

Типы, строение и размещение трещинных золоторудных гнёзд

В статье систематизируются рудно-трещинные гнёзда золотых руд различных типов и достаточно детально раскрывается их строение. Это позволит геологам-разведчикам подтвердить богатство золотых руд, что особенно важно при эксплуатации месторождений в условиях подземных выработок. Золоторудные гнёзда были закартированы и проанализированы автором на ряде месторождений Узбекистана – Мурунтау, Даугыз, Чармитан, Кокпатас, на месторождениях Восточного Забайкалья – Дарасун, Балей и др., на Кочкарском месторождении Южного Урала. Кроме того, в статье были использованы собранные автором материалы по золоторудным гнёздам Наталкинско-го и Нежданинского месторождений, а также месторождения Павлик и Кючус в Якутии, Берикюль в Западной Сибири, Бакырчик и др. в Казахстане, месторождений Калгурли, Норсмен и др. в Австралии, Комшток и др. в США, Поркьюпайн в Канаде и др.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, гнёзда, рудные тела, однородная среда, контактовые зоны, золотоносные разрывы, пирит-арсенопиритные, кварцевые, сульфидно-кварцевые жилы и прожилки.

НЕКРАСОВ ЕВГЕНИЙ МИХАЙЛОВИЧ (старший), профессор, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник¹, emnekrasov@yandex.ru

НЕКРАСОВ АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ (младший), nekrasov@ibdc.ru

¹ ФГУНПП «Аэрогеология»

Types, structure and location of fractured gold pockets

E. M. NEKRASOV¹, A. E. NEKRASOV

¹ FSUSE Aeroeology

Fractured gold ore pockets of various types are classified and their structure is described in detail. This will allow explorationists to confirm high-grade gold ores, which is especially important in underground deposit mining. Gold pockets were mapped and analyzed by the author at deposits in Uzbekistan (Muruntau, Daugyz, Charmitan, Kokpatas), eastern Trans-Baikal region (Darasun, Balei, etc.) and Kochkarskoye (South Urals). Also, the paper describes the material collected by the author at gold pockets in Natalkinskoye, Nezhdaninskoye, Pavlik and Kyuchus deposits in Yakutia, Berikul in Western Siberia, Bakyrchik in Kazakhstan as well as deposits from Australia (Kalgoorlie, Northman, etc.), USA (Comstock, etc.), Canada (Porcupine), among others.

Key words: gold deposits, gold pickets, ore bodies, homogeneous medium, contact zones, gold-bearing breaks, pyrite-arsenopyrite, quartz, sulfide-quartz veins.

Задачи исследования. Золоторудные гнёзда – непрерывные составные части более обширных и масштабных рудно-трещинных построек (золоторудных столбов). Их руды, содержание золота в которых в 2–4 и более раз выше, чем в рядовых месторождениях, приносят максимальную прибыль горнорудным компаниям и чрезвычайно ценятся, особенно для обеспечения стабильной работы золотодобывающих предприятий. Среди золоторудных гнёзд выделяются образования двух различных групп.

Первая, наиболее многочисленная, представлена семью типами гнёзд, развитыми в однородной среде. Такие гнёзда контролируются исключительно благоприятными сочетаниями разрывов, оказавшихся доступными для поступающих золотосодержащих растворов. Это жильные, прожилковые и вкрапленные образования, проявляющиеся на перегибах, расщеплениях и разветвлениях или в узлах отделения боковых оперяющих трещин от главных рудоносных раз-

рывов, а также на ограничениях рудовмещающих разрывов, залеченных богатыми рудами.

Гнёзда второй группы менее разнообразны и представлены 4 типами. Они обнаруживаются на контактах или вблизи границ, в узлах смены пород различного состава, в виде полос близкорасположенных лестничных жил и прожилков богатых руд в дайках и штоках, в виде веерных прожилков и вкрапленников в прослоях легкозамещаемых пород или под нависающими поверхностями экранирующих геологических образований, например, силлов.

Особенности геологической позиции золоторудных гнёзд. Золоторудные столбы и гнёзда на участках золоторудных месторождений – чрезвычайно своеобразные рудно-трещинные образования, совершенно не похожие на столбы руд, например, месторождений цветных металлов, ртути и сурьмы, олова, «жильных» месторождений меди, молибдена, кобальта и никеля, вольфрама, урановых, редкометалльных

