

## ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ, СТРУКТУРА И УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ГАНЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Ганеевское месторождение находится в северной части Магнитогорской мегазоны на Буйдинском участке, расположенном в 12–22 км юго-восточнее города Учалы. Оно локализовано в зоне регионального Карагайлинского разлома близмеридионального простирания, ограничивающего Буйдинский участок с запада. В пределах участка разлом проходит вдоль контакта карамалыташских вулканитов ( $D_2e_2$ ) с расположенными восточнее породами офиолитовой ассоциации, которая представлена двумя комплексами: нижним — ультрабазит-базитовым полосчатым и верхним — кремнисто-диабазовым ( $O_2?$ ) [Серавкин и др., 2001]. Оба комплекса прорваны многочисленными интрузиями габбро-диабазов, габбро, габбро-диоритов и диоритов неизвестного возраста.

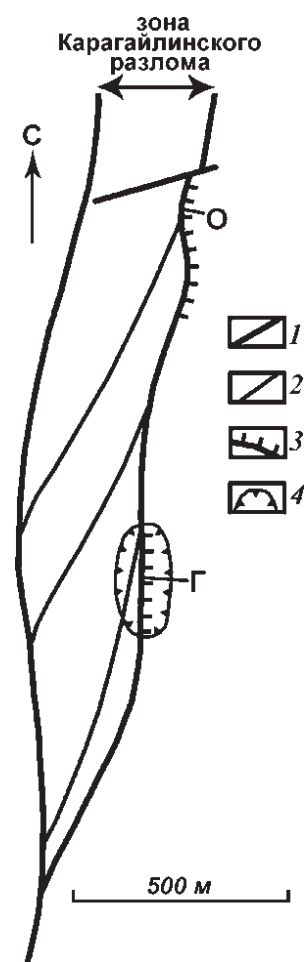
Изучением месторождения в процессе прогнозно-поисковых, поисково-разведочных и тематических работ занимались Б.Г. и С.Б. Галиуллины, С.В. Сурин, М.В. Смирнов, Л.А. Логинова и другие геологи. Специальные геолого-структурные исследования на месторождении не проводились. Месторождение обрабатывалось карьером ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания». Эксплуатационные работы были завершены в 2012 г.

Автором статьи при участии С.В. Мичурина и С.А. Даниленко выполнены структурное картирование уступов карьера, документация керн поисково-разведочных скважин и дешифрирование аэрофотоснимков. Полученные данные в сочетании с результатами ранее выполненных исследований [Серавкин и др., 2001] позволили уточнить геолого-структурную позицию, структуру и условия локализации золотого оруденения Ганеевского месторождения.

По нашим данным, месторождение приурочено к сдвиговому дуплексу, имеющему чешуйчатое строение (рис. 1). Дуплекс образовался на правоступенчатом перекрытии продольных вторичных разрывов Карагайлинской разломной зоны в условиях левосторонних смещений по ним и вначале представлял собой транспрессивную структуру. Позднее в связи с реактивированными движениями с правым знаком по Карагайлинскому разлому на его месте сформировался сдвиговый дуплекс растяжения. Поздние движения с правым знаком по времени совпадают с процессами формирования золоторудной минерализации Ганеевского место-

рождения. Более подробно кинематика и эволюция Карагайлинских разломов рассмотрены при характеристике структуры месторождения.

Кроме Ганеевского месторождения в дуплексе располагается Октябрьское рудопроявление золота, верхние горизонты которого отработаны ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания». Оба золоторудных объекта локализованы в углах дуплексной структуры в разломе, ограничивающем ее с востока. На распределение локальных зон и структур растяжения, которые определяют пути движе-



**Рис. 1.** Структурная позиция Ганеевского месторождения 1–2 — дуплексообразующие (1) и дуплексоразрушающие (2) разрывы (по [Разломообразование..., 1991]) Карагайлинской разломной зоны; 3 — рудные зоны; О — Октябрьского рудопроявления, Г — Ганеевского месторождения; 4 — эксплуатационный карьер Ганеевского месторождения.

