



ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ ПРЕДПОСЫЛОК

В ряде золоторудных поясов и провинций в условиях истощения и исчерпания фонда легкооткрываемых выходящих на дневную поверхность золоторудных месторождений их поиск вблизи обнаруженных и разрабатываемых объектов, по сути, является проверкой и ревизией ранее установленных предпосылок локализации руд. Наряду с поиском по структурным предпосылкам, применяются геохимические, геофизические и другие методы, в том числе типовые модели размещения месторождений. На примере гигантских Наталкинского и Дукацкого, а также рядовых, но достаточно крупных месторождений – Купол, Балей-Тасеевское, Дарасунское, Кочбулак и др. – показано, что поиски ведутся целенаправленно, путём прослеживания зон региональных рудоконтролирующих разломов, сопряжённых с ними разломов-ветвей и их собственных рудоконтролирующих боковых разрывов вплоть до локальных и отделяющихся от них серий оперяющих сколов.

Автором достаточно надёжно выявлено, что близповерхностные золотосеребряные и золототеллуридные руды в пределах одного месторождения формируются на двух рудоносных уровнях – верхнем и нижнем. На верхнем в сотнях метров от палеоповерхности и (при умеренной эрозии) от дневной поверхности локализуются руды друзовой, крустификационной, фестончатой и ритмично-полосчатой текстур. На нижнем в 600–1000 м от поверхности и глубже в выдержанных и мощных трещинных нарушениях в брекчии вторичных кварцитов размещаются брекчиевые, полосчатые, сетчатые, массивные и вкрапленные золото-меднопорфировые и золототеллуридные руды. Таким образом, друзовые и крустификационные руды верхнего уровня служат прямым поисковым признаком локализации золото-меднопорфировых и теллуридных руд на глубине.

Ключевые слова: месторождения, рудоконтролирующие разломы, руда, минералы золота, серебра, теллуриды.

При остром дефиците свободной валюты золото – надёжный источник «свободных денег», который можно вложить в любые отрасли народного хозяйства. Поэтому увеличение добычи руд и извлечения золота из них имеет в настоящее время государственное значение. Повысить эти показатели можно за счёт роста добычи руд и извлечения золота из разрабатываемых карьерами крупнейших золоторудных месторождений на Востоке страны, путём вложения горнорудными компаниями средств для завершения разведки нескольких перспективных месторождений, увеличения добычи руд на крупных месторождениях, возобновления разведочных и эксплуатационных работ на недальновидно заброшенных рудниках, где после изучения месторождений в последнее время были получены обнадеживающие признаки наличия на глубине промышленных руд.

Некрасов Евгений Михайлович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор
ведущий научный сотрудник

ФГУНПП «Аэрогеология»,
г. Москва

Автор полагает, что для отечественных горно-рудных компаний – владельцев крупнейших месторождений на Востоке страны – настало время провести сравнительно недорогие мероприятия, которые позволят увеличить добычу на верхних горизонтах карьеров дешево обрабатываемых руд и повысить извлечение золота на 15–20%. В первую очередь, это касается таких крупнейших месторождений и месторождений-гигантов, как Олимпиадинское, Наталкинское, Двойное, Нежданкинское, Майское, Благодатное, Купол. На каждом из них ежегодно извлекается от 5 до 10 т золота и рост добычи обеспечен уже разведанными запасами.

Целесообразно также пересмотреть имеющиеся геологические материалы, выполнить ревизионное бурение на ошибочно закрытых рудниках и доразведать магистральными канавами на поверхности и буровыми разведочными разрезами на глубину перспективные месторождения Балеи-Тасеевское, Многовершинное, Карамкенское, Кочкарское (на Урале), Дарасунское, Бериккульское, Дегдеканское, Маломырское, Агинское, Ольча, Базовское и др. Многие из перечисленных месторождений представлены широкими зонами (обычно >100 м, например, на месторождениях Ольча и Дегдеканское) оруденелых брекчий метасоматитов, заключающих короткие, но сравнительно богатые маломощные (<1 м) рудные тела [2], которые повышают содержание золота в рудах до промышленных значений. Канавы, пересекающие подобные зоны, должны быть непрерывно опробованы, а руды оконтурены по низким бортовым содержаниям Au (0,2–0,5 г/т). Это позволит выявить ресурсы и запасы руд и золота в количестве около и, возможно, даже >100 т металла на каждом из упомянутых месторождений. При этом буровую разведку следует вести только до глубины 300–400 м, что обычно обеспечивает безубыточную добычу руд в эксплуатационных карьерах.

Исходя из мирового опыта геологоразведочных работ [3], разведка месторождений, как правило, подкрепляется поисками новых объектов вблизи разведываемых. Однако сейчас фонд легкооткрываемых выходящих на поверхность месторождений в ряде золоторудных районов исчерпан. Геологи вынуждены использовать геохимические, геофизические и другие методы поисков, материалы космической съёмки и моделирования закономерностей размещения месторождений, структурные предпосылки их обнаружения.

К 2015 г. оказалось, что подавляющая доля запасов золота (13,5 тыс. т из ~90 тыс. т мировых) сосредоточена в однородных и мощных фанерозойских песчаниково-глинистосланцевых и протерозойских кварцито-филлитовых толщах [5–10]. К ним приурочены подавляющее большинство крупнейших месторождений с запасами >300 т металла и месторождений-гигантов с запасами >1000 т. Когда в такой среде заключены пласты или пачки и горизонты хрупких песчаников (например, Каральвеевское месторождение), а также легкозамещаемых, скорее всего, пористых карбонатных пород (золотоскарновые месторождения Новогоднее Монто, Синюхинское, Натальевское), то именно в них развивается сеть рудоконтролирующих и пространственно связанных с ними рудовмещающих разрывов. Зоны нарушений (в том числе в скарнах) нередко залечиваются рудой. Аналогичная ситуация наблюдается при проникновении рудоконтролирующих разломов и отделяющихся от них мощных боковых ветвей-сколов в контактовые зоны интрузивов (месторождения Зун-Холбинское, Чармитанское в Узбекистане [2, 11]), в непротяжённые пояса штоков интрузивных и субвулканических пород, в пояса даек (месторождения Майское на Чукотке, Степняк в Казахстане, Донлин-Крик на Аляске в США), в участки осложнения рудовмещающей фанерозойской глинистосланцевой и протерозойской кварцито-филлитовой среды некками, жерлами и силлами вулканических пород, а также трубками эруптивных и взрывных брекчий (Багио на Филиппинах, Кочбулак в Узбекистане [11]).