и других руд. Рудные столбы на перечисленных месторождениях просто «выпячивают», «кричат» геологу-разведчику крупными скоплениями своих визуально видимых полезно-промышленных минералов (например, на свинцово-цинковых или медно-жильных месторождениях – скоплениями галенита (свинчака), сфалерита и халькопирита): «Вот мы тут, вот наша форма и наше строение, разведуйте, оцените нас и добывайте наши руды!». Золоторудные столбы и развитые в их пределах элементарные части – непротяжённые (всего первые метры), но принадлежащие им компактные рудные гнёзда богатых руд (как правило, жильного или прожилкового облика или представленные обильной рудной вкрапленностью) – выступают «скрытыми» образованиями на золото, никак визуально не свидетельствующими о высоких концентрациях этого металла, а также сопутствующего серебра. Действительно [10], во-первых, золото и серебро могут быть проявленными в золотосодержащих минералах – в ранних пиритах, арсенопиритах, пирротинах, сфалерите и галените, в халькопирите, борните, блёклых рудах и других разнообразных сульфосолях меди, железа и олова, которые в ассоциации с кварцем, карбонатами и рудными минералами обычно образуют микропрожилки, цементирующие («скрепляющие») тектонически *микрораздробленные* зёрна вышеперечисленных (очевидно, более хрупких) минералов. Ясно, что визуально подобная микрообстановка не может быть обнаруженной ни в горных выработках, ни на поверхности. Во-вторых, благородные металлы кристаллизуются в благоприятных легкозамещаемых породах, в околорудных метасоматитах, в известняках и доломитах, проявляются и кристаллизуются в жильных минералах: в кварце и халцедоне, карбонатах, полевых шпатах (обычно в альбите), в некоторых темноцветных минералах – амфиболах и пироксенах (содержащих железо), в которых они как бы «прячутся». Однако в настоящее время установлено, что в золоторудных месторождениях золото теснейшим образом пространственно ассоциируется с рудными минералами (и особенно содержащими железо) [10], в жильных кварцевых, карбонатных и других образованиях благородные металлы могут быть обнаружены преимущественно в виде единичных золотинок. Они слагают зёрна и включения самородного золота и серебра, сульфидов, сульфосолей, теллуридов и селенидов золота и серебра (от долей микрона до тысячных долей миллиметра), но почти всегда совместно с рудными минералами железа и цветных металлов. Подобные проявления визуально, без помощи микроскопа, анализов и опробования, например в горных выработках, обычно улавливаются с большим трудом. Таким образом, даже обна-

ружение отдельных золотинок и «зёрнышек» включений благородных минералов без данных опробования не даёт гарантий для выявления золоторудных гнёзд в одних и тех же многократно наблюдававшихся геологами на различных месторождениях комбинациях «стыкочков» рудоносных разрывов. Некоторую надёжность в обнаружении золоторудных гнёзд даёт выявление крупных золотинок – самородков, «жуков и бляшек» (0,2–1 см в поперечнике) и менее крупных «пятнышек».

Повторяющиеся комбинации рудоносных разрывов с пространственно тяготеющими к ним золоторудными гнёздами богатых руд [13] удаётся наблюдать как в однородной рудовмещающей среде, так и на границе пород различного состава. Достаточно высокая концентрация золота в гнёздах, распространённых группами, при их размещении в пределах обособленной и более масштабной рудно-трещинной постройки (в случае увеличения содержания золота в её рудах в 2–4 и более раза по сравнению с рассчитанным средним, рядовым для месторождения) позволяет рассматривать подобные масштабные образования (постройки) уже в качестве золоторудных столбов, отработка которых приносит особо высокую прибыль горнорудным компаниям. Рудные гнёзда выступают их неделимой элементарной частью. Таким образом, золоторудный столб – это достаточно протяжённая (от десятков до первой сотни метров в плане и разрезе) рудно-структурная постройка со стержневыми [11], обычно мощными золоторудными жильно-прожилковыми или вкрапленными телами главного (преобладающего) направления и с сопровождающими их многочисленными рудоносными боковыми сколами и отрывами, а иногда и с попутными оруденелыми трещинами-спутниками (сателлитами). Золоторудные столбы обладают самой разнообразной формой в пространстве, не обязательно именно столбообразной. В результате геологу приходится обнаруживать скопления богатых золотых и золото-серебряных руд не по особенностям минерального состава руд и масштабным скоплениям рудных минералов, а в основном по косвенным признакам: изменению облика *жильных* и вкрапленных рудных тел, появлению жил, линз и прожилков «нового», нередко поперечного направления, или при резком возрастании боковых прожилков, количества обломков брекчии в линзах и других раздувах кварца и халцедона, по изменению текстурного облика жильных и вкрапленных скоплений и др., то есть не по прямым, привычным, а по косвенным признакам. Причём первоначально будут обнаруживать скорее не золоторудные столбы, а их составляющие элементы – золоторудные гнёзда [3]. Очевидно, под золоторудным гнездом можно понимать

компактную маломасштабную часть (первые метры в плане и разрезе) оконтуренного рудного тела, заключённую в небольшой трещинной структурной ловушке и представленную богатыми рудами, повышающими среднее рассчитанное для месторождения содержание золота в 2–4 и более раз.

Типы гнёзд в однородной среде. В однородной рудовмещающей среде удаётся выделить 7 рудно-трещинных типов золоторудных гнёзд (см. таблицу). Наиболее часто геолог встречается с рудно-трещинными гнёздами, приуроченными к перегибам рудоносных разрывов и обусловленным ими раздувам жил, линз, чётков в жильно-прожилковых или вкрапленных зонах с отделяющимися от них боковыми золоторудными прожилками, залечивающими опеоряющие выдержанные сколы и короткие изогнутые