ния рудоносных флюидов в дуплексах, образовавшихся на ступенчатых перекрытиях сдвигов (главных сдвигов по N.H. Woodcock, M. Fisher [1986] или дуплексообразующих разрывов по И.С. Шерману с соавторами [Разломообразование..., 1991]), существенное влияние оказывает геометрия ступенчатого перекрытия. D.A. Rogers [1980] в серии опытов показал, что по мере увеличения соотношения длины перекрытия главных сдвигов (длины дуплекса) и расстояния между ними (ширины дуплекса) происходит смещение локальных структур растяжения из внутренних частей дуплекса в граничные разломы. Близкие результаты были получены P. Connolly, J. Cosgrove [1999], выполнившими экспериментальные исследования условий формирования вторичных разрывов на ступенчатых перекрытиях разломов, совпадающих по знаку с направлением сдвиговых смещений. По их данным, если длина дуплекса (L) в два раза и более превышает его ширину (H), то локальные структуры растяжения возникают по периметру дуплекса: вблизи главных сдвигов и вдоль латеральных границ ступенчатого перекрытия (рис. 2).

Результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с данными распределения оруденения в природных трансенсивных дуплексах с  $L > H$ . В этом случае месторождения локализуются преимущественно в граничных разломах и углах дуплексных структур, например, медно-порфировые и ассоциирующиеся с ними золотосодержащие полиметаллические месторождения Центрально-

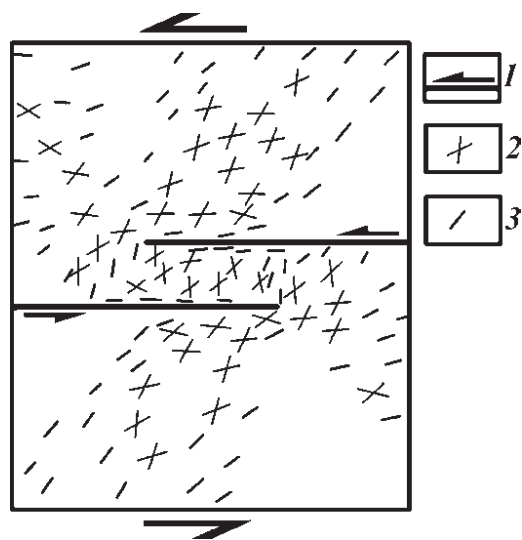


Рис. 2. Распределение вторичных сдвигов и структур растяжения во внешних зонах и внутри ступенчатого перекрытия левосторонних разломов. По данным моделирования P. Connolly, J. Cosgrove [1999]

1 — главные разломы и направление смещений по ним; 2–3 — вторичные разрывы: 2 — сдвиги; 3 — структуры растяжения.

Словацкой вулканической области [Drew, 2005], золоторудные месторождения Западно-Йилганского региона Австралии [Cox et al., 1995] и многие другие. Размещение Ганеевского месторождения и Октябрьского рудопроявления в трансенсивном дуплексе, характеризующемся превышением длины над шириной, подчинено тем же закономерностям.