В песчаниково-глинистосланцевой среде (толщах) фанерозоя и песчаниково-слюдисто-кварцито-филлитовых толщах позднего протерозоя локализовано по 5,5 тыс. т золота. В них залегают месторождения-гиганты Мурунтау, Наталкинское, Сухой Лог, Олимпиадинское, выработанный объект Хомстейк (США) и др. [8, 10]. В нижнепротерозойских филлитовых толщах (с прослоями кварцитов) размещаются месторождение-гигант Ашанти (Гана) и крупнейшие месторождения Агафо, Садиола, Луло (Мали), Телфер (Австралия).

Сопоставимые со сланцевыми запасы золота (не менее 13,5–14,0 тыс. т) заключены в близповерхностных месторождениях-гигантах золотосеребряных и теллуридных руд Янакоча (Перу), Лихир или Ладодем (Папуа-Новая Гвинея), Крипл-Крик (США), Пуэбло-Вьехо (Доминиканская Республика), а также в крупнейших месторождениях Поргера

(Папуа-Новая Гвинея), Гуанахуато, Пеньяскито (оба – Мексика), Паскуа-Лама, Веладеро (Чили – Аргентина), Купол, Двойное (Россия), Раунд-Маунтин (США), Рошиа-Монтане (Румыния) и др. Месторождения этого типа отличаются развитием оруденения на двух рудоносных уровнях – верхнем и нижнем. Золотосеребряные и теллуридные руды верхнего уровня обычно разведуются, образуются и обнаруживаются в нескольких сотнях метров от палеоповерхности и дневной поверхности (при малой эрозии). Кроме того, на нижнем уровне часто проявлены золото-меднопорфировые и теллуридные руды, которые ничем не отличаются от руд глубоководных месторождений. Они обычно не разведуются, так как залегают на глубине 600–1000 м и более от дневной поверхности, и есть риск не вскрыть их первыми разведочными скважинами, после чего разведка их, как правило, прекращается. По мнению автора, руды верхнего уровня являются прямым признаком оруденения на глубоких горизонтах месторождений.

Более 5,0–5,5 тыс. т запасов золота локализовано в верхнеархейских метаморфических кварцсерицит-хлоритовых и амфиболовых сланцах, в том числе на гигантском месторождении-лидере Калгурли (Австралия, ~2 тыс. т), крупнейших объектах Детур-Лейк, Хемло, Йеллоунайф (все – Канада), а также на участках месторождений Лас-Кристинас (Венесуэла), Гейта, Буланхулу (Танзания), пограничная Киттила (Финляндия) и др.

Значительными запасами (~2,5–3,0 тыс. т) располагают джаспероидные месторождения тонкого золота в терригенно-карбонатных толщах палеозоя. Скорее всего, более 80% запасов этих руд находятся в комплексе пород и в месторождениях штата Невада (США), в том числе в гигантском объекте Голдстрайк, в рядовых и крупнейших месторождениях Карлин, Кортес-Хилл, Джеррит-Каньон, Голдкворри, Мейкл и др. Понятно, что в комплексах пород, заключающих крупнейшие запасы золота, обнаружение месторождений наиболее перспективно.

Поиск месторождений по структурным предпосылкам рационально начинать с прослеживания ранее выявленных мощных зон региональных рудоконтролирующих разломов, изучения их строения и рудоконтролирующего значения. В результате обычно выделяют три, четыре (и более) тектонически чёткие и мощные, местами минерализованные зоны. Для прослеживания выбирается

границная (крайняя) или интенсивно минерализованная зона нарушения. Как правило, это продольный разлом по отношению к ориентировке складчатой мегапостройки (или секущий в активизированных структурах). При прослеживании должны быть установлены все боковые разрывы и проявления рудных и жильных минералов, а также метасоматитов. Целесообразно рассчитать плотность их проявления вдоль рудоконтролирующих нарушений и в поперечном направлении.

Все упомянутые крупнейшие, а также рядовые месторождения, как правило, формируются в породах, проницаемых для минерализованных, в том числе золотосодержащих рудоносных растворов. Для проницаемых пород характерно наличие: мелких и мельчайших прожилков, гнёзд и желваков жильных и рудных минералов – кварца, халцедона, разнообразных карбонатов, флюорита, барита, сурьмяных минералов, хлоритизированных трещинок, тончайшей вкрапленности полуокисленных (на поверхности) пирита, арсенопирита и других рудных и сульфидных минералов, овоидов, «пятен» и цепочек (вдоль трещинок), «желваков» метасоматически изменённых, обычно окварцованных пород; геохимических ореолов рассеяния элементов-спутников золота, а также содержаний золота (в единичных пробах) в минерализованных породах; обнаруженных ранее рудопроявлений и точек минерализации и проч. Обычно блоки проницаемых пород примыкают к тектоническим нарушениям, служащим их границами и рудоконтролирующими нарушениями, или располагаются между такими субпараллельными (главными) разрывами. При этом разрывы дорудного заложения являются и трещинообразующими нарушениями, т. е. при перемещении блоков проницаемых пород вдоль них в этап оруденения возникают боковые сколы, зоны которых могут залечиваться жильным и рудным веществом с образованием местами рудных тел.

Рудоносные разрывы, в частности боковые сколы, нередко расположены на равном расстоянии друг от друга, преимущественно в одну сторону нарушения (висячем или лежащем главного рудоконтролирующего нарушения), в «шаге размещения». Это расстояние чаще колеблется от 30 до 70–120 м, но может достигать и 250 м [9]. Соответственно, на таком же расстоянии вдоль упомянутых рудоконтролирующих нарушений располагаются и субпараллельные золоторудные тела. Главные же

нарушения выполняют в основном роль рудоконтролирующих разрывов, но иногда на разобщённых интервалах заключены мощные рудные залежи (например, на рассматриваемом ниже месторождении Дукат).

По-видимому, немаловажное значение для локализации руд имеет внутреннее строение зон боковых рудоносных сколов или аналогичных нарушений и, конечно, масштаб их проявления – мощность, протяжённость, количество прожилков-апофиз в зоне нарушения и др. Н.И.Бородаевский [1], учтя мировой опыт изучения золоторудных месторождений, пришёл к выводу, что золоторудные тела чаще образуются в проницаемых и деформированных породах между сравнительно близко находящимися друг от друга (в десятках–сотне метров, реже в 1–2 км) субпараллельными разрывами – в структурной ловушке «парные разрывы». Для локализации крупнейших запасов особенно благоприятно расположение блоков проницаемых пород между чёткими магистральными, т. е. наиболее выдержанными швами тонко- и умеренно раздробленных, рассланцованных, будинированных пород, местами сменяющихся тёмной окварцованной и хлоритизированной глиной трения.