отрывы (гнёзда первого типа). Эти образования сопровождаются дроблением пород и развитием попутных трещин или *самеллитов*, которые сопутствуют главным рудоносным трещинам, пересекающим брекчированные породы и метасоматиты. Примером их могут служить вскрытые карьерами и эксплуатирующиеся субширотные жилы месторождений Мурунтау и Чармитан в Узбекистане, Бакырчик в Казахстане, месторождений Нежданское и Павлик в Якутии и др. Вмещают их как чётко выраженные тектонические швы с сухой гидротермально изменённой глиной трения, так и маломощные (обычно 0,5–2 м) зоны брекчированных пород или метасоматитов. Жилы представляют собой сменяющие друг друга чётки и развитые на раскрывшихся перегибах линзы протяжённостью от 3–4

Типы золоторудных гнёзд

Название типа	Краткая характеристика геологического строения типа гнёзд	Примеры месторождений	Ссылка на рисунок
<i>Первая группа гнёзд – в однородной среде</i>			
Гнёзда в раздувах жил	Раздувы жил, линзы и «чётки» в раскрывшихся в период оруденения перегибах золоторудных зон	Мурунтау (У), Чармитан (У), Бакырчик (К), Нежданское (Я)	
Гнёзда в богатых штокверковых рудах, сопровождающих раздувы жил	Штокверковые и сетчатые руды в полосах боковых сколов, подчинённых трещин отрыва, отделяющихся от перегибов золоторудных зон	То же	
Гнёзда в полосах подобных прожилков	Богатые руды в полосах подобных прожилков S-, Z- и L-образной формы, развитые в зонах волочения в мощных чешуйчатых взбросах (надвигах) и других разрывах	Сухой Лог (Я), Мурунтау (У), Бакырчик (К), Поркьюпайн (Канада), Комшток (США)	1
Гнёзда в сужениях раздувов жил	Участки золоторудных тел и жил в их сужениях, «закупоренных» обильной брекчией вмещающих пород и метасоматитов	Дарасун (З), Мурунтау (У), Чармитан (У)	
Гнёзда в штокверковых рудах, сопровождающих пересечения (и смещения) золоторудных зон, жил и других рудных тел	Богатые штокверковые и жильные руды на пересечениях золоторудных зон и тел, в прожилках, субпараллельных и сопровождающих пересекающиеся рудные образования	Дарасун (З), Мурунтау (У), Павлик (Я), Наталкинское (Я)	2
Гнёзда на ограничениях рудных тел поперечными и косопоперечными дорудными ограничителями	Богатые прожилковые (реже жильные) руды под экранирующей поверхностью поперечных и косопоперечных дорудных ограничителей	Дарасун (З), Павлик (Я), Чармитан (У), Берикюль (Зап. Сиб.), Калгурли (Австралия), Норсмен (Австралия)	3, А

Окончание таблицы

Название типа	Краткая характеристика геологического строения типа гнёзд	Примеры месторождений	Ссылка на рисунок
<i>Первая группа гнёзд – в однородной среде</i>			
Богатые и особо богатые гнёзда в структурных ловушках типа «островерхий шалаш»	В «ловушках» между расходящимися и погружающимися граничными разрывами в районе площадок торможения локализуются богатейшие брекчиевые руды и развиваются многочисленные штокверки боковых сколов и отрывов с золоти́нами, бляшками и самородками, повышающими содержание золота до 5–11 кг/т	Балей (З), Агинское (Центральная Камчатка), Комшток (США)	4, А–В, Г – обобщённый пример, Д – положение эллипсоида деформации в период образования особо богатых руд
Гнёзда на пересечениях главными золоторудными разрывами оруденелых трещин древнего заложения	На пересечениях главных рудоносных разрывов и поперечных жил, прожилков (в трещинах древнего заложения) вдоль пересекающихся рудных образований локализуются боковые сопутствующие прожилковые и штокверковые зоны богатых руд	То же	5
<i>Вторая группа гнёзд – контактовые гнёзда на границах и вблизи границащих пород различного состава</i>			
Гнёзда вдоль контактов брекчированных зон даек, штоков, трубок брекчий и др.	Контактовые и приконтактовые гнёзда локализуются вдоль плавных, сглаженных контактов даек, размещающихся вблизи площадок торможения блоков пород, проявляющихся («действующих») в период оруденения	Кочкарское (Ур), Дарасун (З)	
Гнёзда в полосах поперечных лестничных жил и прожилков	Гнёзда богатых руд локализуются в поперечных лестничных жилах и прожилках от одного контакта даек до другого вблизи площадок торможения	Берёзовское (Ур), Кочкарское (Ур)	6, А
Гнёзда в веерах боковых сколов – прожилков под «днищами» силлов	Богатые руды сосредотачиваются в главных зонах и веерах оперяющих сколов, ограничивающихся тектоническими подошвами силлов, под их экранирующей поверхностью	Покровское (I и II) (Приамурская тектоническая зона)	6, Б
или под нависающими контактами магматических штоков	или под нависающими контактовыми разрывами	Чармитан (У)	
Гнёзда в слоистых толщах	В слоистых песчано-глинисто-сланцевых комплексах пород рудоносные разрывы могут использовать трещинки осевых плоскостей складок	Кокпатас (У), Светлинское (Ур)	7
Гнёзда в прослоях, благоприятных для оруденения (например, карбонатных) пород	Гнёзда «часто расположенных» богатых прожилков в прослоях карбонатных пород (или карбонатсодержащих песчаниках)	Даугыс (У)	8

Примечание. Список районов расположения месторождений: У – Узбекистан, З – Забайкалье, Я – Якутия, К – Казахстан, Ур – Урал, Зап. Сиб. – Западная Сибирь.