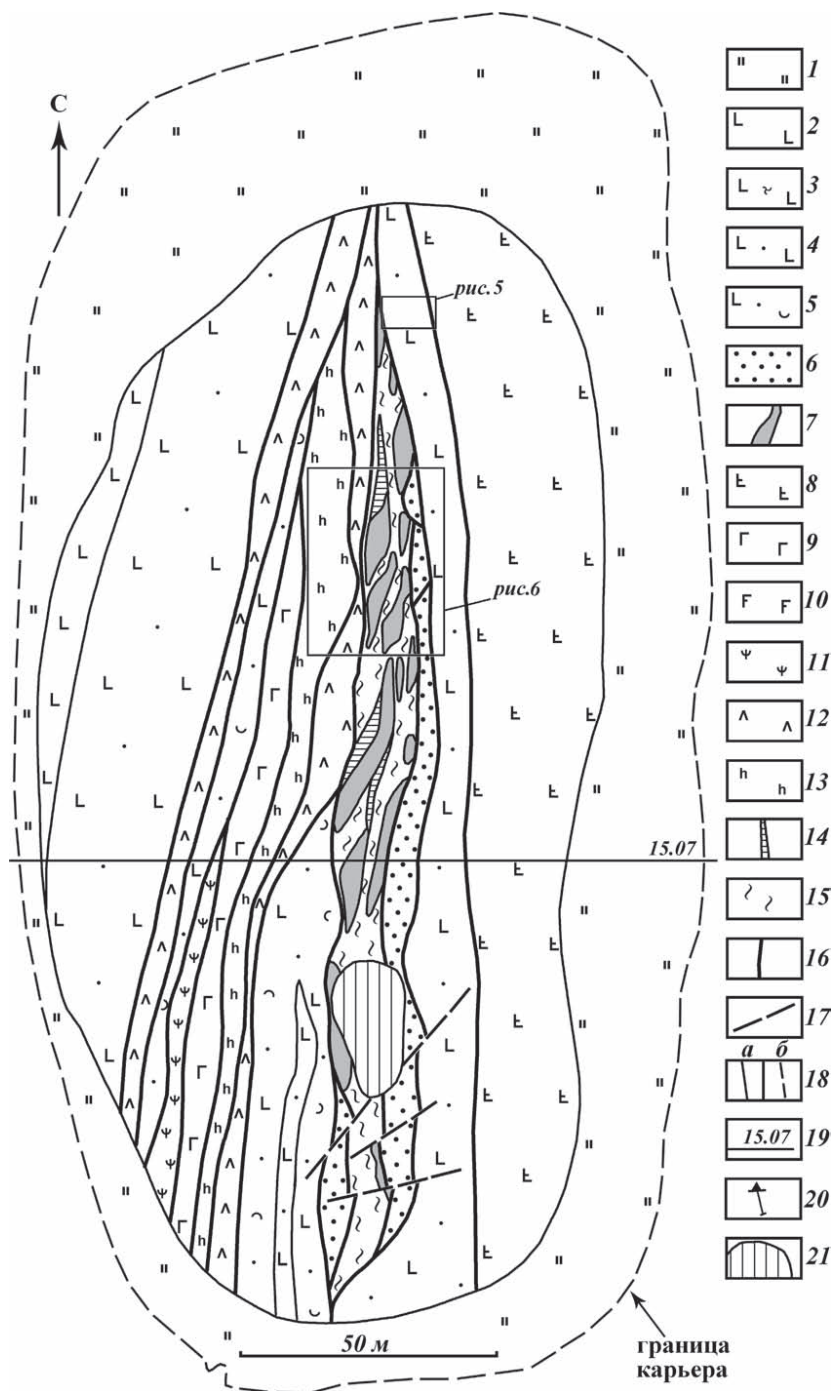
В эксплуатационном карьере Ганеевского месторождения восточный дуплексообразующий сдвиг представлен меридиональной разломной зоной мощностью 5–30 м, имеющей вертикальное падение (рис. 3, 4). Восточный фланг зоны слагают интенсивно рассланцованные и смятые в мелкие конические складки волочения туфы основного состава. Центральную часть и западный фланг сдвиговой зоны занимает дуплекс более высокого порядка. Он представляет собой тектоническую линзу слоистых кремнистых и вулканогенно-осадочных пород, ограниченную субвертикальными зонами рассланцевания с зеркалами скольжения. Дуплекс имеет протяженность по длинной меридиональной оси около 180 м при ширине до 20–25 м. По падению его длина превышает 280 м. Породы внутри дуплекса сильно деформированы. Вследствие неоднородности петрофизических свойств совместно деформируемых пород здесь широкое развитие получили структуры будинажа. Будинированию подверглись жесткие и хрупкие прослои и пачки кремнистых алевролитов и сланцев, а соседствующие с ними более пластичные тонкослоистые глинисто-кремнистые сланцы и туффиты смешанного состава (туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты с глинисто-кремнистым цементом) были интенсивно рассланцованы, перемяты и местами превращены в тектоническую глинку. В плане будины имеют в основном форму линз, вытянутых в север-северо-восточном направлении. Их длина достигает 25–30 м, ширина — 3–4 м.

С запада к меридиональной разломной зоне примыкает серия тектонических пластин крутого юго-восточного падения. Отдельные пластины сложены туфами и туффитами основного состава, листовитам без реликтов протолита, кварц-карбонат-хлоритовыми сланцами, образовавшимися по обломочным породам основного состава, габброидами и серпентинитами.