Автор с коллегами [10] в деталях выяснили особенности строения зоны одного из таких рудоносных разрывов – рудной зоны *Наталкинского* месторождения-гиганта. Рудоносная зона является частью Тенькинского регионального рудоконтролирующего разлома. Она протягивается между двумя магистральными швами, представленными раздробленными и местами сменяющимися (по простиранию) перетёртыми до глины трения песчаниками и глинистыми сланцами раннепермского возраста. Швы круто падают на северо-северо-восток, располагаясь на расстоянии от 70–80 до 250–300 м один от другого (рис. 1). Между ними в 100–130 м друг от друга проявились соединительные разрывы, падающие на юг под углом 45–55°. Таким образом, зона разломов оказалась как бы разделённой пластинами проницаемых пород, залегающими друг над другом и погружающимися на юг. Именно эти пластины были тектонически деформированы, преобразованы в брекчию кварцевых метасоматитов и пересечены субвертикальными боковыми сколами, отделяющимися от главных магистральных швов вверх по восстанию. Сколы вмещают короткие, но богатые золоторудные жилы малой мощности (до 0,5–1 м), прожилки и линзы в

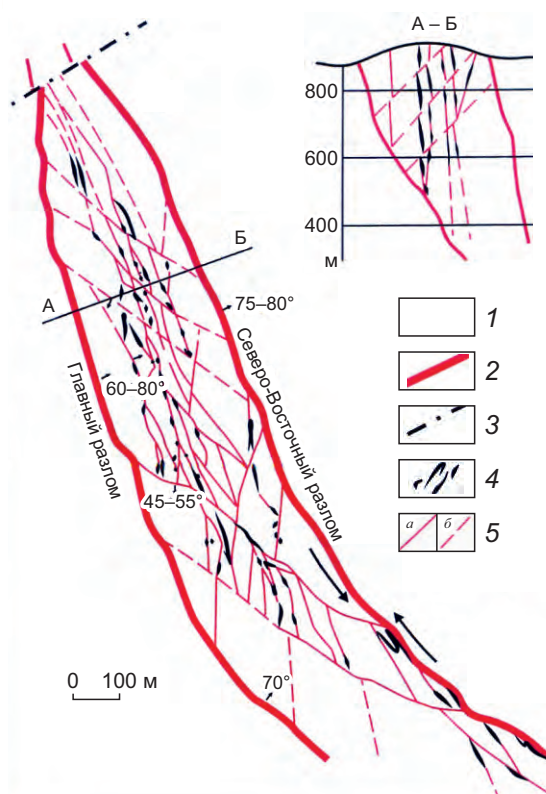


Рис. 1. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ СХЕМА НАТАЛКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (северная и центральная части), ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ С ПУЧКОМ РУДОНОСНЫХ ОПЕРЯЮЩИХ СКОЛОВ И РУДНЫХ ТЕЛ, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ МАГИСТРАЛЬНЫХ ШВОВ ГЛАВНОГО РАЗЛОМА, ПО [10]:

1 – рудовмещающая песчаниково-глинистосланцевая толща (P); 2 – блокообразующие локальные рудоконтролирующие нарушения; 3 – разлом Геологический; 4 – золоторудные стержневые жилы и сопутствующие линзы и гнезда, сложенные массивными и прожилковыми богатыми золото-кварцевыми рудами; 5 – рудоносные трещинные нарушения и дорудные сдвиги (а – достоверные, б – предполагаемые)

брекчии кварцевых метасоматитов, сцементированной рудным веществом (см. рис. 1).

В целом руды метасоматитов, включая богатые секущие жильные образования, характеризуются средними содержаниями Au 1,6–1,8 г/т. Эти руды распространяются на глубину 600–700 м, где оба магистральных шва соединяются, ограничивая развитие руд на глубину. При протяжённости рудоносного блока по простиранию на 4,5 км запасы золота на месторождении достигли 1840 т [2].

Иная геологическая обстановка сложилась на месторождении *Дарасунское*. Здесь оруденение ло-

кализовано в мезозойских и позднепалеозойских гранитоидах и амфиболовых сланцах, пересечённых тремя субпараллельными разломами северо-западного простирания. Разломы проявились на расстоянии ~2 км друг от друга, образовав два оруденелых тектонических блока (северный и южный) в гранитоидных породах и амфиболовых сланцах. Между граничными разломами (Северо-Восточным и Карбонатной зоной – зоной карбонатных жил по южной границе блока) сформировалось шесть локальных рудоконтролирующих нарушений небольшой (1–3 м) мощности – Главное Ограничивающее, Мартовское, Ново-Кузнецовское, Школьное, Футбольное и Юго-Восточное [13]. Все они размещаются в северном и южном рудоносных блоках в 600–800 м друг от друга, круто погружаясь на юго-юго-восток (рис. 2). Именно от каждого локального разрыва отделились боковые субпараллельные оперяющие ветви-сколы, разместившиеся в 50–70 м друг от друга, т. е. на одинаковом «шаге размещения» вдоль висячего (юго-восточного) бока каждого локального нарушения (см. рис. 2). Это позволяет прогнозировать проявление «новых» боковых зон и залечивающих рудных тел.

Такова, например, структурная обстановка на участке проявления Юго-Восточного нарушения (рис. 3). Оруденелые боковые сколы представлены маломощными (1–2 м) зонами раздробленной брекчии кварцевых метасоматитов, переходящими в одиночные или в пучки плоскостей скольжения со «своими» мелкими апофизами по оперяющим сколам и отрывам. Зоны сколов залечены золото-сульфидно-кварцевыми жилами в гранитоидах и сравнительно богатыми жильными залежами в амфиболовых сланцах. Именно боковые сколы и жилы, отделяющиеся от локальных рудоконтролирующих нарушений, располагаются закономерно на расстоянии 50–70 м друг от друга, в «шаге размещения», что позволяет прогнозировать обнаружение следующих сколов и залечивающих жил. Максимальная мощность жил составляет первые метры, богатых залежей – 5–7 м. На месторождении добыто >150 т благородного металла. Очевидно, маломощные рудоносные зоны сравнительно простого внутреннего строения обеспечили выполнение трещинных полостей небольшой протяжённости и мощности главным образом рядовыми рудами. Лишь в амфиболовых сланцах, где сформировались пучки сближенных разрывов, возникли более протяжённые и мощные залежи сравнительно

но богатых руд (на участках с залежами «Школьные» и «Электрические» с содержанием Au десятки грамм на 1 т руды).