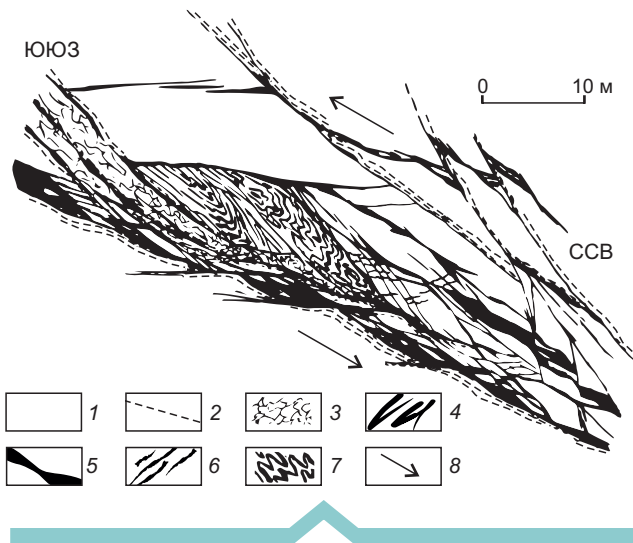


Рис. 1. Месторождение Сухой Лог. Упрощённая и обобщённая зарисовка северной стенки штольни № 2 на интервале 540–585 м от её устья и интерпретация геологических элементов выше кровли и ниже почвы штольни. Разрез. По данным Ю. И. Новожилова и А. М. Гаврилова:

развитие псевдоскладчатых полос изогнутых и подобных друг другу S-, Z- и L-образных золоторудных прожилков богатых руд (второй тип гнёзд) на перегибах мощных золотоносных зон чешуйчатых надвигов; 1 – рудовмещающие протерозойские переслаивающиеся песчаники и алевролитоглинистофиллитовые сланцы; 2 – мощные швы сухой гидротермально-изменённой глинки трения; 3 – участки дробленных метасоматитов и вмещающих пород; 4 – чёткие прямолинейные золоторудные прожилки; 5 – раздувы и «чётки» золоторудных жил; 6 – короткие изогнутые рудные прожилки в трещинках отрыва; 7 – псевдоскладчатые полосы изогнутых подобных прожилков в зонах волочения; 8 – направления движений тектонических блоков пород (возможно в период оруденения)

до 7–12 м (а местами – до первых десятков метров) и мощностью от долей метра до нескольких метров. Наиболее высокие концентрации золота обнаруживаются в узлах отделения боковых прожилков [1, 2, 13 и др.]. При этом наиболее перспективны протяжённые отрезки жил, в пределах которых от них отделяются выдержанные и сравнительно мощные боковые сколы-апофизы, в то время как оруденелые боковые отрывы – короткие и изогнутые апофизы – более редки и приурочиваются исключительно к притёртым интервалам или площадкам торможения рудовмещающего разрыва. Альтернативой может быть рудоносная зона, представленная маломощным рудовмещающим мелкоизогнутым разрывом со слаборудоносными линзочками и очень редкими боковыми сколами-апофизами. Подобные жильные образования

обычно слабозолотоносны и не представляют такого промышленного интереса, как трещинные гнёзда.

Второй тип рудно-трещинных гнёзд обычно сочетается с первым. Это скопления богатых штокверковых и мелкосетчатых руд в узлах отделения серий многочисленных и протяжённых сближенных прожилков-апофиз. Последние залечивают пучки боковых оперяющих сколовых трещин, отделяющихся от золоторудных линз и жильных раздувов-чётков на перегибах жил [3]. Подмечено, что при этом возникают два типа руд – штокверковые и сетчатые. Штокверковые обычно характеризуются прожилками мощностью 0,5–2 см и более высокой концентрацией в них золота, а альтернативные им сетчатые являются более тонкими (менее 0,5 см). К этому же типу следует причислять изогнутые и мощные (от долей до 5–7 м, возможно и более) полосы S-, Z- и L-подобных прожилков богатых руд с попутной обильной рудной вкрапленностью в зонах волочения на перегибах мощных золотоносных зон чешуйчатых надвигов (рис. 1). Они слагают наклонные, сложноизогнутые, местами как бы опрокинутые «псевдоскладки» повторяющихся прожилков с сопутствующей вкрапленностью рудных минералов и высоким содержанием золота. Наиболее часто они наблюдаются на перегибах чешуйчатых надвиговых плоскостей скольжения в зонах мощных надвиговых структур сложного внутреннего строения наподобие рудоносных структур Сухого Лога (см. рис. 1), Бакырчика, изредка на Мурунтау и в некоторых зонах Поркьюпайна в Канаде, Комштока в США и на других месторождениях.

Третий тип гнёзд – скопления тектонической брекчии в сужениях жил и линз, как бы цементирующих, запечатывающих их жильными минералами, преимущественно карбонатами, кварцем или халцедоном. Обильная брекчия в сужениях трещинных полостей, образующаяся вблизи субпоперечных разрывов или площадок, тормозящих движение тектонических блоков притирающимися поверхностями, могла способствовать раскристаллизации рудоносных растворов, проникавших в раскрытые трещинные полости.