В вертикальном разрезе меридиональная разломная зона и северо-восточные разломы, ограничивающие тектонические пластины, образуют узкий расходящийся кверху веер (рис. 4). Нами он интерпретируется как цветочная структура. Анализ малых структурных форм (складок волочения, кинкбандов, оперяющих трещин, структур вращения порфириобластов и др.) позволил установить две основные фазы смещений по образующим его раз-

ломам: ранних — левых взбросо-сдвиговых и поздних — правосторонних. В качестве примера можно привести структурные данные, полученные при

картировании меридиональной разломной зоны в северной части карьера (рис. 5). Внутри зоны были выявлены конические складки  $F_1$  северо-восточного



**Рис. 3. Схема геологического строения карьера Ганеевского месторождения (составлена с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»)**

1 — зона окисления; 2–7 — карамалыташская свита ( $D_2e_2$ ): 2 — базальты, 3 — гиалокластиты, 4 — туфы основного состава, 5 — туффиты основного состава, 6 — рассланцованные и листвениitized глинисто-кремнистые сланцы, туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты, 7 — минерализованные будины кремнистых алевролитов и сланцев; 8 — диабазы и их брекчии ( $O_2?$ ); 9 — габбро и габбро-диориты; 10 — габбро-диабазы; 11 — серпентиниты; 12 — лиственииты; 13 — кварц-карбонат-хлоритовые сланцы; 14 — кварцевые жилы; 15 — зоны расланцевания и смятия с глиной трения; 16 — разломы; 17 — послерудные разрывные нарушения; 18 — геологические границы достоверные (а) и предполагаемые (б); 19 — линия профиля 15.07; 20 — проекции скважин; 21 — затопленная часть карьера.

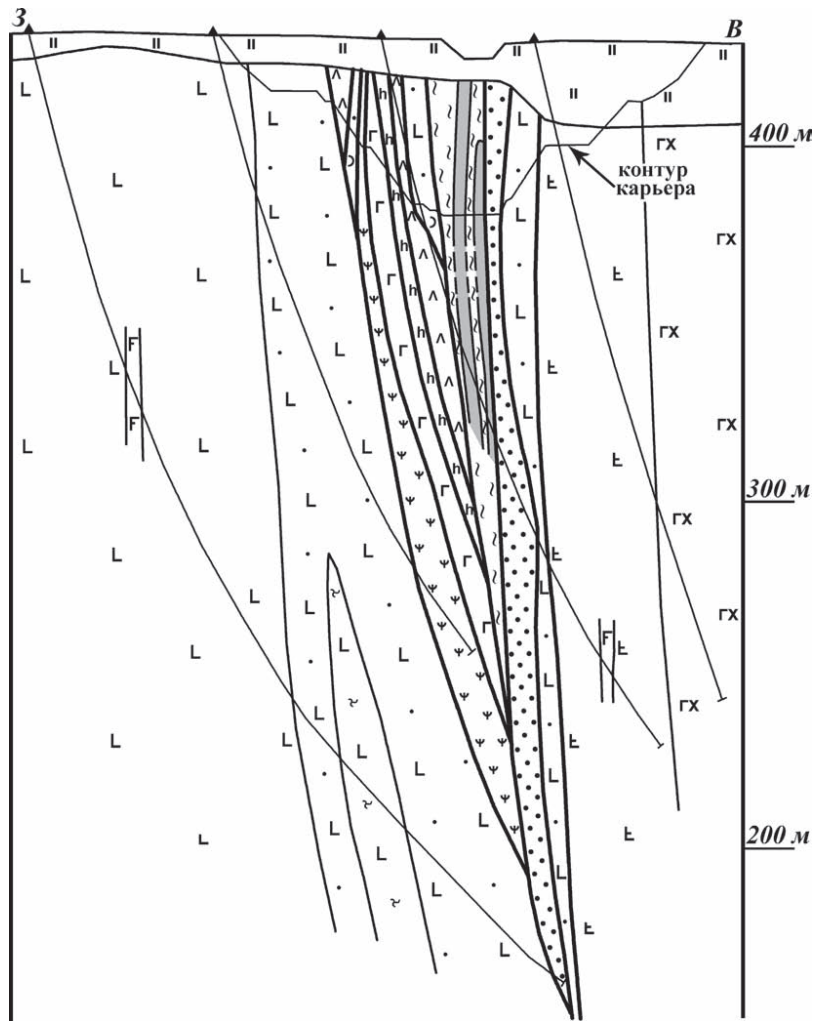


Рис. 4. Геологический разрез по профилю 15.07 (составлен с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»)

Условные обозначения см. на рис. 3.

