



ЛОКАЛИЗАЦИЯ РУД ЗОЛОТА В РАЗЛОМАХ РАЗНЫХ ТИПОВ

Е.М. НЕКРАСОВ

ФГУНПП «Аэрогеология», ИАЦ «Минерал»
8, стр. 2, Академика Волгина ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: necrasov@mineral.ru

Излагаются результаты авторских и обобщающих работ отечественных и зарубежных геологов, изучавших размещение крупных и крупнейших золоторудных месторождений в зонах разломов, отличающихся строением рудоносных зон и сосредоточением в них запасов руд и золота различного масштаба. Рассмотрены главные причины таких различий. Наиболее протяжённые разломы на нашей планете — региональные сдвиги. Они непрерывно прослежены на сотни и многие сотни (до 1400) километров вдоль границ золотоносных поясов и провинций. Однако золоторудные месторождения локализованы в их зонах на чрезвычайно ограниченных («точечных») интервалах, не превышающих 3—5 км. Они всегда заключены между древними поперечными или косоориентированными разрывами глубокого, скорее всего мантийного заложения и проникновения. Во всех оруденелых разломах золоторудные тела локализуются в различных геолого-структурных ловушках, которые рассмотрены в статье и отражены на планах и разрезах. Узлы пересечения региональными сдвигами, а также взбросами и сбросами поперечных разломов (и дислокаций), выступают главными перспективными объектами при поисках и разведке месторождений. Очевидно, подобные узлы следует считать прямыми признаками возможного проявления руд золота. В качестве примера приводится детально изученное автором и другими геологами внутреннее строение мирового лидера — золотоносного Мурунтаусского (Северо-Восточного) локального сдвига (Узбекистан).

Ключевые слова: региональные и локальные сдвиги; взбросы; сбросы; месторождения; разрывы; руды золота.

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-6-33-43>

LOCALISATION OF GOLD ORES IN FAULTS OF DIFFERENT TYPES

EVGENIY M. NEKRASOV

Aerogeology Federal state unitary enterprise, Mineral IAC
8, p. 2, Akademika Volgina str., Moscow 117997, Russia
e-mail: necrasov@mineral.ru

The results of the author's and general works of domestic and foreign geologists, who studied the location of the largest gold deposits in fault zones, characterised by the structure of ore-bearing zones and the concentration of reserves of ores and gold of different scale in them, are presented. The main reasons for such differences are considered. The longest faults on our planet are regional shifts. They are continuously traced for hundreds (up to 1,400) of kilometres along the boundaries of gold-bearing belts and provinces. However, gold ore deposits are located in their zones at extremely limited (point) intervals not exceeding 3—5 km. They are always enclosed between ancient transverse or oblique-oriented fractures of deep, most likely mantle, formation and penetration. In all mineralised faults, gold ore bodies are localised in various geological and structural traps, which are considered in the article and are reflected in the plans and sections. The crossing nodes of regional shifts, as well as overfaults and faults of transverse faults (and dislocations), act as the main promising objects in the deposits search and exploration. Obviously, such nodes should be considered as direct signs of the possible evidence of gold ores. The internal structure of the world leader, gold-bearing Muruntausky (North-East) local shift (Uzbekistan), studied in detail by the author and other geologists, is given as an example.

Keywords: regional and local shifts; overfaults; faults; deposits; fractures; gold ores.

Крупнейший знаток рудных месторождений, геолог-исследователь В.М. Крейтер [8] выделил группу промышленно важных типов золоторудных месторождений, имеющих главное, основное экономическое значение. Он совершенно обоснованно считал, что типы месторождений различаются либо неодинаковой прочностью, хрупкостью рудовмещающей среды и неодинаковыми условиями образования залечивающихся рудой трещинных полостей, либо различным реакционным взаимо-

действием компонентов среды с компонентами поднимающихся золотосодержащих растворов и сопутствующих им газов и флюидов, либо тем и другим. Современные исследования показали [10], что подавляющее большинство крупных и крупнейших месторождений — 18 из известных 70 (с запасами более 300 т благородного металла и, в том числе, месторождений-гигантов с запасами более 1000 т) размещаются в зонах разломов как регионального, так и локального типов.



Как правило, зоны разломов представлены несколькими полосами сближенных расщепляющихся и вновь соединяющихся маломощных (доли метра или метры) зон мелкодробленной породы, участками сменяющейся умеренно- и крупнодробленной породы, которые пересечены разрывами [17]. Часть их вмещает руды золота. Зоны дробления обычно заключены между двумя субпараллельными (пограничными) тектоническими плоскостями висячего и лежащего бока. Раздробленные образования местами переходят в развальцованную и рассланцеванную, будинированную породу с оруденелыми зонками складок волочения или сменяются сухой окварцованной, иногда также хлоритизированной глиной трения. Все эти трещинные образования в различных комбинациях охватывают тектонически нарушенную породу между упомянутыми главными пограничными сместителями висячего и лежащего боков [17]. Некоторые наиболее благоприятные комбинации для локализации руд золота выступают геолого-структурными ловушками и вмещают руды и месторождения золота [1, 2, а также 12, 13].

В литосфере зоны региональных рудоносных сдвигов являются наиболее протяженными разломами [15]. Они непрерывно прослеживаются на многие сотни километров, например, вдоль складчатых и глыбово-складчатых поясов Кордильер и Анд Тихоокеанского рудного кольца, вдоль геопостроек Азиатского континента, вдоль северного и западного побережий Африки, в складчатых постройках Австралии, Чукотки и Аляски. Самый большой из них — Главный Филиппинский сдвиг — простирается на северо-запад, начиная от южного побережья о. Минданао вплоть до побережья Тихого океана по всем восточным островам Филиппинского архипелага на протяжении 1400 км [14]. Три полосы региональных сдвигов северо-западного направления, обрамляющих с востока и запада Западно-Австралийский щит, непрерывно прослежены на 400–600 км [3, 26]. Развитые в зоне этих нарушений крупные золоторудные месторождения Леонора, Вилуна, Мензиес, гигант Калгурли, Паддингтон, Сент-Айвс (Камблда), Норсмен и другие, обнаруживаются только на расстоянии 50–70 и более километров друг от друга. Рудоносные участки их используют короткие (не более 3–5 км) интервалы сдвигов и образуются при пересечении поперечных и кососекущих нарушений рудоконтролирующими разломами и дислокациями обычно древнего заложения.

Региональные и локальные сдвиги, пересекающие кососекущие и поперечные разломы и дислокации, образуют в области пересечения колонну наиболее тектонически деформированных пород,

погружающуюся в нижние уровни литосферы, и местами, видимо, достигающую мантийного вещества. Подобные узлы пересечений выступают наиболее перспективными участками для поисков скрытых (не выходящих на дневную поверхность) золоторудных тел и месторождений [24] (см. с. 10, рис. 3).