Нередко наблюдается другая интересная и труднообъяснимая особенность золоторудных месторождений. На участках, где развиты мощные дорудные зоны дробления и отделяющиеся от них многочисленные боковые нарушения различного типа, золотосодержащие растворы прежде всего проникали в тончайшие трещинки, а также в маломощные рудовмещающие нарушения, где и разгружались (раскристаллизовываясь) с образованием прожилков мощностью от сантиметров до волосовидных. При этом формируются месторождения с многочисленными золоторудными телами, но умеренной мощности и протяжённости.

Примером служит гигантское сереброрудное *Дукатское* месторождение на Востоке России, локализованное в верхней части вулканокупольной постройки грибообразной формы. Оно находится между дорудными нарушениями северо-северо-восточного простирания, которые протягиваются субпараллельно в пределах структурной связи «парные разрывы». Эти нарушения являются боковыми ветвями протяжённого рудоконтролирующего Главного Дукатского разлома. Расщепляясь, в свою очередь, на флангах, разломы-ветви прослеживаются как бы полосой, погружаясь в юго-восточном направлении (рис. 4). Упомянутые нарушения (Первое и Второе Западные) располагаются в 600 м друг от друга, а Восточное – в 1,4–1,6 км юго-восточнее. Руды размещаются в игнимбритах риолитов раннемелового возраста под молассовой толщей угленосных аргиллитов и алевролитов ранне-го-позднего мела.

По мнению автора, размещение оруденения также обусловлено проявлением ловушки «парные разрывы». Максимально оно развито в тектоническом блоке между Восточным и Вторым Западным нарушениями (см. рис. 4). Здесь с максимальной плотностью проявились рудоносные разрывы двух сопряжённых систем: северо-северо-восточной, крутопадающей на северо-запад, и северо-западной, погружающейся на северо-северо-восток. Наиболее протяжённое и мощное рудоносное нарушение (первой системы) – Главное – отделяется от висячего бока Второго Западного разлома и на расстоянии ~1,8 км непрерывно сопровождается сравнительно богатыми рудами золото-серебро-сульфидно-хлорит-адуляр-кварцевого состава. От сред-

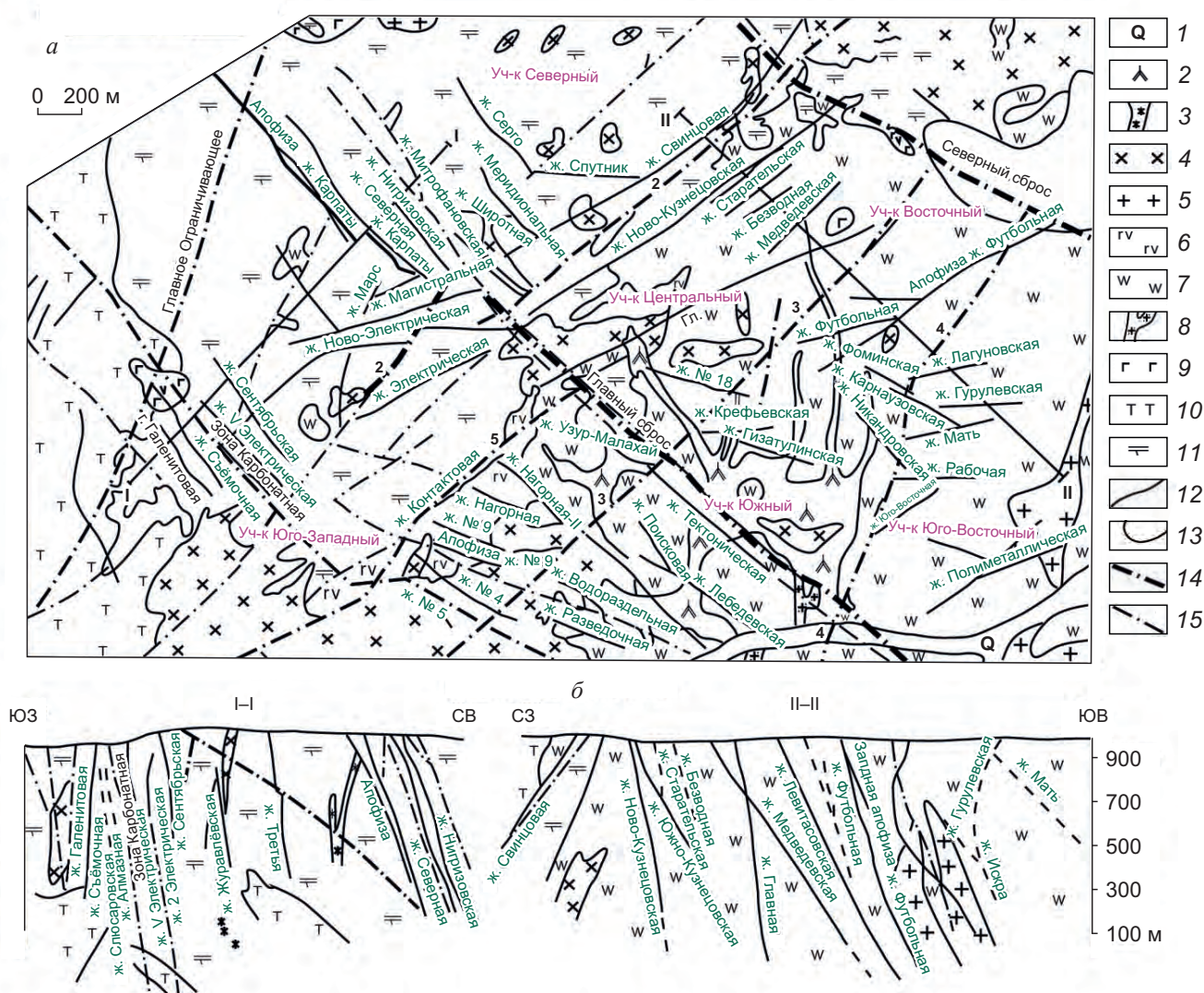


Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМА ДАРАСУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (а) И РАЗРЕЗЫ (б), ПО [13]:

1 – аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения; интрузивные породы, комплексы даек и малых интрузий средне- и позднеюрского возраста; 2 – плагиогранит-порфиры, 3 – сиенит-порфиры; комплекс пород лейкократовых гранитов и сиенитов позднепалеозойского–раннемезозойского возраста; 4 – сиениты, граносиениты, микроклин-пертитовые граниты и их дайковая фация, 5 – дайковая фация позднепалеозойских лейкократовых гранитов; 6 – габбро и габбродиориты; 7 – гнейсовидные кварцевые диориты и гранодиориты; 8 – аплиты-пегматиты; комплекс древних метаморфизованных габброидных пород и амфиболитов раннепалеозойского возраста; 9 – пироксен-роговообманковое габбро, амфиболитизированное габбро и габбродиабазы; 10 – нерасчленённый комплекс метаморфизованных и гранитизированных габбро, габбродиоритов, пироксенитов, габбродиабазов; 11 – амфиболиты, амфиболитизированные габбродиабазы, породы, гранитизированные и инъецированные граносиенитами; 12 – жилы и прожилково-жильные зоны золото-сульфидных руд; 13 – контакты пород; 14 – зоны основных рудоконтролирующих разрывов; 15 – прочие разрывы

ней части Главного нарушения отвляется протяжённое рудоносное нарушение (второй системы) – Основное – северо-западного направления с крутым падением на северо-восток. Оно рудоносно на протяжении 1,2 км. Руды представлены дру-

гим (более поздним) золото-серебро-сульфидно-кварц-родонитовым комплексом минералов.

К востоку от Основной рудной зоны развился наиболее интересный в структурном и промышленном отношении Восточный участок Дукацкого

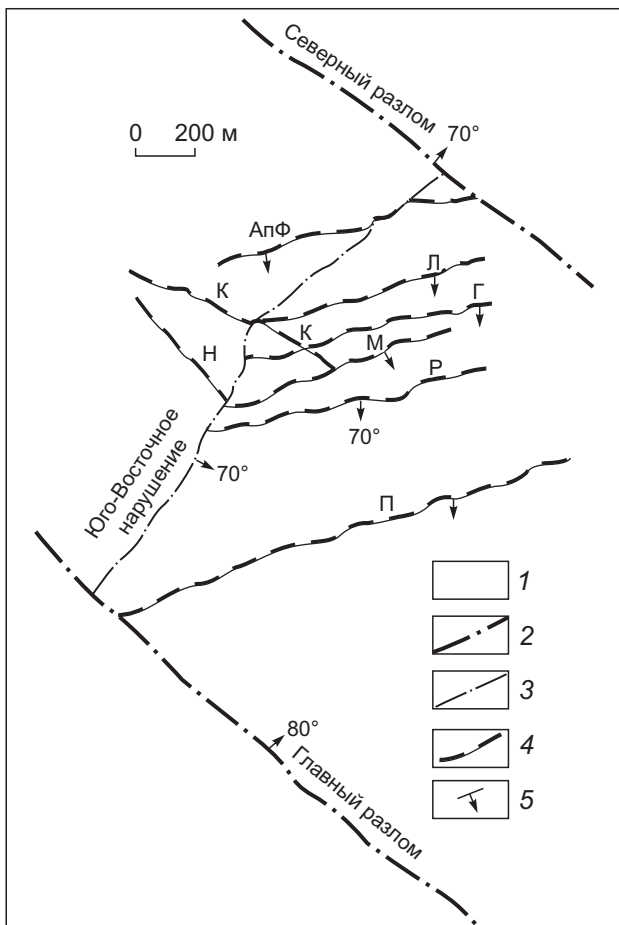


Рис. 3. СХЕМА ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА ДАРАСУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПО [13]:

1 – кварцевые диориты и гранодиориты; 2 – блокоразделяющие рудоконтролирующие разломы; 3 – локальное рудоконтролирующее нарушение; 4 – золоторудные прожилково-жильные тела сульфидно-кварцевого состава: АпФ – апофиза жилы Футбольная, Л – Лагуновское, Г – Гурулёвское, М – жила Мать, Р – Рабочая, П – Полиметаллическая; жильные рудные тела – апофизы жил северо-восточной системы: К – Карнауховские, Н – Никандровские; 5 – углы падения нарушений и рудных тел

месторождения. Детальный анализ рудно-структурной схемы, составленной с использованием геологической карты поверхности, материалов погоризонтных планов подземных горных выработок и скважин, подтвердил представления ряда геологов [2, 4, 12] о формировании участка в пределах подвижного тектонического блока между двумя масштабными трещинными нарушениями сходной ориентировки, т. е. также в пределах структурной связки «парные разрывы».

Одним из таких нарушений являлась Главная рудная зона, а другим – расположенная юго-восточнее, в 0,7–0,9 км, местами рудоносная зона дробления, вытягивающаяся на северо-восток. Эта зона (Восточная) прослеживается от узла сочленения с Основной рудной зоной на северо-восток, на 2 км, вплоть до точки отделения её от Восточного рудоконтролирующего разлома. Как показано на схеме (см. рис. 4), нарушение (которое можно назвать Восточной рудной зоной) местами наследует контакты пластов угленосных аргиллитов и алевролитов и вмещает руды сульфидно-адуляр-кварцевого состава в участках своих перегибов северо-северо-восточной ориентировки (максимально отклоняющихся к северо-западу).

От Второй Западной и Основной зон в период оруденения ответвились многочисленные оперяющие сколы меридионального простирания, которые протягиваются непрерывной полосой шириной >700 м. В её пределах они располагаются на равном расстоянии друг от друга – в 90–100 м [2], т. е. в «шаге размещения». Примерно в 200–400 м севернее главных нарушений оперяющие их сколы образуют пучки сближенных трещин, залечивающих их прожилков и жил, соединяющихся друг с другом многочисленными мелкими рудными апофизами. Трещины, жилы и прожилки веерообразно расщепляются к северу и вверх по восстанию. Вся рассмотренная жильно-штокверковая система также сложена комплексом минералов золото-серебро-сульфидно-хлорит-адуляр-кварцевого состава. Жильные образования сопровождаются вкрапленностью сульфидов. Руды сравнительно богатые, а мощность рудных тел возрастает от почти нулевой вблизи Основной и Второй Западной зон до 10, а местами 20 м на удалении от них.