направления, на которые наложены складки  $F_2$  такого же типа, но с северо-западным простиранием осей (рис. 5). Очевидно, что формирование складок  $F_1$  связано с левосторонними, а складок  $F_2$  — с правосторонними смещениями по разломной зоне. В условиях левосдвиговых дислокаций тектонический веер эволюционировал как позитивная цветочная структура. При смене знака сдвиговых движений он, по-видимому, был преобразован в негативную («тюльпановидную») цветочную структуру. Золоторудная минерализация Ганеевского месторождения образовалась в период поздних правосторонних движений по разломам тектонического веера.

На месторождении развито оруденение трех типов (от ранних к поздним): 1) прожилково-вкрапленное сульфидно-кварцевое, 2) прожилковое сульфидно-кварц-альбитовое и 3) жильное кварцевое убогосульфидное. Околорудные метасоматиты оруде-

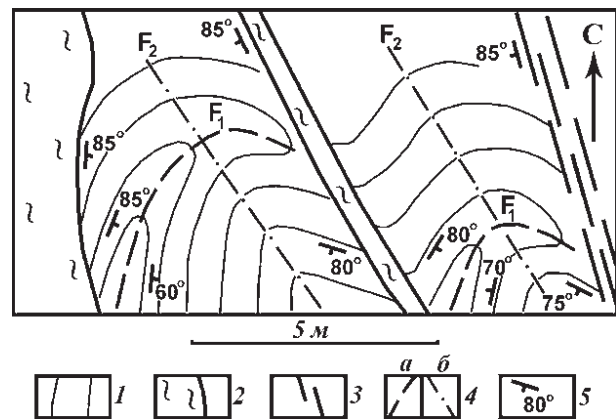


Рис. 5. Наложение поздних складок волочения  $F_2$  на ранние складки  $F_1$  в меридиональной сдвиговой зоне

1 — слоистые туфы основного состава; 2 — зоны расщелачивания; 3 — зеркала скольжения; 4 — оси складок  $F_1$  (а) и  $F_2$  (б); 5 — элементы залегания.



нения первого типа относятся к березитам и имеют карбонат-серицит-кварцевый состав. Среди рудных минералов преобладает пирит. Кроме того, присутствуют халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин, блеклая руда, магнетит, гематит и золото [Заботина и др., 2013]. В составе руд второго типа также доминирует пирит. Детально рудные минералы не изучены. Околорудные метасоматиты имеют пренит(?) - карбонат-кварц-альбитовый состав. По данным М.А. Заботиной с соавторами [2013], главным рудным минералом кварцевых жил является галенит, второстепенным — халькопирит. К редким рудным минералам относятся айкинит, полидимит, теннан-

тит, миллерит. Благородная минерализация представлена самородным золотом и теллуридами золота и серебра. Основное промышленное значение имеют первые два типа оруденения. Следует отметить, что на месторождении широко развитие получили дорудные листвениты кварц-карбонатного и фуксит-кварц-карбонатного состава.

Главной рудовмещающей структурой месторождения служит дуплекс, расположенный в меридиональной сдвиговой зоне. В его пределах ранняя прожилково-вкрапленная сульфидно-кварцевая минерализация приурочена к будинам кремнистых сланцев и туфоалевролитов (рис. 6А, Б). Внутри