В этом отношении очень интересен пример размещения золотосеребряных месторождений, развитых в пределах Мексиканского рудного пояса [4, 9, 15]. Пояс тянется от границ западно-тихоокеанских глыбово-складчатых структур (и южной границы США) в юго-восточном направлении на расстояние более 200 км, как показано на схеме (рис. 1). Месторождения локализуются в пределах узких зон региональных сдвигов, протяженных продольно в осложняющихся ими глыбово-складчатых структурных постройках. Они сложены вулканитами позднемезозойского и кайнозойского возрастов. Всего прослежено 5 региональных субпараллельных сдвигов, протягивающихся на расстоянии 15–20 км один от другого.

Простираясь на юго-восток, сдвиги пересекают и местами смещают три полосы поперечных или косоориентированных (относительно сдвигов) северо-западных дорудных разрывов, видимо, более древнего заложения. Эти субпоперечные нарушения прослеживаются начиная от восточного побережья Мексиканского залива до активных окраинно-континентальных складчатых поясов западно-тихоокеанского побережья. Располагаются такие полосы субпоперечных разрывов на расстоянии 35–40 км одна от другой. Только на таком расстоянии между ними во всех пяти региональных сдвигах в узлах пересечения размещаются рудопроявления и месторождения золотосеребряных руд. В частности, второй и третий региональные сдвиги (считая на восток от тихоокеанского побережья) вмещают руды таких хорошо известных золотосеребряных месторождений, как Фреснильо, Сакатекас, Потоси, Гуанахуата и др. (рис. 1). Руды локализуются либо в сдвигах, либо в узлах, пересекаемых ими субпоперечных разрывов.

Впечатляет также аналогичная позиция золотосеребряных эпitherмальных и золото-меднопорфировых месторождений Канады в расположенной севернее золотоносной провинции Британская Колумбия [4, 7, 14, 15]. Здесь месторождения локализуются в рудных узлах пересечения региональными север-северо-западными сдвигами поперечных взбросо-сдвиговых дислокаций [4, 5]. Под ними Ф.Б. Кинг понимал все типы нарушений наряду с широтными разломами в Тихоокеанской океанической плите и их «следов» на континентальной Северо-Американской плите. В самой северной

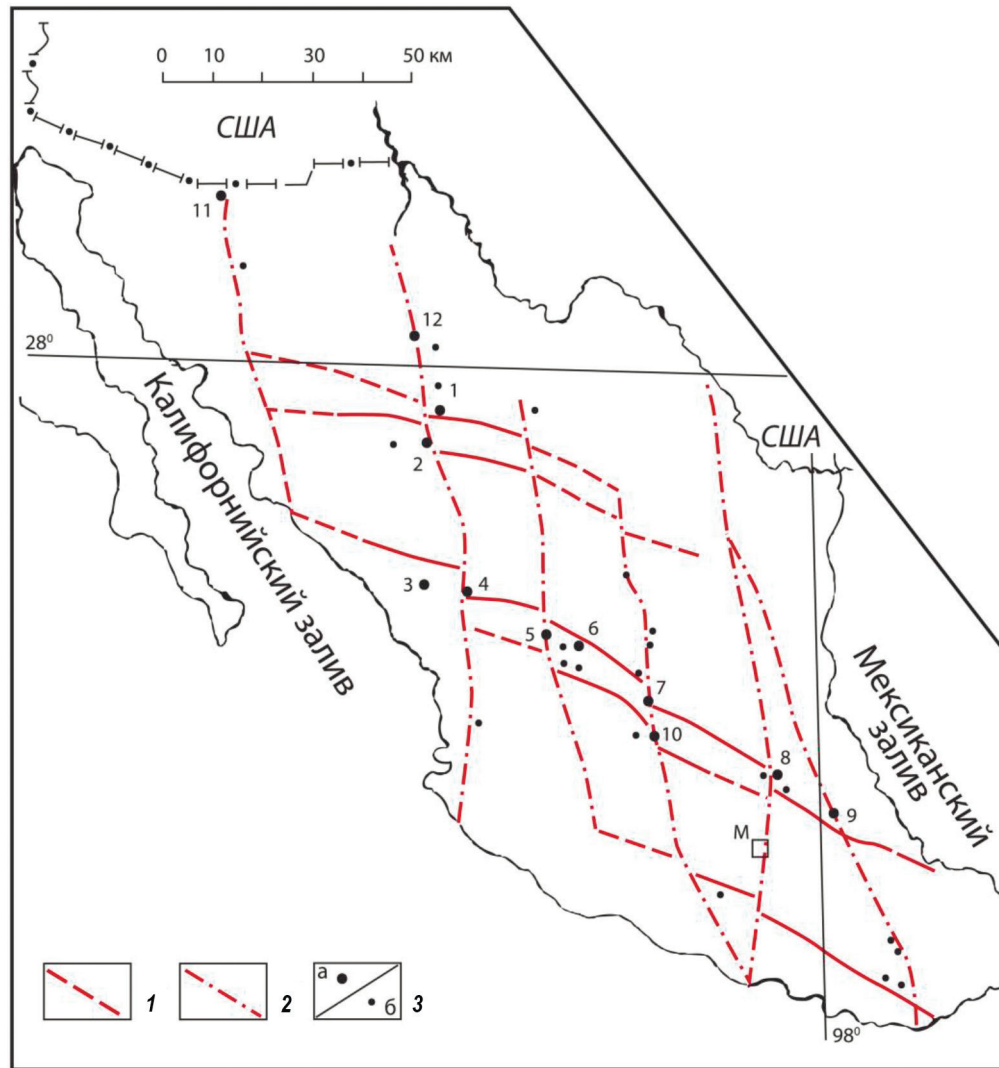


Рис. 1. Размещение золотосеребряных месторождений в глыбово-складчатых и складчатых геопостройках Мексиканского рудного пояса (по данным Экономической карты Мексики, изданной Моск. институтом геодезии и картографии: М.1985). Буквой М обозначена столица страны – Мехико. 1 – поперечные и кососекущие рудоконтролирующие трещинные нарушения глубокого и мантийного проникновения и их предполагаемые фланги и продолжения; 2 – региональные продольные, местами рудовмещающие разломы – сдвиги; 3 – золотосеребряные месторождения: а – крупные и б – рядовые, их названия под номерами: 1 – Франциско-дель-Оро, 2 – Санта-Барбара, 3 – Сан-Луис, 4 – Дуранго, 5 – Фреснильо, 6 – Сакатекас (рудный узел), 7 – Потоси (рудный узел), 8 – Пачука (рудный узел), 9 – Сьюдад, 10 – Гуанахуата, 11 – Кананеа (рудный узел), 12 – Чиуауа (рудный узел)

полосе дислокаций, проявленных в геопостройках хребта Скалистых гор, размещаются крупнейшие и крупные близповерхностные золотосеребряные месторождения Эскей-Крик, Скакум-Витон-ривер, Поларис-Такю, Тудогон и др., а также сопутствующие им крупные и хорошо известные золото-меднопорфировые месторождения Кемесс-Саут и Норт, Галор-Крик, Маунт-Миллиган и другие. В следующей зоне поперечных дислокаций, находящейся на 400–450 км юго-восточнее, разведаны золотосеребряные месторождения Карибу-Голд, Джуно, Кварц-Риф и золотосодержащие меднопорфировые Джибралтор, Маунт-Полли; в треть-

ей, южной полосе (вблизи границы с США) — золотосеребряные Брелорн, Росленд, Афтон и месторождения золото-меднопорфировых руд.