Сходная рудно-структурная обстановка наблюдается на Западном участке месторождения, к западу от южного фланга протяжённой Главной рудной зоны (см. рис. 4). Здесь от южного фланга зоны в северо-северо-западном направлении (т. е. в висячий бок Главной зоны) ответвляются две разобщённые субпараллельные дорудные зоны дробления, погружающиеся на юго-запад. Они относятся ко второй (сопряжённой) системе рудоносных разрывов на месторождении. При этом наиболее масштабный расположенный севернее разрыв протягивается на 700 м (см. рис. 4), а южный на 350–400 м. Оба они, как и разрывы Восточного участка, сопровождаются серией рудоносных оперяющих сколов,

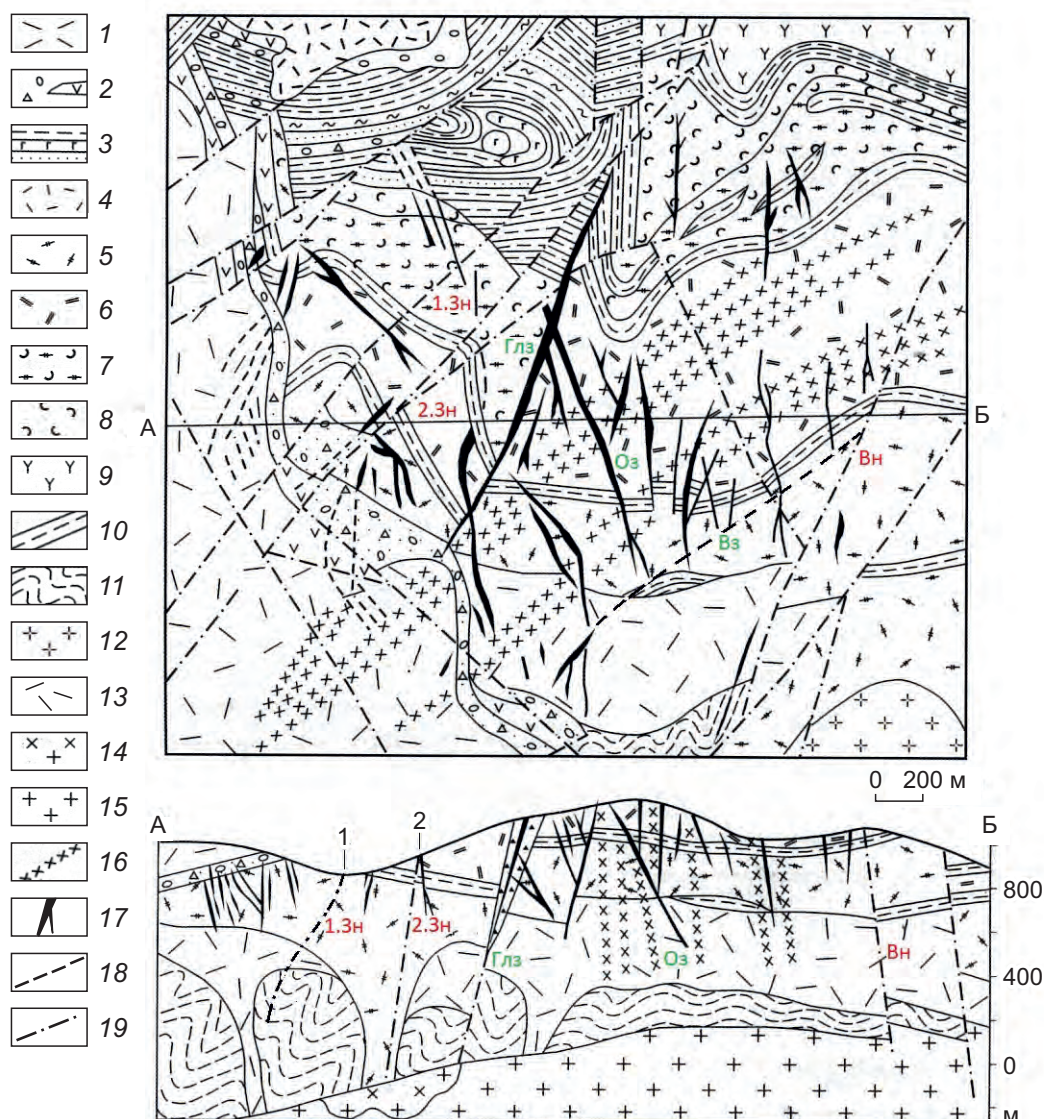


Рис. 4. РУДНО-СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДУКАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (план и разрез по линии А–Б по [2], с небольшими добавлениями автора):

1 – верхнемеловые покровы риолитов; 2 – ранне-позднемеловой межформационный горизонт конгломерато-брекчий с покровами андезитов; 3 – нижнемеловые угленосные отложения с силлами андезитобазальтов и базальтов; рудовмещающая нижнемеловая толща: 4 – мелкопорфировые риолиты, 5 – игнимбриты риолитов, 6 – афировые риолиты, 7 – витрокластические игнимбриты, 8 – сфероидные риолиты, 9 – риодациты, 10 – горизонты аргиллитов; 11 – триасовые сланцы; 12 – нижнемеловые субвулканические невадитовые риолиты; 13 – верхнемеловые субвулканические риолиты; верхнемеловые породы: 14 – гранодиориты, 15 – биотитовые лейкограниты; 16 – дайки базальтов; 17 – золотосеребряные зоны с промышленными рудами; 18 – протяжённые рудные зоны, местами со «слепыми» рудными телами: Главная рудная зона (Глз), Основная (Оз), Восточная (Вз); 19 – рудоконтролирующие разломы: Первое (1.3н) и Второе (2.3н) Западные нарушения, Восточное нарушение (Вн)

падающих на северо-восток. Зоны рассмотренных разрывов и оперяющие сколы залечены сравнительно богатыми рудами сульфидно-адуляр-кварцевого состава. Жильные руды с вкрапленностью сульфидов развились в игнимбритовых риолитах

под экранирующими горизонтами угленосных аргиллитов.

