северо-восточного простирания: Северной, Центральной и Южной (рис. 5). В подчиненном количестве присутствуют северо-западные и близмеридиональные дайки и разломы, игравшие, главным образом, роль рудоблокирующих структур [Яновский, 1970].

Авторами выполнены структурное картирование эксплуатационных выработок, пройденных в северной части месторождения на горизонтах 460–560 м, а также кинематический и тектонофизический анализ рудоносных разрывов. По результатам исследований разработана структурная модель месторождения, представленная зоной правого сдвига с дуплексным строением. В работе, опубликованной нами совместно с немецкими геологами А. Кистерсом, М. Майером и Р. Эртелем, приведены доказательства сдвиговой природы рудоносных нарушений [Kisters et al., 2000]. Рудоконтролирующие сдвиги установлены на многих золоторудных и золотосодержащих кварц-редкометалльных месторождениях Урала [Рундквист, 1964; Sazonov et al., 2001], но дуплексные структуры до недавнего времени не были известны и их значение в размещении золотой минерализации практически не изучено.

В дайках «табашек» северо-восточного и субширотного простираний установлены признаки нескольких фаз сдвиговых деформаций. В результате ранних дорудных деформаций они были трансформированы в пластические правосдвиговые зоны. Деформационные процессы происходили в условиях метаморфизма зеленосланцевой фации, приведшего к интенсивной биотитизации даек. Сдвиговым зонам свойственны интенсивная сланцеватость, протяженные зеркала скольжения и разрывы с милонитовым материалом, ориентированные преимущественно субпараллельно контактам даек, а также S–C-тектониты с очковыми текстурами. Местами сланцеватость и вторичные разрывы смяты в разномасштабные флексурные и изоклинные складки волочения с крутыми шарнирами. Сланцеватые и очковые текстуры подчеркиваются распределением биотита и в меньшей степени амфиболов. Во вмещающих плагиогранитах динамометаморфические изменения проявлены, как правило, в узких зонах, прилегающих к контактам даек.

Жильное оруденение сформировалось после главной фазы пластических деформаций в условиях реактивированных пульсирующих движений малой амплитуды по сдвиговым зонам. Крупные рудные жилы, обладающие массивными, полосчатыми и брекчиевидными текстурами, выполняют вторичные

разрывы этих зон. Они имеют прерывистое строение, обусловленное чередованием по простиранию и падению протяженных, часто эшелонированных линз и безрудных интервалов. Раздувы мощности рудных линз приурочены к изгибам разрывов, отклоняющимся по часовой стрелке от их общего простирания, а сокращения мощности — к искривлениям против часовой стрелки, что характерно для правых сдвигов. Рудоносные разрывы сопровождаются опережающей трещиноватостью, выполненной кварцевыми и в основном наследующими их сульфидными прожилками. Самостоятельными трещины с кварцем и сульфидами по элементам залегания и генетической природе близки между собой. Они обычно образуют вторичные парагенезисы, типичные для правых сдвигов [McClay, 1995]. Прожилки пересекают сланцеватый матрикс «табашек». Околорудные метасоматиты имеют существенно серицит-кварцевый состав и явно наложены на ранние динамометаморфические текстуры биотитовых «табашек».

Определение векторов внутрирудных перемещений по разрывам производилось с использованием метода поясов В.Н. Даниловича [1961], по ориентировке трещин отрыва и структур Риделя [Cowan, Brandon, 1994]. Изучена кинематика рудоносных разрывов трех главных направлений: 1) субширотного (аз.пр. 80–105°), 2) продольного (относительно осевых линий жильных зон) северо-восточного (аз.пр. 65–70°) и 3) диагонального северо-восточного (аз.пр. 50–65°). С помощью кварцевых и сульфидных прожилков по разрывным нарушениям установлены правосторонние движения с подчиненной сбросовой компонентой (диаграммы а, б, рис. 5). Углы погружения векторов смещения варьируют в интервале 13–32°. Исключение составляет разлом, вмещающий Северо-Александровскую жилу. По нему реконструированы правосдвиговые перемещения со взбросовой составляющей (диаграмма в, рис. 5). В пунктах замеров минерализованных трещин на основе статистического метода П.Н. Николаева [1977] восстановлено сдвиговое, местами переходное к сбросо-сдвиговому, поле палеонапряжений с северо-запад — юго-восточной ориентировкой оси  $\sigma_3$ .