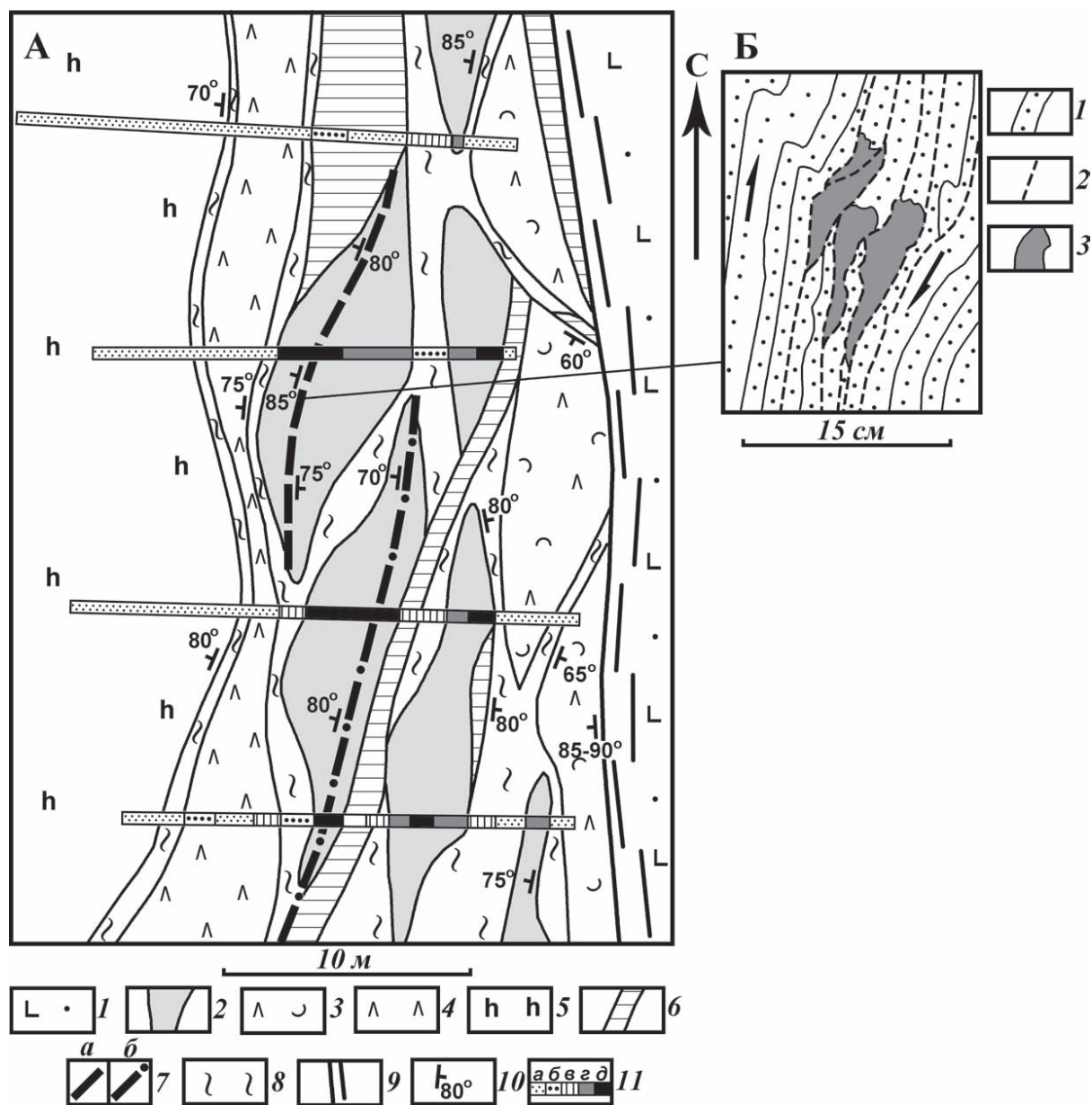


Рис. 6. Схема строения рудовмещающего дуплекса в северной части карьера (А) и фрагмент разрыва, вмещающего прожилково-вкрапленную сульфидно-кварцевую минерализацию (Б)

будин она локализована в правосторонних разрывах меридионального и северо-восточного направления (в основном в маломощных зонах рассланцевания и мелких трещин, часто наследующих слоистость), преимущественно в интервалах с большим азимутом простираения. Размещение жильно-прожилкового сульфидно-кварц-альбитового оруденения подчинено тем же закономерностям. Оно развито в мелких разрывах меридионального и северо-восточного простираения, которые концентрируются в будинах. Небольшие зоны сульфидно-кварц-альбитовой минерализации установлены в разрывах за пределами будин и рудовмещающего дуплекса. Большого промышленного значения они не имеют. Основными рудными телами месторождения являются минерализованные будины. В размещении позднего жильно-кварцевого оруденения ведущую роль играют структурные факторы. Кварцевые жилы локализованы в меридиональных правых сдвигах и северо-восточных трещинах отрыва.