Можно также привести пример хорошо известного отечественного рудоносного Тенькинского регионального разлома (Колымо-Чукотская золотоносная провинция, Восточная Якутия [6, 10]). На его крайнем северо-западном фланге развито крупнейшее месторождение золото-прожилково-вкрапленных руд Дегдекан, затем, юго-восточнее, после безрудного интервала (более 12–15 км) — месторождение-гигант Наталкинское, протягивающееся полосой маломощных жил, прожилков и



преобладающей рудной вкрапленности почти на 5 км. Далее, после следующего безрудного интервала (примерно 7–8 км), находятся развитые вкрапленно-прожилковые руды месторождения Павлик (с запасами более 250 т золота). Все названные месторождения в зоне Тенькинского регионального сдвига размещаются только на участках, протяженных между субпоперечными широтными или запад-северо-западными (Геологический и Глухаринский разломы на Наталкинском месторождении), дорудными и местами золотосодержащими зонами дробления.

Таким образом, в пределах очень коротких («точечных») интервалов разломов (и в частности — сдвигов), в узлах пересечения ими субпоперечных разломов (и дислокаций), там, где от зон дробления отделяются протяжённые боковые ветви, а мощность зон дробления существенно возрастает, в пределах их (см. рис. 2) обнаруживаются две системы диагональных соединительных разрывов (связывающих тектонические поверхности висячего и лежащего бока разломов) и система продольных трещинных нарушений под экранирующей тектонической поверхностью висячего бока.

Указанные разрывы являются также трещинообразующими нарушениями и сопровождаются своими боковыми оперяющимися сколами и отрывами, а местами — пучками таких разрывов-апофиз. Вдоль большинства указанных разрывов в раздувах зон дробления (например, региональных сдвигах) обнаруживаются золоторудные тела преимущественно прожилковых, жильных и штокверковых сравнительно богатых руд, которые увеличивают среднее содержание золота во вкрапленных рудах зон дробления. Поэтому при оконтуривании в них золоторудных тел по низким бортовым содержаниям золота удаётся выделить золоторудные тела большой и очень большой мощности — в десятки и сотни метров. С.И. Шерман, К.Ж. Семинский и другие предполагают, что подобные системы разрывов, подвергшиеся оруденению, могли формироваться в результате проявления эффекта pull-apart zone [16, 17].

Такие известные зарубежные геологи, как В. Линдгрэн [9], В. Эммонс [21], и отечественные геологи, например, В.Е. Хаин [18], а также С.Д. Шер в своём двухтомнике [14], М.М. Константинов [6] и многие другие подтвердили, что

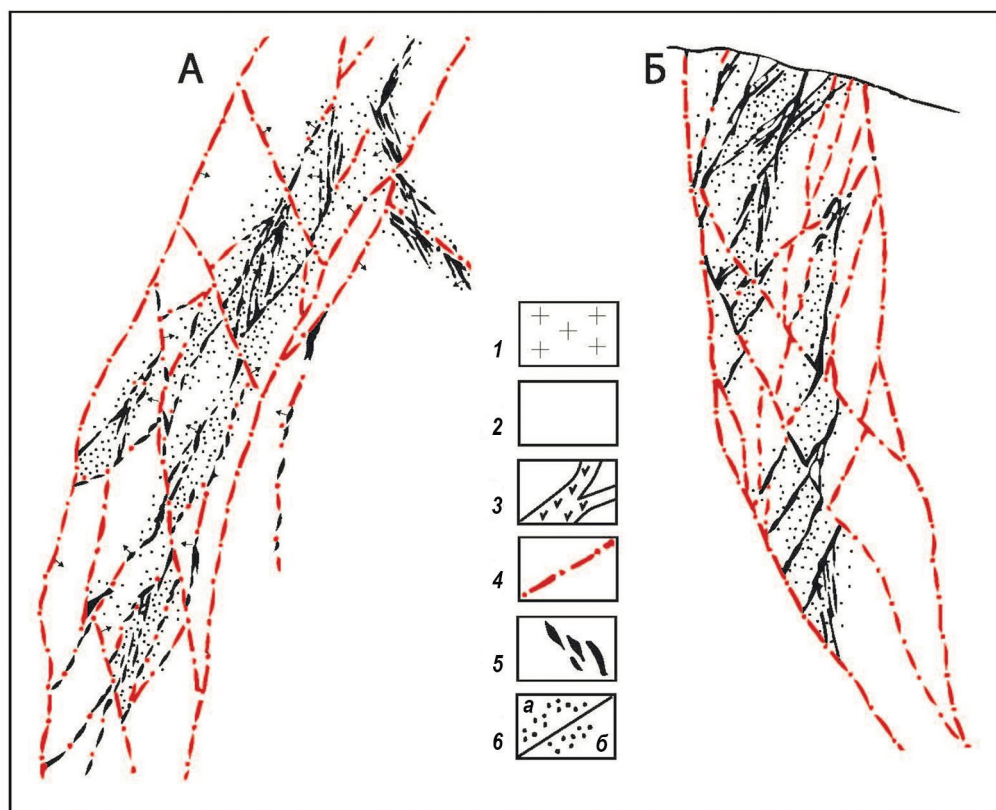


Рис. 2. Типовое внутреннее строение зоны рудоносного сдвига: А—план, Б—разрез. Рудовмещающие породы: 1—нередко проявленные гранитоиды; 2—прочие породы висячего бока; 3—жильные породы, преимущественно порфиритовые; 4—главные тектонические поверхности висячего и лежащего бока разлома, соединительные и прочие разрывы, обозначенные более коротким штрихом; 5—жильные, линзообразные, прожилковые и штокверковые золоторудные тела сравнительно богатых руд; 6—вкрапленность рудных (в том числе золотосодержащих) минералов, сопровождающихся тонкими включениями золота: а—обильная, б—рядовая



золотоносные интервалы, участки региональных сдвигов и месторождения золота в них заключены исключительно между более ранними зонами поперечных или косоориентированных трещинных нарушений и дислокаций. По-видимому, это нарушения глубокого, скорее всего, мантийного проникновения.

Создаётся впечатление, что, по крайней мере, в зонах активных окраин континентов, в островных дугах, в пограничных зонах щитов и кратонов, вдоль границ мегагеопостроек прослеживаются системы продольных (по отношению к постройкам) субпараллельных региональных сдвигов и взбросо-сдвигов, контролирующих размещение месторождений золота. Расстояния между такими субпродольными региональными рудоконтролирующими разломами колеблются от нескольких километров (например, в районах месторождений Паскуа-Лама и Эль-Индио, Южно-Американские Анды, см. [10], с. 159, рис. 66, а также [19, 20, 22, 24, 25]), до 50–60 км вдоль границ щитов и кратонов.