На основании полученных результатов структура месторождения интерпретируется нами как эмбриональная сдвиговая зона северо-восточного простирания, образованная разрывами более высоких рангов. Ее длина по простиранию достигает 8,5 км. Восточный фланг зоны изучен недостаточно детально. Западная часть, в пределах шахтного поля, имеет в плане линзовидный структурный рисунок. Тектонические линзы с близширотными длинными осями ограничены жильными свитами, представляющими собой правосдвиговые зоны второго порядка, и залегающими между ними субширотными правосторонними сдвигами и сбросо-сдвигами.

По инфраструктуре главная разломная зона месторождения адекватна экспериментальной модели прямолинейного интервала правого сдвига, состоящего из дуплексов растяжения. В экспериментах

последние возникали при наложении на R-сколы Риделя продольных Y-сдвигов [Woodcock, Fisher, 1986] (рис. 5). Тектонические линзы — дуплексы месторождения Кочкарь отличаются невысокой

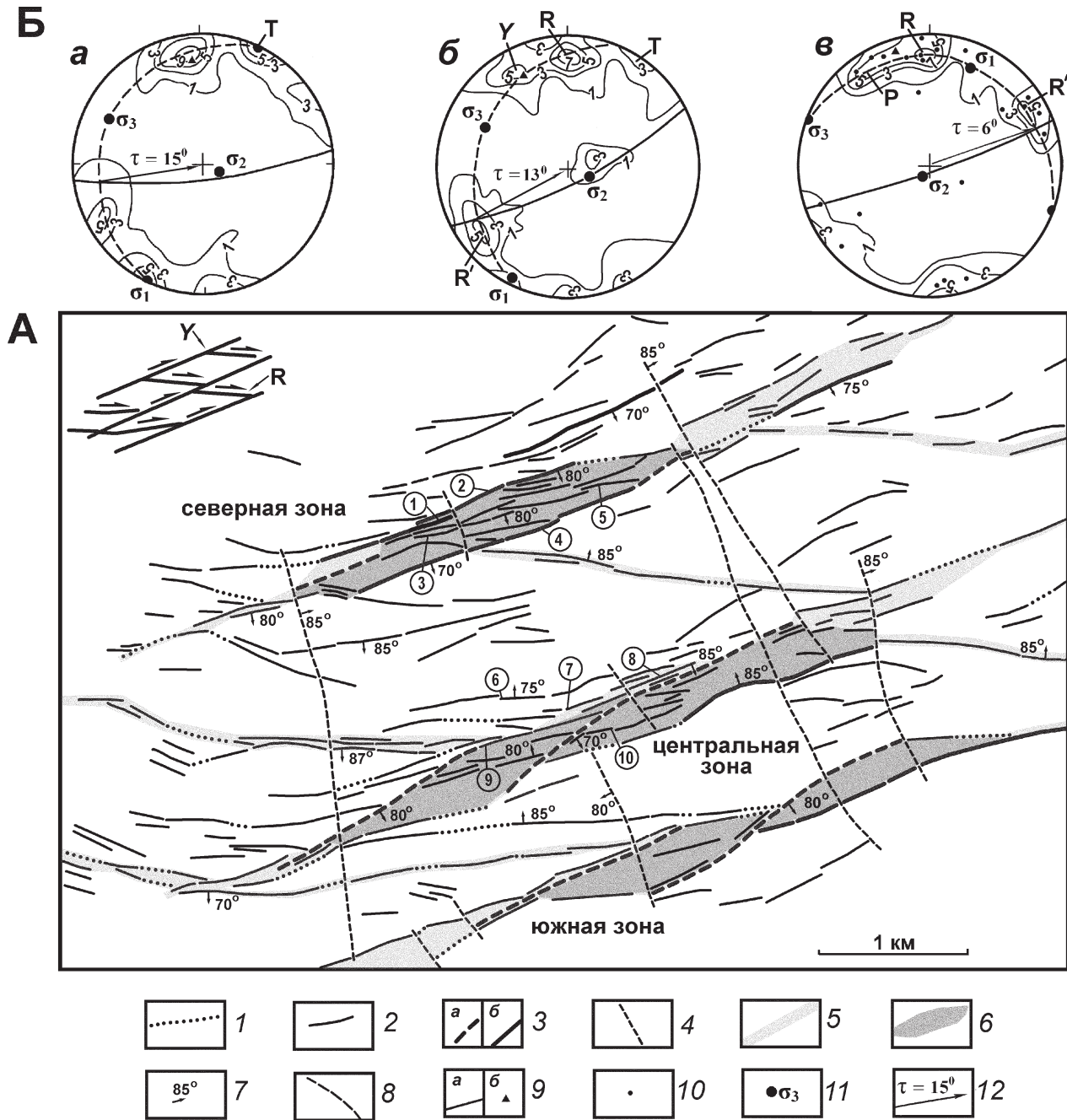


Рис. 5. Схема размещения рудных жил месторождения Кочкарь (А). По данным геологической службы ЗАО «ЮжУралзолото» с дополнениями С.Е. Знаменского. На врезке (Б) показаны диаграммы плотностей полюсов кварцевых (а, в) и сульфидных (б) прожилков. Сетка Вульфа, верхняя полусфера: а — 50 замеров (Бажуковская жила), б — 59 замеров (Северо-Николаевская жила), в — 55 замеров (Северо-Александровская жила)