Четвёртый тип золоторудных гнёзд часто встречается на золоторудных месторождениях, особенно древнего возраста, и представляет собой гнёзда в узлах пересечения и нередко смещения рудоносными жилами или зонами прожилков золотоносных тел другого направления. Подобная ситуация, например, наблюдалась на юго-восточном участке месторождения Дарасун (рис. 2). Здесь в эксплуатационных выработках одной из штолен протяжённая и выдержанная жила Главная (с азимутом простирания около 60°–65° и крутым падением) была

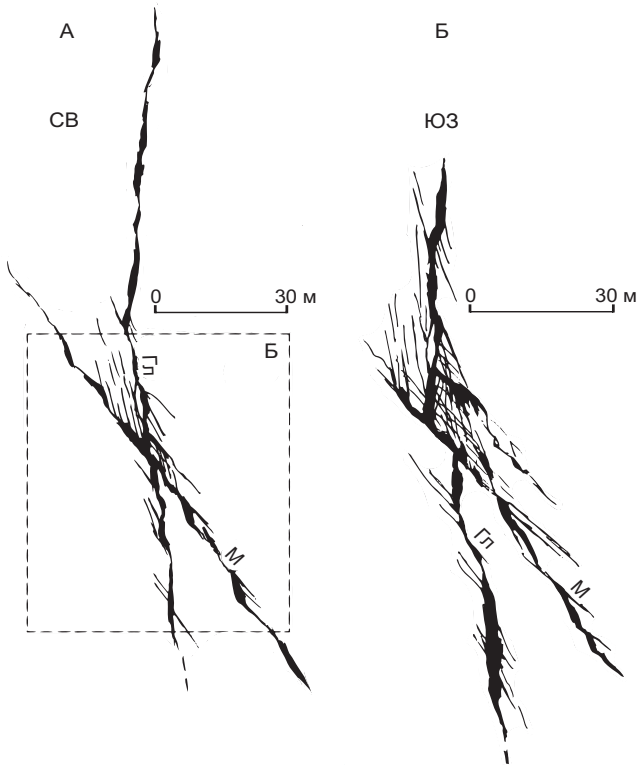


Рис. 2. Месторождение Дарасун. Зарисовка стенки эксплуатационного блока в подэтажных штреках штольни с абс. вертикальной отметкой около 700 м:

золоторудные гнёзда на пересечениях рудоносных зон (четвёртый тип гнёзд); А – жила Главная (Гл) пересекается (и смещается) жилой Медведевской (М); Б – показан узел пересечения рудоносных зон и жил с богатыми пирит-арсенопирит-кварцевыми прожилковыми и штокверковыми рудами (гнёзда четвёртого типа); см. услов. обозн. к рис. 1

пересечена и смещена Медведевской жилой, падающей на юго-восток под углом около 60° . В узле пересечения и смещения Главной и Медведевской жил проявились серии обильных попутных золоторудных прожилков, параллельных жилам. В результате рассматриваемый узел представляет собой не только участок пересечения жил с образованием мощного (до 0,7–3,0 м) раздува, но и сопровождающую его штокверковую сеть сульфидно-кварцевых или карбонатно-кварцевых прожилков (см. рис. 2) нескольких направлений, представленных скоплениями рудных минералов с тонкими золотишками в мощных жильных и прожилковых образованиях (на пересечениях), а нередко и видимых золотинок и «жуков». Пересечение и смещение, очевидно, произошло в период оруденения, в частности, во время залечивания трещинных полостей. Плотность прожилков в узле смещения достигала 10–15 и более на поперечный метр, а содержание золота в рудах свыше 50–70 г/т.

Пятый тип гнёзд обуславливается узлами ограничения золоторудных тел экранирующими поперечными (или косопоперечными) дорудными ограничителями (то есть с ориентировкой ограничивающих плоскостей, близкой к жильному или вкрапленному рудному телу). В этом случае наблюдаются зоны частых штокверковых золоторудных прожилков, залечивающих как веерообразно расщепляющиеся боковые оперяющие сколы ограничивающей жилы или жильного (либо вкрапленного) рудного тела (например, на Калгурли, Норсмани и Бакырчике, Чармитане, Берикеле), так и наследуемые прожилками более ранние боковые сколы и многочисленные трещины-спутники (трещины-сателлиты) ограничителя (рис. 3). На рис. 3, Б в качестве альтернативы показано, что узлы ограничения малоэнергичных и мелкоизогнутых рудоносных разрывов слабоперспективны для формирования богатых штокверковых руд.