Основываясь на этих материалах, автор считает возможным признать, что в пределах региональных сдвигов рудообразование охватывало только отдельные изолированные (автономные) и короткие («точечные») участки очень протяжённых нарушений. Они характеризовались преобладающими не сдвиговыми, а локальными (автономными) вертикальными движениями типа взбросов (при преобладающих условиях общего сжатия) или сбросов (при растяжении, расширении тектонически деформировавшегося пространства). По представлению автора, только такие типы перемещений пород (или мантийных масс), примыкающих к главным сместителям, могли «взломать» на сравнительно большой глубине кровлю материнских интрузий в астеносферном «языке» мантии, заключающем золотосодержащий раствор.

Имеется много примеров месторождений, характеризующихся подобными автономными внутрирудными перемещениями в пределах очень ограниченных участков протяжённых региональных сдвигов. Думается, что наиболее убедительными будут крупнейшие золоторудные месторождения и месторождения-гиганты. Выше автор уже упоминал, что в зоне Тенькинского регионального сдвига (Якутия) оруденение на Наталкинском месторождении-гиганте, и юго-восточнее — на месторождении Павлик (более 250 т золота) протекало в процессе преобладающих автономных взбросовых перемещений в зоне рудоносного разлома. Северный фланг Наталкинского месторождения в узле пересечения сдвиговой зоной поперечного Геологического разлома оказался детально откартированным ([10], рис. 13, план и разрез). Исходя

из взаимоотношения рудоносных разрывов, геологами признано, что оруденение протекало на фоне автономных внутрирудных взбросов и сдвиго-взбросов.

Аналогичные примеры известны и за рубежом. Одним из них является гигантское месторождение Калгурли в Западно-Австралийском щите, которое развито к северо-западу от узла пересечения региональным разломом-сдвигом Боулдер-Лефрой поперечного разлома Аделаида (см. [10], с. 82–84, рис. 29 и 30). Другие примеры — крупнейшее месторождение Голд-Кворри в узле пересечения сдвиговой зоной Гуд-Хоуп поперечного разлома Голд-Кворри с серией взброшенных и подвергшихся оруденению блоков наиболее древних в районе (США, шт. Невада) глинистых силурийско-девонских известняков (с. 174, рис. 75); субвертикальные «сбросовые» жилы (меридианального направления) на месторождении-гиганте Ашанти (Обуаси) в поперечном перегибе региональной северо-восточной сдвиговой зоны рассланцевания Престеа-Ашанти в Гане (Юго-Западная Африка, см. с. 62–68); узел пересечения разломов-сдвигов Ла-Кинуа и Тапада поперечными разрывами на месторождении-гиганте Янакоча в Перу [23]; а также «точечные» внутрирудные взбросы на оруденелых участках месторождений Гуанахуата и Потоси (см. рис. 1) в Мексике и пр. Оруденелые участки сдвигов всюду характеризуются резкими перегибами главных сместителей, от которых в зоны дробления отделяются системы соединительных трещинных нарушений, подвергающихся оруденению. Оказалось также, что они выступают и в качестве *трещинообразующих разрывов*, ответвляющихся от них своих оперяющих боковых отрывов и сколов, связывающих в разломах главные сместители висячего и лежащего боков *в единую трещинную систему*.

В результате на оруденелых участках от таких «стыковок» внутрь зон разломов отделяются довольно многочисленные пучки *соединительных разрывов*. Как показано на схеме (рис. 2), соединительные нарушения сопровождаются прожилками-апофизами, залечивающими мелкие боковые, но многочисленные оперяющие сколы. Кроме того, они нередко сопровождаются полосами мелкой и тонкой метасоматической вкрапленности пирита, арсенопирита, халькопирита, блёклых руд и других рудных минералов. Со многими из них ассоциируются мелкие и мельчайшие включения и «зёрнышки» собственно золота, а на близповерхностных месторождениях — теллуридов и сульфосоев золота и серебра.

В отличие от региональных, локальные разломы-сдвиги выступают, как правило, трещинными

нарушениями высоких порядков. Они отличаются умеренной мощностью. Масштабные золоторудные тела локализуются во внутриразломной зоне, в нескольких системах трещин и маломощных зон дробления (рис. 2). Обычно удается обнаружить две системы таких оруденелых нарушений: 1 — простирающихся почти вдоль главных сместителей — субпродольных разрывов, но падающих (погружающихся) в обратном направлении; и 2 — смещающих их крутопадающих разрывов, косо и почти поперечно-ориентированных к главным сместителям. Последние разрывы преимущественно выступают нарушениями, соединяющими сместители. Обе системы разрывов, как отмечалось, являются и трещинообразующими разрывами [17] (см. с. 10, рис. 3).

Наиболее интересная геолого-структурная обстановка иногда наблюдается на флангах локальных сдвигов и взбросо-сдвигов. В такой обстановке главные сместители (особенно висячего бока) затухают, расщепляются и при этом сопровождаются многочисленными пучками сближенных рудоносных боковых оперяющих сколов.

Примером таких локальных сдвигов может служить Северо-Восточный или Мурунтаусский сдвиг на одноимённом месторождении — мировом лидере по запасам золота. По наблюдениям автора [11] и других геологов, оруденелый северо-восточный фланг этого месторождения и рудоносного разлома-сдвига на протяжении более километра сопровождается непрерывной полосой, состоящей из пучков оперяющих оруденелых сколов северо-восточного и восток-северо-восточного простирания. Они погружаются под углами 60—75° на юго-восток (рис. 3). Эти сколы *соединительного типа* залечены рудными золото-шеелит-кварцевыми и золото-пирит-арсенопирит-кварцевыми прожилками, сопровождающимися мелкими и тонкими вкраплениями рудных минералов и золота. Участки таких штокверковых руд чередуются с прожилковыми и вкрапленными [10, 11].