1 — рудоконтролирующие дайки «табашек»; 2 — рудные жилы; 3 — дуплексообразующие разрывы жильных зон (а) и залегающие в них жилы (б); 4 — близмеридиональные и северо-западные разломы и дайки; 5 — контуры дуплексов растяжения главной сдвиговой зоны; 6 — дуплексы растяжения жильных зон; 7 — элементы залегания рудных жил и разрывов; 8–12 — на диаграммах: 8 — плоскости поясов трещиноватости, 9 — плоскости рудных жил (а) и их полюсы (б), 10 — полюсы сульфидных прожилков, 11 — оси главных нормальных напряжений ( $\sigma_1$  — максимального растяжения,  $\sigma_2$  — средняя,  $\sigma_3$  — максимального сжатия), 12 — векторы смещений висячих крыльев разрывов и значения их углов погружения ( $\tau$ ). Арабскими цифрами в кружках обозначены изучавшиеся рудные жилы: 1 — Суторминская, 2 — Северо-Николаевская, 3 — Дегтяро-Кузнецовская, 4 — Сретинская, 5 — Юбилейная, 6 — Бажуковская, 7 — Южно-Александровская, 8 — Северо-Александровская, 9 — Васильевская, 10 — Новая. Y — сдвиги, параллельные главному разрыву, R — сколы Риделя, R' — сопряженные сколы Риделя, P — вторичные синтетические сдвиги, T — трещины отрыва

степенью зрелости и, как следствие этого, слабой тектонической нарушенностью. Жильное оруденение концентрируется в оконтуривающих их разломах. Строение сдвиговых зон, вмещающих жильные свиты, также определяется дуплексами растяжения, которые сформировались на правоступенчатых перекрытиях крупных продольных и диагональных северо-восточных разломов. Они осложнены сетью субширотных и северо-восточных разрывов с рудными жилами. Условия образования дуплексов этого типа рассмотрены в работах С.И. Шермана с соавторами [1991], Н. Вудкока и М. Фишера [Wodcock, Fisher, 1986] и других исследователей. Основные запасы золота месторождения сосредоточены в наиболее деформированном дуплексе Северной жильной зоны.

Таким образом, одной из важнейших структурных предпосылок образования в Пластовском массиве крупных концентраций золота послужило наличие в нем «структурной ловушки» — протяженной зоны трансенсивного сдвига.