Шестой тип, наблюдающийся на участках жильных месторождений, связан с узлами расщепления жил на равнозначные 2–3 (и более) ветви примерно сходной ориентировки и мощности (на жилы-соседки, по [11]). В узле их расщепления непременно образуется довольно плотная и «скрученная» брекчия вмещающих пород и метасоматитов, цементирующаяся короткими золоторудными прожилками самой разнообразной ориентировки, нередко с крупстификационными и полосчатыми рудами. По мере расхождения ветвей они, как правило, начинают соединяться рудоносными сколовыми перьями-апофизами и полосами трещин отрывов и залечивающих прожилков-апофиз (рис. 4). Между сходно ориентированными ветвями нередко возникает довольно протяжённая и мощная полоса золото-прожилковых руд с высокими и иногда очень высокими содержаниями благородных металлов, масштабами достигающая небольших (первые метры) золоторудных столбов типа гнёзд, например, обнаруженных на отечественных месторождениях Балей [11], Агинское [5, 9, 11] и Кочкарь [2], а в Канаде – на восточном фланге крупнейшего месторождения Кёркленд-Лейк [7, 8, с. 128, с. 147–149]. Аналогичная обстановка наблюдалась на месторождениях существенно вкрапленных и вкрапленно-прожилковых руд Калгурли и Норсмен [7] и др. в Австралии, Комшток в США [7, с. 16] и др.

Очень высокая концентрация золота и серебра, обнаруживаемая на близповерхностных месторождениях в рудных гнёздах шестого типа, побудила автора более детально рассмотреть излагаемый тип золоторудных гнёзд на примерах разведанного Агинского месторождения на Центральной Камчатке и месторождения Балей в Восточном Забайкалье.

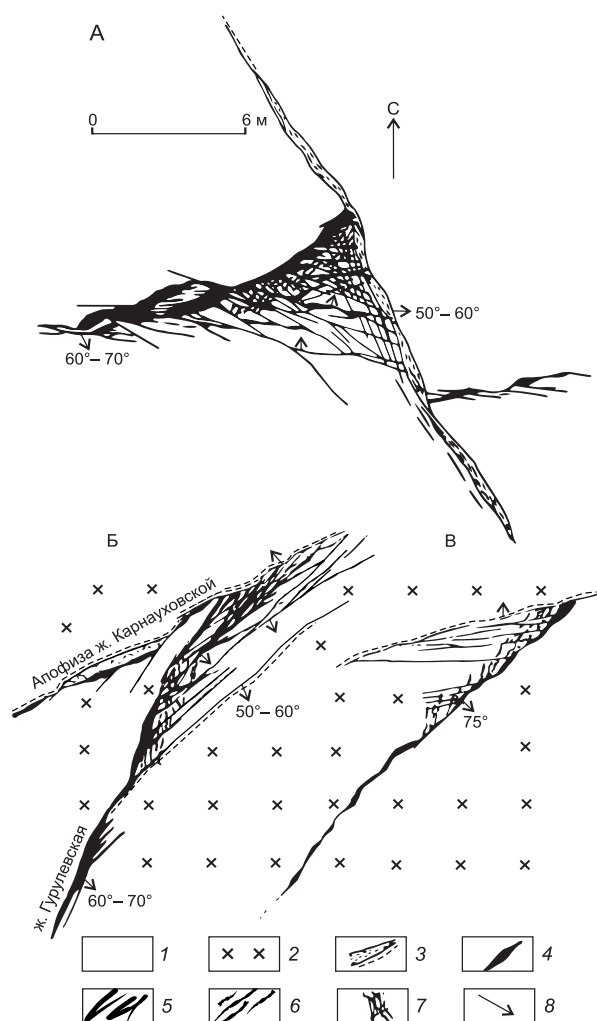


Рис. 3. Примеры скоплений богатых руд (золоторудные гнёзда пятого типа) в узлах ограничения золотоносных жил поперечными (А) и косо-поперечными (Б) дорудными ограничителями; В – (как альтернатива) показано ограничение маломощной золоторудной жилы, фиксирующееся развитием мелких скоплений убогих руд. Планы:

А – месторождение Мурунтау, зарисовка уступа карьера на горизонте 100–110 м ниже поверхности: ограничение сравнительно мощной жильно-прожилковой зоны дорудным поперечным ограничителем; юго-восточный участок: ограничение апофизой жилы Карнауховской Гурулёвской золоторудной жилы; В – как альтернатива образованию богатых руд; показано ограничение маломощного мелкоизогнутого прожилка, с убогими рудами; месторождение Дарасун, зарисовка кровли штольни с абс. вертикальной отметкой около 790 м; 1 – переслаивающиеся песчанико-алевролит-филито-глинистосланцевые породы; 2 – гранодиорит порфиры; 3 – тектонические швы сухой гидротермально-изменённой глины трения; 4 – раздувы золоторудных жил; 5 – чёткие прямолинейные прожилки, преимущественно залечивающие боковые сколы; 6 – короткие изогнутые прожилки в оперяющих трещинах отрыва; 7 – участки богатых штокверковых руд, представленные прожилками-апофизами ограничивающихся жил и прожилками, сопутствующими дорудным ограничителям; 8 – направление падения геологических элементов