Мурунтаусский (Северо-Восточный сдвиг) вмещает большую часть запасов руды и золота на месторождении (с извлечённым металлом — около 4000 т). Сдвиг развился в однородной мощной

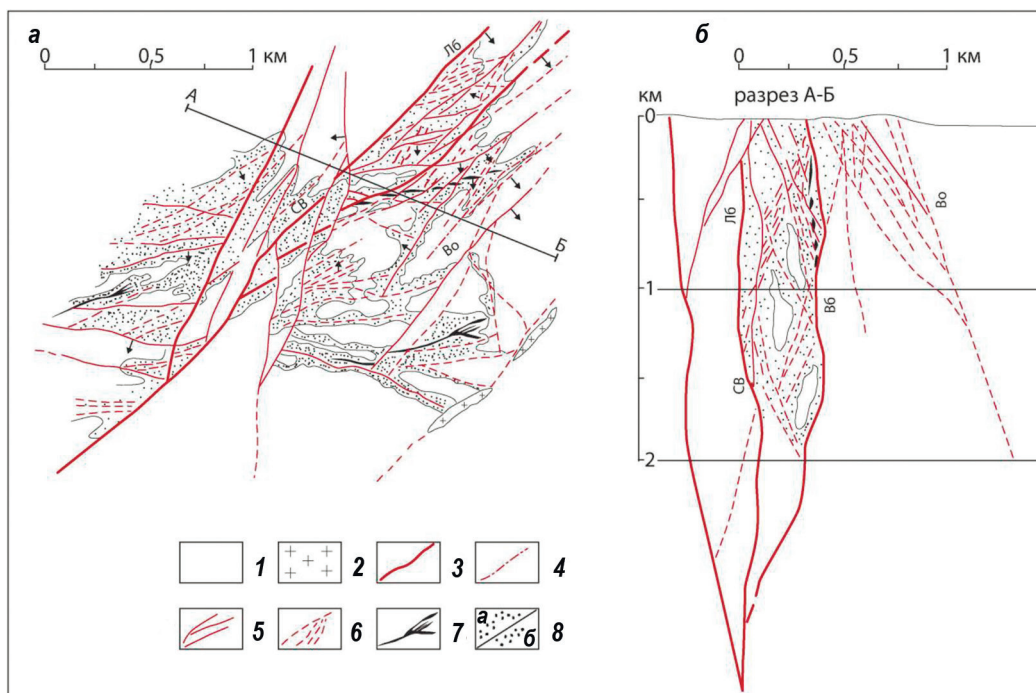


Рис. 3. Мировой лидер - месторождение Мурунтау (Узбекистан). Внутреннее строение зоны рудоносного Северо-Восточного (Мурунтаусского) разлома и примыкающих территорий: а — план, б — разрез по линии А-Б. 1 — толща переслаивающихся слюдястых алевролитовых, аргиллитовых, глинистых и филлитовых сланцев с прослоями песчаника (поздние нижнепалеозойские породы); 2 — дайки кварц-диорит-сиенитовых порфиров (породы позднего палеозоя); 3—6 — трещинные нарушения позднего палеозоя: 3 — разломы, в том числе, локальный Северо-Восточный (СВ) сдвиг с главными сместителями висячего бока (ВБ) и лежащего бока (ЛБ); 4 — основной ограничитель оруденения висячего бока сдвига (Вб); 5 — сравнительно сосредоточенные дорудные разрывы (в том числе, соединительные, связывающие сместители висячего и лежащего боков рудоносного Северо-Восточного сдвига; 6 — прочие дорудные разрывы, в том числе зоны мелкой трещиноватости; 7 — массивные золоторудные жилы богатых руд арсенопирит-пирит-шеелит-кварцевого состава, залечивающие трещины отрыва (сдвига-раздвиги), оперяющие Северо-Восточный рудоносный сдвиг; 8 — золоторудная вкрапленность, главным образом, арсенопирит-пиритового состава: а — обильная, б — рядовая



толще переслаивания слюдистых алевролитовых, аргиллитовых, глинистых и филлитовых сланцев с прослоями песчаника. Перечисленные породы датируются ранним нижним палеозоем. Основные запасы руд и золота в сдвиге и сопровождающих разрывах оказались сосредоточенными на его интервале, протягивающимся в 2,0—3,6 км к северо-востоку от Южного разлома.

В пределах главного рудоносного интервала оруденение, как отражено на рис. 3, размещается между двумя главными сместителями — висячего и лежащего бока. Между ними оказалась развитой внутриразломная зона, мощностью от 70—80 м в начале и до 220 м на северо-востоке. В пределах внутриразломной зоны оказались сформированными 2 системы оруденелых разрывов, соединяющих поверхности главных сместителей: 1 — разрывы восток-северо-восточного субши-

ротного направления с падением 70—80 градусов в южные румбы; и 2 — *продольные* (по отношению к сместителю висячего бока) зоны мелкой трещиноватости север-северо-восточного субмеридианального простирания, круто падающие на запад. Разрывы первого направления как бы разделили зону сдвига на чередующиеся и круто погружающиеся пластины деформированных и оруденелых пород, рассечённых мелкой трещиноватостью. В пределах пластин локализовались маломощные и тонкие (до волосовидных) прожилки золото-арсенипирит-пирит-шеелитового состава, слагающие штокверковые и прожилковые тела, окаймлённые вкрапленностью золотосодержащих сульфидов и включениями тонкого золота. Вдоль сместителя висячего бока (на рис. 3 — Вб), кроме того, на протяжении почти километра развилась *непрерывная полоса* оруденелых боковых оперяющих