Дайки «табашек» и золотоносные кварцевые жилы подверглись на послерудном этапе дислокационным и метаморфическим преобразованиям. Широкое развитие в Пластовском массиве получила метаморфическая ассоциация, включающая крупночешуйчатый биотит, сине-зеленую роговую обманку, цоизит и калиевый полевой шпат [Kisters et al., 2000]. Минералы этой ассоциации не несут заметных признаков динамометаморфических изменений и наложены на кварцевые жилы и дислоцированные «табашки». Биотит и роговая обманка нередко выполняют мелкие разрывы, образуя в последних рыхлые плохо сцементированные жилы. Нами наблюдались случаи пересечения такими жилами рудных тел. Вероятно, они были приняты сотрудниками ЦНИГРИ [Бородаевский и др., 1984] за послерудные дайки «табашек». Большинство исследователей связывает формирование послерудного биотит-роговообманкового парагенезиса с позднепалеозойским региональным метаморфизмом эпидот-амфиболитовой фации, интенсивно проявившимся в смежном блоке Восточно-Уральского поднятия и вызвавшим образование в этом блоке гранито-гнейсовых куполов и гранитных интрузий. Наложение процессов регионального метаморфизма привело к локальному перераспределению золота в кварцевых жилах Кочкарского рудного поля с образованием богатых рудных столбов [Месторождения..., 1999]. С регрессивной стадией позднепалеозойского регионального метаморфизма связаны на Кочкарском месторождении хлорит-карбонатные метасоматиты и карбонат-кварцевые жилы [Kisters et al., 2000]. По рудоконтролирующим дайкам «табашек» в этот период времени происходили малоамплитудные движения с левым знаком.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общепризнано, что золото-полисульфидно-кварцевые месторождения Урала имеют генетическую (парагенетическую) связь с предколлизийными гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации. Вместе с тем материалы по Кочкарскому рудному полю свидетельствуют о значительной «оторванности» во времени процессов магма- и рудообразования. Рудный этап на Кочкарском рудном поле отделен от фазы становления Пластовского массива довольно длительным периодом времени, в течение которого произошло внедрение серии мультиплетных даек, подвергшихся в дальнейшем в условиях зеленосланцевого метаморфизма ранней «табашкизации» и пластическим деформациям. Точно оценить «интервал разрыва» пока не представляется возможным из-за отсутствия надежных изотопных датировок возраста плагиогранитов, «табашек» и околорудных метасоматитов. Например, для «табашек» получены следующие К—Ag и Rb—Sr датировки: 340 млн. лет [Львов, 1965], 320 млн. лет [Лозовая, Меньшикова, 1976],  $298 \pm 8$  млн. лет [Сазонов, Мурзин, 1994] и  $265 \pm 3$  млн. лет [Meuser et al., 2000]. Значительный разброс возрастных датировок, вероятно, связан как с несовершенством методов изотопной хронологии, так и с полигенной природой «табашек». Таким образом, речь может идти только о парагенетической связи золотого оруденения Кочкарского рудного поля с гранитоидами Пластовского массива. Нами, вслед за Э.М. Спиридоновым с соавторами [1997], они относятся к производным регионального метаморфизма начальных стадий коллизийного этапа развития Уральского складчатого пояса. С пиком этого метаморфизма связано образование палингенных плагиогранитов. На регрессивной стадии сформировались ранние «табашки» существенно биотитового состава и золото-полисульфидно-кварцевое оруденение. Размещение рудных жил контролировалось сдвиговыми полями палеонапряжений.

К особенностям геологической позиции и строения Кочкарского рудного поля, которые могли способствовать образованию в Пластовском массиве крупных концентраций золота, по нашему мнению, относятся следующие:

- 1) положение в системе региональных разломов, достигающих поверхности Мохоровичича и тем самым обеспечивающих «облегченный» доступ флюидного потока в верхние части земной коры;
- 2) приуроченность к блоку литосферы с поперечным поднятием поверхности верхней мантии;
- 3) наличие в массиве плагиогранитов крупной «структурной ловушки» — протяженной зоны трансенсивного сдвига;
- 4) положение в краевой части ареала интенсивного позднепалеозойского ( $C_3$ —P) коллизийного гранитоидного магматизма, вызвавшего на рудном



поле ремобилизацию рудного вещества и образование вторичных столбов.

Авторы признательны главному геологу ЗАО «ЮжУралзолото» В.В. Федосееву за помощь в проведении исследований в подземном руднике, а также Н.М. Знаменской за техническое оформление статьи.

Исследования выполнены по программе ОНЗ РАН «Генетические особенности и условия формирования крупных и суперкрупных месторождений стратегических видов минерального сырья и проблемы их комплексного освоения» (договор № ОНЗ–3).

### Литература:

**Бородаевский Н.И.** Кочкарское золоторудное месторождение // Геология главнейших золоторудных месторождений СССР. М.: ОБТИ, 1952. Т. III. С. 269–413.

**Бородаевский Н.И., Черемисин А.А.** Соотношения локальных и региональных полей напряжений как возможная основа типизации рудных полей Урала // Вопросы типизации золоторудных месторождений и районов и принципы прогнозирования золотого оруденения. М.: ЦНИГРИ, 1981. С. 93–99.

**Бородаевский Н.И., Черемисин А.А., Яновский В.М. и др.** Кочкарское месторождение // Золоторудные месторождения (Европейская часть СССР). М.: Недра, 1984. Т. 1. С. 54–87.

Вулканизм Южного Урала / **И.Б. Серавкин, А.М. Косарев, Д.Н. Салихов и др.** М.: Наука, 1992. 197 с.

**Грабежев А.И.** Процессы метасоматоза пород Кочкарского золоторудного месторождения // Метасоматизм и рудообразование. Свердловск: УрО АН СССР, 1974. С. 3–22.

**Данилович В.Н.** Метод поясов при исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. Иркутск: ИПИ, 1961. 147 с.

**Дементьев Г.Я.** Субширотные формации в глубинной структуре геосинклинальной области Среднего и Южного Урала (по геофизическим данным) // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 79–83.

**Знаменский С.Е., Пучков В.Н., Косарев А.М. и др.** Геологическая интерпретация сейсмического профиля Уралсейс // Глубинное строение и геодинамика Ю. Урала (проект Уралсейс). Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. С. 154–164.