Для поисков руд на глубине потребуются бурение скважин вдоль обоих рудоконтролирующих нарушений. Отметим, что при учёте структурной об-

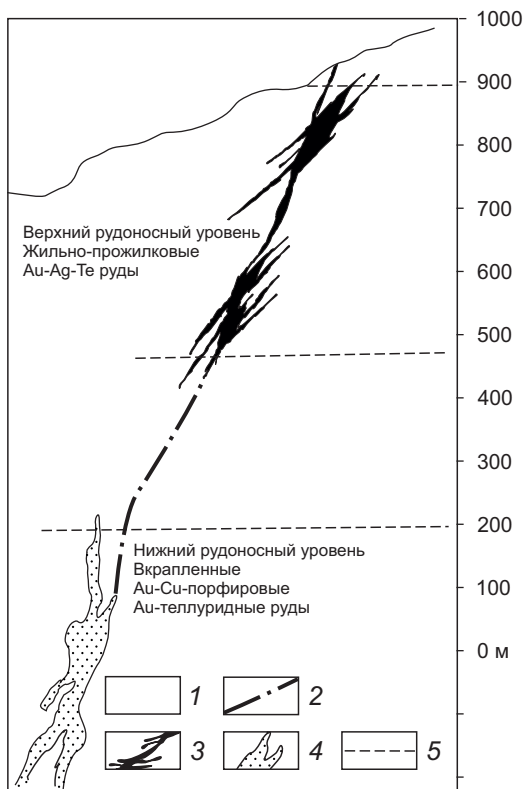


Рис. 5. ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНЫХ И ТЕЛЛУРИДНЫХ РУД НА ДВУХ РУДОНОСНЫХ УРОВНЯХ:

1 – рудовмещающие породы; 2 – рудоносный разрыв; 3 – золоторудные жилы и прожилки; 4 – золото-меднопорфировые и золототеллуридные рудные тела; 5 – границы рудоносных уровней

становки размещения руд на однотипном месторождении Янакоча (Перу) под разрабатываемыми там карьерами золотосеребряными рудами на глубине >500–600 м скважинами были обнаружены совершенно другие – прожилково-вкрапленные золото-меднопорфировые руды брекчиевой, вкрапленной и массивной текстур. Вертикальный разрез, иллюстрирующий размещение различных руд на одном месторождении, приведён на рис. 5. На рисунке показано, что на верхнем уровне формируются крустификационные, друзовые, фестончатые, ритмично-полосчатые руды, на нижнем – брекчиевые, массивные, сетчатые и полосчатые, прожилково-вкрапленные золото-меднопорфировые и теллуридные руды в зонах кварцитовых брекчий.

Руды Дукатского месторождения отличаются текстурами, характерными для верхнего яруса.

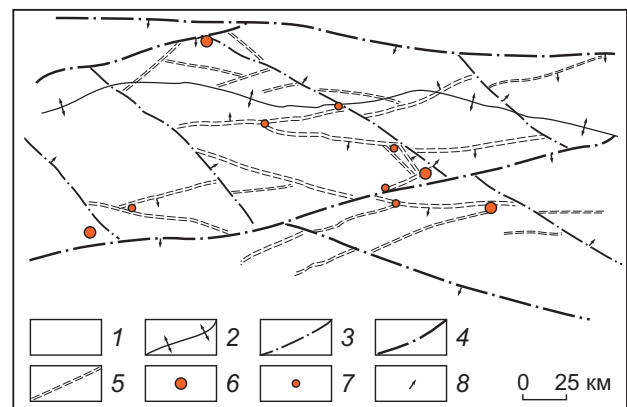


Рис. 6. ПРИМЕР ВОЗМОЖНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (размещения) ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБОВ В СЕТИ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ РАЗРЫВОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРЯДКОВ:

1 – рудовмещающие породы; 2 – осевая зона мегапостройки; 3 – региональные разломы, изучаемые в начальный период поисков; 4 – главные разломы, сопряжённые с региональными, изучаемые во второй и третий периоды поисков; 5 – боковые, в том числе локальные разломы, изучаемые в третий и четвёртый периоды поисков; месторождения золота: 6 – крупные, 7 – рядовые; 8 – азимуты падения разрывов

Главное промышленное значение имеют минералы золота и серебра: электрум, кюстелит, пираргирит, прустит, гессит, петцит, канфильдит, акантит, самородное серебро, фрейбергит, штейнбергит и др. Включения минералов золота – тонкие, до 0,01 мм, серебра – 0,01–0,1 мм. Среди сульфидов широко проявлены пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит. Месторождение разрабатывается с 1980 г. На 2010 г. остаточные запасы золота и серебра составляли соответственно ~30 т (при среднем содержании 1 г/т) и 12–13 тыс. т (при среднем содержании ~500 г/т) [2].

Возможность размещения и обнаружения месторождений крупного и рядового масштабов в пределах сети прослеживающихся рудоконтролирующих нарушений различных порядков приведена на рис. 6.

В заключение можно отметить следующее.

На основании примеров поиска и разведки месторождений-гигантов Наталкинское (по золоту), Дукатское (по серебру) и рядовых, но достаточно крупных объектов – Дарасунское, Балей-Тасеевское, Кочкарское, Кочбулакское и др. – предлага-

ется такая методика проведения поисково-разведочных работ по структурным предпосылкам.

1. Поисковые работы должны начинаться с изучения зон ранее выявленных для данного золоторудного пояса или провинции главных продольных (а для активизированных структур – секущих) региональных и сопряжённых с ними (а также более поздних пересекающих) крупных боковых, предположительно рудоконтролирующих разломов-ветвей. Необходима расшифровка внутреннего строения и тех и других, зон сколов, оперяющих ветви, особенностей размещения и состава рудных образований и метасоматитов, залечивающих упомянутые разрывы, состава жильного и рудного выполнения.

2. Для образования и (обнаружения) руд наиболее перспективна обстановка проявления мощных зон главных нарушений и боковых ветвей в структурной связке «парные разрывы», т. е. в условиях развития сравнительно близко расположенных друг от друга (десятки–сотни метров, реже 1–2 км) выдержанных субпараллельных магистральных швов и других соединяющих и боковых нарушений. Меньшее, но также существенное значение имеет структурная связка – рудоконтролирующее нарушение и отделяющаяся от него мощная зона рудоносного бокового разрыва.

Среди боковых нарушений важно обнаружение пучков сближенных многочисленных разрывов и соединяющих их трещин. Подобные разрывы могут обусловить образование мощных рудных тел. Целесообразна зарисовка или картирование зон как главного регионального разлома, так и зон отделяющихся боковых нарушений. Особенно способствует возникновению рудных тел обстановка проникновения разрывов в прослой хрупких и терригенно-карбонатных, вероятно, пористых пород, более легко замещаемых минеральным веществом. Благоприятны участки проникновения разрывов в тела и контактовые зоны крупных и мелких штоков интрузивных и субвулканических пород, в мощные дайки и пояса этих образований [2], в трубки эруптивных и эксплозивных брекчий.