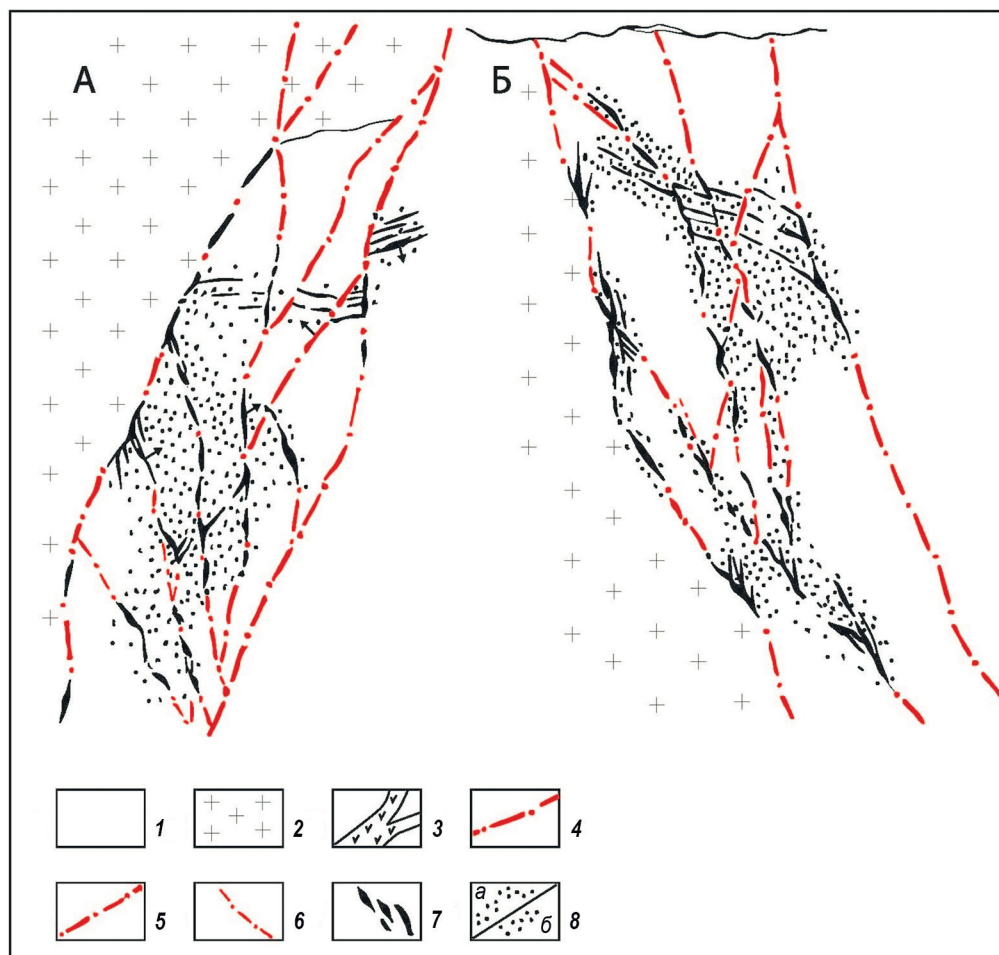


Рис. 4. Типовое внутреннее строение зон рудоносных взбросов: А — план, Б — разрез. 1 — терригенные, песчанико-глинисто-сланцевые, сланцевые, карбонатные, вулканогенные, метаморфические и другие смещённые породы висячего бока; 2 — нередко гранитоидные породы лежащего бока; 3 — дайки и малые штоки интрузивных и субвулканических пород; 4 — трещинные нарушения главных сместителей; 5 — подчинённые им разрывы, в том числе соединительные; 6 — прочие мелкие разрывы; 7 — золоторудные тела жильного, прожилкового, линзообразного и штокверкового типа со сравнительно богатыми рудами; 8 — вкрапленность рудных минералов (в том числе золотосодержащих) и тонкие включения минералов золота и серебра: а — обильная, б — рядовая

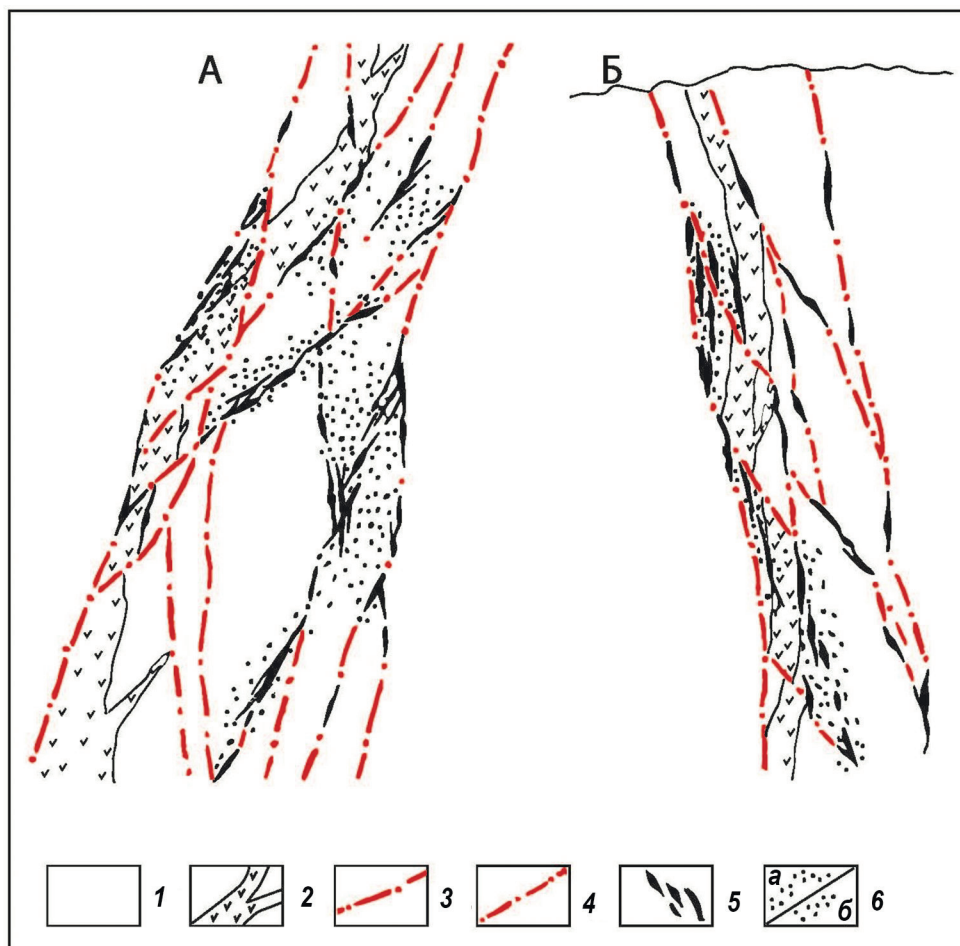


Рис. 5. Типовое внутреннее строение зон рудоносных сбросов: А – план, Б – разрез. 1 – рудовмещающие породы; 2 – дайки и малые штоки интрузивных и субвулканических пород; 3 – тектонические поверхности главных сместителей; 4 – прочие, в том числе соединительные разрывы; 5 – жильные, линзообразные, прожилковые тела богатых руд; 6 – вкрапленность рудных, в том числе золотосодержащих минералов: а – обильная, б – рядовая

сколов, в связи с чем мощность рудного тела на фланге сдвига выросла до 500 м, а местами и более. В разрезе (рис. 3, б) большая часть оруденелых пластин внутриразломной зоны, как бы кулисообразно сменяя друг друга, достигает поверхности сместителя лежачего бока (на рис. 3, б – Лб). Оруденелые пластины и руда в целом прослеживаются в разрезе до глубин около 2 км от современной поверхности (рис. 3, б).

При проявлении локальных золотоносных взбросов или взбросовых перемещений в изолированных, очень непротяжённых участках региональных разломов, руды золота используют сравнительно выположенные перегибы пограничной тектонической поверхности лежачего бока (рис. 4). Нередко она является контактовой зоной гранитоидных массивов (например, на Зун-Холбинском месторождении, Россия, или на Крипл-Крик в США). Иная структурная обстановка в оруденелых локальных сбросах. В случае их проявления

наиболее подвижными и оживляющимися в зонах разломов выступают трещинные нарушения, тяготеющие к пограничным тектоническим поверхностям лежачего бока, либо к полосе нередко проявленных в зонах сбросов даек и штоков малых интрузивов (рис. 5). Особенно перспективны участки крутопадающих перегибов тектонических поверхностей лежачего бока разломов, где скапливаются прожилковые тела вдоль боковых (местных) сколов, оперяющих соединительные разрывы. При этом обильная рудная вкрапленность (с золотом) охватывает не только погруженные породы в зоне разломов, но и тела даек и штоков.

Заключение

Изложенные материалы позволяют сделать следующие выводы.

1. Золоторудные месторождения различных типов, особенно с крупными и крупнейшими (бо-



лее 300 т) запасами благородного металла, обычно размещаются в зонах разломов, характеризующихся довольно закономерным внутренним строением их зон и направлениями перемещений в период оруденения.