**Иванов К.С.** Основные черты геологической истории (1,6–0,2 млрд. лет) и строение Урала: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук в форме науч. докл. Екатеринбург, 1998. 252 с.

**Коротеев В.А.** Среднепалеозойский вулканизм в формировании земной коры восточного склона Урала: Автореф. дис... докт. геол.-мин. наук / ИГиГ УНЦ АН СССР. Свердловск. 1980. 41 с.

**Лозовая Л.С., Меньшикова Р.Т.** Возраст некоторых рудных формаций, связанных с гранитоидами восточного склона Южного Урала (по данным калий-аргоновых определений) // Определение абсолютного возраста рудных месторождений. М.: Наука, 1976. С. 190–192.

**Львов Б.К.** Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Кочкарского района (Южный Урал). Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 164 с.

Месторождения золота Урала / **В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев и др.** Екатеринбург: ИГГА, 1999. 570 с.

**Николаев П.Н.** Методика статистического анализа трещин и реконструкции полей палеонапряжений // Изв. Вузов. Геол. и разв. 1977. № 12. С. 103–115.

Орогенный гранитоидный магматизм Урала / **Г.Б. Феритатер, Н.С. Бородина, М.С. Рапопорт и др.** Миасс: Уро РАН, 1994. 249 с.

**Пучков В.Н.** Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.

**Рудквист Д.В.** О структурах и закономерностях размещения кварц-редкометалльных жильных месторождений восточного склона Урала // Геология рудных месторождений. 1964. № 2. С. 21–37.

**Сазонов В.Н., Мурзин В.В.** Кочкарские табашки и светлинские метасоматиты фемического профиля — генетические родственники (Южный Урал) // Ежегодник—1993 / ИГиГ УрО РАН. Свердловск, 1994. С. 97–99.

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

**Семенов Б.Г., Апаньева Е.М., Екидина Н.Я. и др.** О глубинной структуре земной коры Урала и прилегающих к нему территорий // Геотектоника. 1983. № 4. С. 37–47.

**Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Виноградов А.М.** Особенности глубинного строения крупнейших на Урале Гайского медноколчеданного и Кочкарского золоторудного месторождений // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М., 2004. С. 257–274.

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

**Спирidonov Э.М., Назьмова Г.Н., Соколова Н.Ф. и др.** Состав и эволюция инверсионных гранодиоритовых и раннеорогенных монцитонитовых комплексов Казахстана и Урала и сопряженных метасоматитов и оруденения // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. Т. 2. С. 208–211.

**Тевелев А.В., Кошелева И.А.** Геологическое строение и история развития Южного Урала (Восточно-Уральское поднятие и Зауралье). М.: Изд-во МГУ, 2002. 123 с.

**Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др.** Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск: Наука, 1991. 262 с.

**Яновский В.М.** Особенности структуры Кочкарского золото-мышьякового месторождения (Южный Урал) // Изв. Томского политехн. ин-та. 1970. Т. 239. С. 203–207.

**Berzin R., Oncken O., Knapp J.H. et al.** Orogenic Evolution of the Ural Mountains: Results from an Integrated Seismic Experiment // Science. Vol. 274. October, 1996. P. 220–221.

**Carbonell R., Lecerf D., Itzin M. et al.** Mapping the Moho beneath the Southern Urals with wide-angle reflections // Geophys. Res. Lett. 1998. V. 25. № 22. P. 4229–4232.

**Cowan D.S., Brandon M.T.** A symmetry-based for kinematic analysis of large-slip brittle fault zones // American J. of Science. 1994. V. 294. P. 257–306.

**Kisters A.F.M., Meyer F.M., Znamensky S.E. et al.** Structural controls of lode-gold mineralization by mafic dykes in late-Paleozoic granitoids of the Kochkar district, southern Urals, Russia // Mineralium Deposita. 2000. V. 35. P. 157–168.

**McClay K.** The mapping of geological structures. London: Open University press, 1995. 161 p.

**Meyer F.M., Kisters A.F.M., Znamensky et al.** Tectonic evolution of lode-gold mineralization in the Kochkar district, Southern Urals, Russia // INTAS, Europrobe Timpebar — Uralides workshop. St. Petersburg, 2000. P. 22–23.

**Sazonov V.N., Herk A.H., Boorder H.** Spatial and Temporal Distribution of Gold Deposits in the Urals // Economic Geology. 2001. V. 96. P. 685–703.

**Woodcock N.H., Fisher M.** Strike-slip duplexes // J. of Structural Geology. 1986. V. 8. № 7. P. 725–735.