На обоих месторождениях золоторудные гнёзда представлены расщепляющимися маломощными (доли метра) рудоносными зонами дробления метасоматитов на две, изредка на три равнозначные ветви (см. рис. 4). Крайние зоны образуют двугранный угол, превышающий 45° , и соединяются короткими жилами и прожилками халцедоновидного кварца, залечивающими оперяющие сколы внутри «расщепления». Соединительные прожилки и жилы максимально проявляются при наименьших углах расщепления. В этом случае роль соединительных прожилков берёт на себя пучок сколов и довольно мощных (до 10 см) залечивающих прожилков внутри расщепляющихся разрывов. При этом трещины пучка ориентируются почти как крайние граничные нарушения, всегда погружающиеся в противоположные стороны. Например, на Балее [6, с. 225, рис. 2] одно направление на северо-запад, а другое на северо-восток, при погружении перегиба постройки в южном направлении. В результате при смыкании пограничных разрывов образуется мелкая структурная постройка типа «островерхий шалаш». Постройка, как правило, опрокинута и её «конёк» – перегиб «шалаша» – круто погружается в сторону смыкания ветвей. Н. В. Петровская, П. С. Бернштейн и М. Г. Андреева [11] считали, что они наблюдали на Балейском месторождении фрагменты круто склоняющихся изогнутых колонн или «стволов скрученных брекчий», как бы использующих линии перегиба постройки – «конька». Обломки оказались представленными мелкой (в среднем 2–4 см) чешуйчатой брекчий кварцита с раковистой и маслянистой поверхностью тёмно-зелёного, почти чёрного цвета, преимущественно хлорит (корренсит на Агинском месторождении) – кварцевого состава. Изредка в них наблюдались мелкие самородки (протяжённостью 7–10 мм) и бляшки ярко-жёлтого золота в ассоциации с довольно многочисленными тонкими прожилками кварца [11, с. 277], вплоть до волосовидных, и редкими вкрапленниками пирита, халькопирита, сфалерита и галенита в «хвосте» гнёзд (то есть, может быть, в местах проникновения растворов). Н. В. Петровская, П. С. Бернштейн и М. Г. Андреева во второй части своей книги [11] интерпретируют описанные изогнутые колонны золотоносных глинистых брекчий метасоматитов как следы просачивания поднимающихся и разгружавшихся золото- и серебросодержащих гидротермальных растворов, попадающих вверх по восстанию в замкнутую рудную ловушку, по В. И. Смирнову [13]. Разгружающиеся растворы в ловушке глинистых брекчий приводили к появлению руд с содержанием золота на Балее в интервале 500–1000 г/т, а на Агинском месторождении максимально до 11 кг/т [5, с. 277].