3. Последовательно проводятся поисково-разведочные работы. Детально изучаются протяжённые отрезки региональных и сопряжённых с ними рудоконтролирующих разломов, иногда заключённых между пересекающими и ограничивающими оруденение поперечными разрывами (месторождения Базовское в Якутии, Наталкинское, Павлик и

др.), а также узлы расщепления разломов и протяжённых их участков, представленных мощными интервалами брекчированных пород, расположенными между несколькими магистральными швами (особенно участков с парными, недалеко находящимися друг от друга магистральными разрывами).

4. При поисках близповерхностных месторождений в вулканитах необходимо учитывать, что для их локализации наиболее благоприятны вулканогенные породы вулкано-тектонических построек, особенно вулкано-антиклиналей и кальдер. И те и другие нередко наследуют узлы пересечений региональных и крупных сопряжённых с ними ветвей, а также узлы пересечения разломов поперечными дорудными и, очевидно, разломами доэффузивного заложения. Особенно ярко подобная структурная обстановка проявлена в пределах Камчатской рудоносной провинции.

Образующиеся в рассмотренной структурной обстановке месторождения близповерхностных золотосеребряных и теллуридных руд формируются в пределах одного объекта на двух рудоносных уровнях – верхнем и нижнем. Опыт разведки и эксплуатации подобных руд на месторождении-гиганте Янакоча в Перу показал, что в некоторых рудных пересечениях глубоких скважин на протяжении десятков метров в керне были установлены постоянные и непрерывные содержания Au 30–40 г/т [10]. Продолжается отработка глубоководных (на глубине >1000 м) золототеллуридных руд на близповерхностном месторождении Крипл-Крик в США. В своё время (в середине XX в.) золото-меднопорфировые и теллуридные руды разрабатывались также на месторождениях Сильвертон-Теллурид в США и Байя-Сприе в Румынии под близповерхностными золотосеребряными и теллуридными рудами на глубине ~700–1000 м от дневной поверхности.

В нашей стране определены достаточно надёжные предпосылки проявления глубоководных золотосеребряных, теллуридных и золото-меднопорфировых руд на нижнем рудоносном уровне на месторождениях Балей-Тасеевское, Многовершинное, Берикульское, Агинское, Озерновское, Карамкенское, Ольча, возможно, Купол, Биркачан, Базовское и др. [2, 5, 9, 12]. На месторождении Купол новые субмеридиональные рудные зоны, скорее всего, развиты западнее и глубже разрабатываемого рудного тела и северо-западнее узла отделения северного фланга рудного тела от рудоконтро-

лирующей зоны субширотного разлома. На месторождении Ольча новые рудные залежи прогнозируются на глубине в зоне Восточного разлома, а послойные джаспероидные залежи тонкого золота

в девонских доломитах и известняках – на северо-восточном его участке. На месторождении Биркачан обнаружение «новых» руд предполагается на глубине 500–800 м от дневной поверхности [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородаевский Н.И.* Материалы по методам изучения структур и геологической перспективной оценки месторождений золота // Тр. ЦНИГРИ. М., 1960. Вып. 35.
2. *Золоторудные месторождения России* / Отв. ред. М.М.Константинов. – М.: ООО «Акварель», 2010.
3. *Крейтер В.М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Госгеолтехиздат, 1956.
4. *Наталенко В.Е.* Месторождение Дукат// Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М., 1992. С. 112–115.
5. *Некрасов Е.М.* Возможное проявление слепого оруденения на нижних уровнях месторождения Балеи и механизм формирования богатых руд на близповерхностных месторождениях золота и серебра // Изв. вузов. «Геология и разведка». 2018. № 2. С. 40–51.
6. *Некрасов Е.М.* Ещё раз о значении учения В.М.Крейтера о геолого-промышленных типах рудных месторождений // Изв. вузов. «Геология и разведка». 2006. № 3. С. 32–35.
7. *Некрасов Е.М.* Запасы и добыча золота в начале XXI в. из месторождений главных геолого-промышленных типов // Изв. вузов. «Геология и разведка». 2013. № 6. С. 45–56.
8. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988.
9. *Некрасов Е.М.* О «шаге размещения» и прогнозирования золоторудных тел жильного типа // Изв. вузов. «Геология и разведка». 2018. № 4. 40–50.
10. *Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В.* Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. – М.: ООО «Астрей-центр», 2015.
11. *Рудные месторождения Узбекистана* / Ред. И.М. Голованов. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. С. 202–211.
12. *Стружков С.Ф., Константинов М.М.* Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. – М.: Научный мир, 2005.
13. *Тимофеевский Д.А.* Геология и минералогия Дарасунского региона. – М.: Недра, 1972.

GOLD DEPOSIT PROSPECTING AND EXPLORATION BASED ON STRUCTURAL PRECONDITIONS

E.M.Nekrasov
(FSUSPE Aerogeologiya, Moscow)

Prospecting for depleting, easily discovered outcropping gold deposits in a number of gold belts and provinces performed nearby identified and producing deposits essentially verifies and revises previously established ore localization preconditions. Along with prospecting based on structural preconditions, geochemical, geophysical and other methods are used including deposit location models. Giant Natalkinskoye and Dukatskoye as well as standard but quite large-scale Kupol, Balei-Taseevskoye, Darasunskoye, Kochbulak and other deposits are provided as examples to show that prospecting is targeted by tracing regional ore-controlling fault zones, conjugate branching faults and their ore-controlling lateral faults up to local and separating series of feathering faults.

The author shows that near-surface Au-Ag and Au-Te ore formation occurs at the two ore-bearing levels, upper and lower, within a deposit. Drusy, crustified, festoon and intermittent-banded ores are hosted by the upper level, hundreds of meters from paleosurface and, in moderate erosion conditions, day surface. The lower level (600–1000 m or deeper) hosts breccia, banded, netted, massive and disseminated porphyry Au-Cu and Au-Te ores within persistent and strong fractures, in secondary quartzite breccia. Thus, drusy and crustified ores hosted by the upper level directly indicate porphyry Au-Cu and Au-Te ores localization at depth.

Keywords: deposits, ore-controlling faults, ore, gold and silver minerals, tellurides.