Послерудная тектоника на Ганеевском месторождении проявлена слабо и существенного влияния на его структуру не оказывает. К числу наиболее крупных послерудных разломов относится сдвиг северо-восточного простираения, расположенный в южном борту карьера. Он смещает с правым знаком рудовмещающий дуплекс на расстояние около 5 м.

Таким образом, геолого-структурная позиция Ганеевского месторождения определяется приуроченностью к сдвиговому дуплексу растяжения, образовавшемуся в зоне регионального Карагайлинского разлома на месте транспрессивной структуры этого типа. Внутри дуплекса положение месторождения подчинено общей закономерности размещения оруденения в трансенсивных дуплексах, образующихся на ступенчатых перекрытиях сдвигов и характеризующихся значительным превышением длины над шириной. Оно залегает в дуплексообразующем (главном) сдвиге. В зоне этого сдвига золоторудная минерализация локализована в правосторонних разрывах меридионального и северо-восточного простираения, разрушающих дуплекс более высокого порядка. На месторождении отчетливо выражен

литологический контроль оруденения, который заключается в преимущественном развитии рудоносных разрывов в будинах кремнистых сланцев и туфоалевролитов.

Автор признателен главному геологу ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания» И.Б. Фадиной за помощь в проведении работ в эксплуатационном карьере.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и АН РБ (грант № 11-05-97021-р\_поволжье\_a).*

#### Литература:

**Заботина М.А., Краснокутская А.В., Блинов И.А.** Благородная минерализация в рудах месторождений Ганеевское и Контрольное (Учалинский район, Башкортостан) // Металлогения древних и современных океанов—2013. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов. — Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. — С. 174—178.

Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига / С.И. Шерман, К.Ж. Семинский, С.А. Борняков и др. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. — 262 с.

**Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М.** Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. — Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. — 318 с.

**Connolly P., Cosgrove J.** Prediction of fracture-induced permeability and fluid flow in the crust using experimental stress data // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. — 1999. — V. 83, — № 5. — P. 757—777.

**Cox S.F., Sun S.S., Etheridge M.A., Wall V.J., Potter T.F.** Structural and geochemical controls on the development of turbidite hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully Mine, central Victoria, Australia // Economic Geology. — 1995. — V. 90. — P. 1722—1746.

**Drew L.J.** Tectonic Model for the Spatial Occurrence of Porphyry Copper and Polymetallic Vein Deposits — Applications to Central Europe. U.S. Geological Survey. Scientific Investigations Report 2005—5272. — 36 p.

**Rogers D.A.** Analysis of pull-apart basin development produced by en echelon strike-slip faults // Sedimentation in oblique-slip mobile zones: International Association of Sedimentologists Special Publication 4. — 1980. — P. 27—41.

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

**Условные обозначения к рис. 6. А (составлена с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»):** 1 — туфы основного состава; 2 — минерализованные будины кремнистых алевролитов и сланцев; 3 — лиственизированные и рассланцованные тонкослоистые глинисто-кремнистые сланцы, туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты; 4 — лиственисты; 5 — кварц-карбонат-хлоритовые сланцы; 6 — кварцевые жилы; 7 — наиболее крупные разрывы (мощность показана вне масштаба), вмещающие прожилково-вкрапленную сульфидно-кварцевую (а) и прожилковую сульфидно-кварц-альбитовую (б) минерализацию; 8 — зоны интенсивного рассланцевания и смятия с глиной трения; 9 — зеркала скольжения; 10 — элементы залегания; 11 — бороздовые пробы; содержания золота в г/т (по данным ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»): а — < 0,4; б — 0,4—2; в — 2—4; г — 4—10; д — >10. **Б (зарисовка с фотографии):** 1 — березитизированные кремнистые туфоалевролиты и сланцы с вкрапленностью пирита; 2 — зоны рассланцевания с серицитом; 3 — сульфидно-кварцевые прожилки