2. Наиболее протяжёнными нарушениями на нашей планете выступают региональные сдвиги, непрерывно прослеживающиеся на сотни и даже многие сотни километров по границам золотоносных поясов и провинций. Однако участки золоторудных месторождений в их зонах занимают только короткие («точечные») интервалы, не превышающие 3—5 км. Они чередуются с протяженными безрудными интервалами, вытягивающимися на 60—80 км и более. При меньшей протяжённости региональных сдвигов длина безрудных интервалов сокращается до первых десятков километров и километров.

3. Рудоносные участки и месторождения в зонах региональных сдвигов размещаются между субпоперечными трещинными нарушениями и дислокациями древнего заложения, а также, глубокого, возможно мантийного, проникновения.

4. В региональных сдвигах в период оруденения, в узлах пересечения субпоперечных разломов и дислокаций скорее всего происходили не сдвиговые, а взбросовые (в обстановке общего сжатия) или сбросовые (в обстановке растяжения) перемещения. Зоны пересечений, погружающиеся на глубину, служили рудоподводящими каналами для локализуемых выше руд. Корни продольных и поперечных нарушений (особенно контактового типа) могли проникать вплоть до кровли материнских интрузий и провоцировать рудообразующий процесс. Аналогичная ситуация характеризовала и непротяжённые локальные нарушения, обычно выступающие боковыми рудоконтролирующими ветвями протяжённых разломов.

5. В региональных и локальных сдвигах, во взбросах и сбросах золоторудные зоны и рудные тела преимущественно локализируются во внутризонных разрывах — в двух системах соединительных нарушений, связывающих пограничные тек-

тонические поверхности сместителей висячего и лежащего бока, и в продольных разрывах под экранирующей поверхностью сместителя висячего бока, а также и на выположенных перегибах лежащего бока, в различных комбинациях трещин, образующих разнообразные структурные ловушки. В пределах ловушек, типовая обстановка размещения которых приведена, происходила локализация золоторудных тел.

6. Наиболее перспективными главными среди благоприятных структурных позиций для поисков и разведки скрытых золоторудных месторождений выступают участки (узлы) пересечения субпоперечных разломов и дислокаций. К ним необходимо относить не только поперечные дорудные разломы, но и грабенообразные впадины, границы резкой смены пород, непротяжённые поперечные складки и флексуры, резкие прямолинейные окончания магматических тел и прочие геологические элементы. Особенно перспективны узлы пространственного совмещения контактных зон разломов с выходами кварц-диорит-порфировых, гранодиорит-порфировых и других гранитоидных пород (при поисках глубокосформированных руд) или андезит-риолит-гранодиоритовых образований (при поисках близповерхностных руд). Обнаружение любых минеральных проявлений (включая метасоматиты), должно быть заверено буровыми скважинами, так как «кровля» скрытых промышленных рудных тел может располагаться на глубине всего в десятках — первых сотнях метров от древней палеоповерхности, а при слабой эрозии, и от современной поверхности.

7. Из приведенного материала следует важнейший вывод — узлы пересечения поперечных разломов и геологических дислокаций следует рассматривать в качестве *прямых поисковых признаков возможной локализации скрытых руд золота*.

Автор надеется, что учёт рассмотренных и наиболее часто обнаруживаемых структурных ловушек и обстановок размещения золоторудных тел и месторождений в разломах помогут существенно сократить сроки разведки и затраты на проведение ГРП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М.: Госгеолтехиздат. 1953, переизд. АН СССР. 1962. 305 с.
2. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Месторождения золота. С. 274—302. / Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра. 1982. 383 с.
3. Вудолл Р. Месторождения золота. С. 541—555. // Золото в докембрийском щите Западной Австралии. Полезные ископаемые Австралии и Папуа Новой Гвинеи. М. Наука. 1980. Т. 1. 630 с.
4. Кинг Ф.Б. Вопросы тектоники Северной Америки. М.: 1969. Изд. МГУ.
5. Кинг Ф.Б. Тектоническая карта Северной Америки. // Тектонические карты континентов на XXII сессии Междунар. геол. конгресса. М. Наука. 1967
6. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. М.: Недра. 1984. 168 с.
7. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М. Научный мир. 2006. 355 с.
8. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Госгеолтехиздат. 1956., переизд. 1960. 332 с.



9. Линдгрэн В. Месторождения золота и платины. М.—Л.: «Цветметиздат». 1932. с.
10. Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В. Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. М.: «ООО Астрей-центр». 2015. 191 с.
11. Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В., Косо-вец Т.Н. Систематика, структура и запасы золоторудных месторождений. М.: «ООО Астрей-центр». 2019. 241 с.
12. Смирнов В.И. Геологические условия образования полезных ископаемых: С. 59–91; Гидротермальные месторождения: С. 224–345 // Геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра. 1976. 698 с.
13. Смирнов В.И., Рыженко Л.М. Некоторые особенности образования и размещения ртутных месторождений // Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Изд. АН СССР. 1958. Т. 1. С. 289–301.
14. Шер С.Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия и Океания). М.: Недра. Т. 1. 1972. 295 с.; (Европа, Азия, Южная Америка). Т. 2. 1974. 256 с.
15. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск. Наука. 1991. 261 с.
16. Семинский К.Ж., Гладков А.С., Лунина О.В., Тугари-на М.А. Внутренняя структура континентальных разлом-ных зон. Прикладной аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2005. 291 с.
17. Шерман С.И., Семинский К.Ж. Тектонофизические ис-следования в Институте земной коры СО РАН: принци-пальные достижения и актуальные задачи. Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. С. 4–23.
18. Хаин В.Е. Региональная тектоника. Северная и Южная Америка. М.: Недра. 1971. 548 с.
19. Bissig T., Clark A.H., Lee J.K.W. and Hodgson C.J. Miocene landscape evolution and geomorphologic controls on epithermal processes in the El Indio-Pascua Au-Ag-Cu belt, Chili and Argentina // Econ. Geol. 2002. V. 97. N 5. P. 971–996.
20. Camus F. The geology of hydrothermal gold deposits in Chili // Journal of geochemical exploration. 1990, V. 36. N 197.
21. Emmons W.H. Gold deposits of the world. Mc Graw-Hill Book company. New-York and London. 1937. 562 p.
22. Noble D.C., McKee E.N. The miocenometallogenic belts of Central and North Peru // Geology and ore deposits of the Central Andes. Society of Econ. Geol. 2000, Spec. publ. N 7. P. 155–175.
23. Sillitoe R.H. Characteristics and controls of the largest por-phyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region // Australian journal of earth sciences. 1997, V. 44. N 2, P. 373–388.
24. Sillitoe R.H. Gold metallogeny of Chili — an introduction // Econ. Geol. 1991, V. 86. N 7, P. 1187–1205.
25. Teal L. and Benavides A. History and geologic overview of the Yanacocha mining district, Cajamarca, Peru. // Econ. Geol. 2010, V. 105. N 7. P. 1173–1190.
26. Weinberg R.F., Boryh P., Bateman R.J., Groves D.I. Kinematic history of the Boulder-Lefroy shear zone system and controls on associated gold mineralization, Yalgarnacration, Western Australia // Econ. Geol. 2005, V. 100. N 7. P. 1407–426.

REFERENCES

1. Vol'fson F.I. Problemy izuchenija gidrotermal'nyh mesto-rozhdenij. [Problems of studying hydrothermal deposits]. Gosgeoltechizdat. 1953. Transactions of the Academy of Sciences of the USSR, 1962, 305 p. (in Russian)
2. Vol'fson F.I., Druzhinin A.V. Mestorozhdenija zolota. [Gold deposits], pp. 274–302. Major types of ore deposits. M., Nedra Publ., 1982, 383 p. (in Russian)
3. Vudoll R. Mestorozhdenija zolota. S. 541–555. Zoloto v dokembrijskom shhite Zapadnoj Avstralii. Poleznye iskopaemye Avstralii i Papua Novoj Gvinei. [Gold deposits], pp. 541–555. Gold in Precambrian shield of Western Australia. Ore deposits of Australia and Papua New Guinea. M., Nauka Publ., 1980, Vol. 1, 630 p. (in Russian)
4. King F.B. Voprosy tektoniki Severnoj Ameriki [Questions of tectonics of North America]. M., 1969, Publishing house of MSU, 1969. (in Russian)
5. King F.B. Tektonicheskaja karta Severnoj Ameriki. Tektoni-cheskie karty kontinentov na HHII sessii Mezhdunar. geol. kongressa [Tectonic map of North America. Tectonic maps on the XXII-th session of International Geology Congress]. M., Nauka Publ., 1967. (in Russian)
6. Konstantinov M.M. Zolotoe i serebrjanoe orudnenie vulkano-gennyh pojasov mira. [Gold and silver mineralization of volcanogenic belts of the world]. M., Nedra Publ., 1984, 168 p. (in Russian)
7. Konstantinov M.M. Zolotorudnye provincii mira. [Gold pro-vinces of the world]. M., Scientific world, 2006, 355 p. (in Russian)
8. Krejter V.M. Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. [Searches and explorations of ore deposits]. Gosgeoltechizdat, 1956, republish 1960, 332 p. (in Russian)
9. Lindgren V. Mestorozhdenija zolota i platiny. [Deposits of gold and platinum]. M.—L.: «Tsvetmetizdat», 1932. (in Russian)
10. Nekrasov E.M., Dorozhkina L.A., Dudkin N.V. Osobennosti geologii i struktury krupnejshih zolotorudnyh mestorozhdenij jendogennogo klassa. [Distinctive features of geology and structure of major gold deposits of endogenic class]. M.: «Astrea-Centre Ltd.», 2015, 191 p. (in Russian)
11. Nekrasov E.M., Dorozhkina L.A., Dudkin N.V., Kosovets. Sistematika, struktura i zapasy zolotorudnyh mestorozhdenij. [Systematics, structure and reserves of gold deposits]. «Astrea-Centre Ltd.», 2019, 241 p. (in Russian)
12. Smirnov V.B. Geologicheskie uslovija obrazovanija poleznyh iskopaemyh: S. 59–91; Gidrotermal'nye mestorozhdenija: S. 224–345. Geologija mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. [Geological conditions of formation of ore deposits, pp. 59–91, Hydrothermal deposits], pp. 224–345, M., Nedra Publ., 1976, 698 p. (in Russian)
13. Smirnov V.I., Ryzhenko L.M. Nekotorye osobennosti obrazova-nija i razmeshhenija rtutnyh mestorozhdenij. Zakonomernosti raz-meshhenija poleznyh iskopaemyh. [Certain specific features of formation and distribution deposits of Mercury. Regularity of distribution of ore deposits]. M., Publishing House of Academy of Sciences of the USSR, 1958, Vol. 1, pp. 289–301. (in Russian)
14. Sher S.D. Metallogenija zolota (Severnaja Amerika, Avstralija i Okeanija). [Metallogeny of gold (North America, Australia and Oceania)]. M., Nedra Publ., Vol. 1, 1972, 295 p.; (Europa, Asia, South America), Vol. 2, 1974, 256 p. (in Russian)
15. Sherman S.I., Seminskij K.Zh., Bornjakov S.A. i dr. Razlomo-obrazovanie v litosfere. Zony sdviga. [Fault-formation in litho-sphere. Zones of shift]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, 261. (in Russian)



16. Seminskij K.Zh., Gladkov A.S., Lunina O.V., Tugarina M.A. Vnutrennjaja struktura kontinental'nyh razlomnyh zon. Prikladnoj aspekt. [Internal Structure of Continental Fault Zones. Applied Aspect]. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS Branch «GEO», 2005. (in Russian)
 17. Sherman S.I., Seminskij K.Zh. Tektonofizicheskie issledovanija v Institute zemnoj kory SO RAN: principial'nye dostizhenija i aktual'nye zadachi. Geodinamika i tektonofizika. [Tectonophysical research at Institute of the Earth's crust SB RAS: major achievements and actual problems]. 2010, V. 1, no. 1, pp. 4–23. (in Russian)
 18. Hain V.E. Regional'naja tektonika. Severnaja i Juzhnaja Amerika. [Regional tectonic. North and South America]. M., Nedra Publ., 1971, 548 p. (in Russian)
 19. Bissig T., Clark A.H., Lee J.K.W. and Hodgson C.J. Miocene landscape evolution and eomorphologic controls on epithermal processes in the El Indio-Pascua Au-Ag-Cu belt, Chili and Argentina. *Econ. Geol.*, 2002, V. 97, no 5, pp. 971–996.
 20. Camus F. The geology of hydrothermal gold deposits in Chili. *Journal of geochemical exploration*, 1990, V. 36, no. 197.
 21. Emmons W.H. Gold deposits of the world. Mc Graw-Hill Book company. New-York and London, 1937, 562 p.
 22. Noble D.C., McKee E.N. The miocenemetallogenic belts of Central and North Peru. *Geology and ore deposits of the Central Andes. Society of Econ. Geol.*, 2000, Spec. Publ, no. 7, pp. 155–175.
 23. Sillitoe R.H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region. *Australian journal of earth sciences*, 1997, V. 44, no. 2, pp. 373–388.
 24. Sillitoe R.H. Gold metallogeny of Chili — an introduction. *Econ. Geol.*, 1991, V. 86, no. 7, pp. 1187–1205.
 25. Teal L. and Benavides A. History and geologic overview of the Yanacocha mining district, Cajamarca, Peru. *Econ. Geol.*, 2010, V. 105, no. 7, pp. 1173–1190.
 26. Weinberg R.F., Boryh P., Bateman R.J., Groves D.I. Kinematic history of the Boulder-Lefroy shear zone system and controls on associated gold mineralization, Yalgarnocraton, Western Australia. *Econ. Geol.*, 2005, V. 100, no. 7, pp. 1407–1426.
-