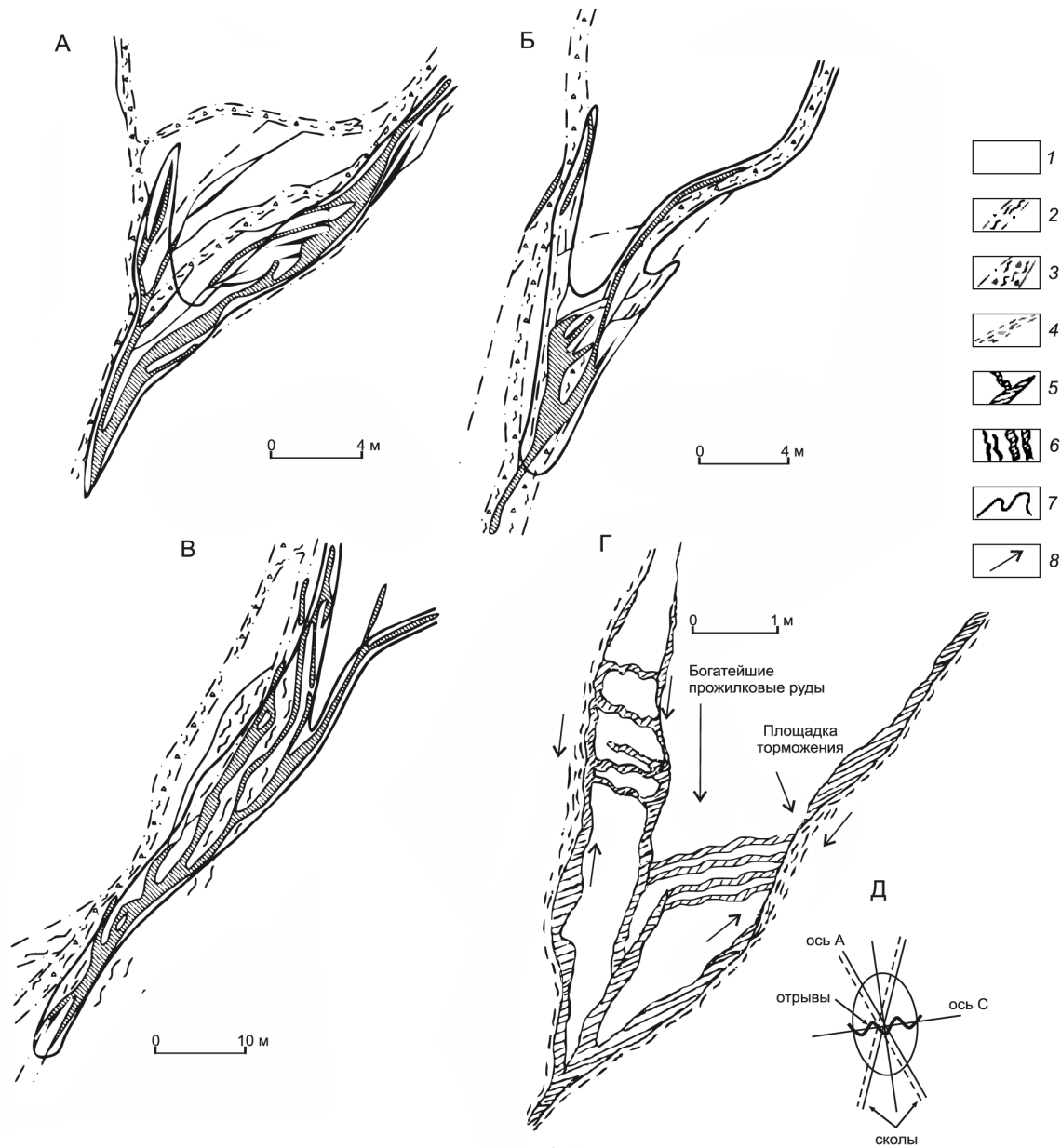


Рис. 4. Золоторудные особо богатые гнёзда шестого типа (небольшие рудные столбы, по И. Д. Петренко [5, рис. 176; 9], локализованные на участке Агинского месторождения (Центральная Камчатка):

показано, что рудно-трещинные гнёзда шестого типа размещаются в узлах расщепления золоторудных жильно-прожилковых зон в пропилитизированных андезитах и андезито-базальтах. План; А – гнездо «Сюрприз» на горизонте с вертикальной отметкой 1260 м и оно же на Б – горизонт 1210 м (то есть распространяясь в разрезе более чем на 50 м). На том же горизонте (1210 м) локализовано другое гнездо (В) – «Малыш». Здесь показывается приуроченность особо богатых гнёзд шестого типа к узлам расщепления золоторудных жильно-прожилковых зон в структурных ловушках «опрокинутый островерхий шалаш». В ловушках этого типа развиваются соединительные разрывы-сколы и широтные отрывы, залечивающиеся богатейшими золото-сульфидно-кварцевыми прожилками с многочисленными золотинками, бляшками и возможно мелкими самородками, повышающими содержание металла максимально до 11 кг/т руды; Г – обобщённый пример локализации скоплений богатейших руд (с содержанием золота до 5–10 кг/т руды), объясняющийся образованием в узлах расщепления (в ловушках) полос ступенчато-изогнутых золоторудных прожилков в широтных трещинках отрыва, которые отделяются от «местных» площадок торможения тектонических блоков во внутрирудное время. План; Д – ориентировка эллипсоида деформации в районе «местных» площадок торможения тектонических блоков в период оруденения: 1 – рудовмещающие андезиты и андезито-базальты; 2 – золоторудные зоны с гидротермально-изменённой глиной трения; 3 – то же, с обильной брекчией; 4 – швы, представленные глиной трения и её примазками; 5 – золоторудные кварцевые жилы и прожилки; 6 – ступенчато-изогнутые полосы богатейших золоторудных прожилков в широтных трещинках отрыва; 7 – контуры (границы) гнёзд с очень высоким содержанием золота и серебра; 8 – направления перемещений блоков пород во внутрирудное время

Седьмой тип гнёзд возникает на месторождениях, энергично наследующих раннюю трещиноватость палеозойских (очень редко раннемезозойских) песчано-глинисто-сланцевых и других пород. Пересекая широкие (десятки и даже сотни метров) полосы таких трещиноватых пород, боковые сколы секущих рудоносных разрывов используют (наследуют) раскрывшиеся в период оруденения субпоперечные (по отношению к главным) трещины и образуют в них зоны протяжённых прожилков и маломощных жил, сопровождающихся полосами многочисленных субпараллельных сопутствующих рудных жил и прожилков, например, широтного направления при главных мощных северо-восточных жилах, как это проявилось на месторождении Кючус в Якутии [5, рис. 127], или вдоль субширотных жил месторождения Мурунтау в Узбекистане. При этом образуются полосы штокверковых и прожилковых руд, сопровождающие главные жильные тела на названных месторождениях (рис. 5) и возникающие при этом дополнительные полосы прожилков богатых (в участках пересечения) гнёзд жильно-прожилковых и вкрапленных руд с содержанием золота в десятки и сотни г/т. Об этом свидетельствуют руды как упомянутых месторождений (Мурунтау, Кючус, Павлик, Карамкен и особенно Карамкенского золоторудного столба, Агинских гнёзд и др.), так и Старого Берикюля, Балея и др.

Типы гнёзд вблизи и на границах пород различного состава. Рассматриваемые золоторудные гнёзда контактового типа (см. таблицу) по своему трещинному строению, как правило, менее разнообразны по сравнению с образованиями первой группы. Дело в том, что строение их в большей степени зависит от прочностных свойств контактирующих пород, чем от структурного рисунка (комбинации) разрывов, вмещающих и обуславливающих их проявление [2–5, 10, 12]. Последние возникают исключительно в узлах проникновения разрывов из одних пород в другие (то есть из одной среды в другую). При этом одни породы могут оказаться слоистыми, состоящими из прослоев различного состава, а в другой обстановке – однородными, массивными, прорываемыми субвулканическими или интрузивными телами, например, дайками, трубками экстразивных брекчий или магматическими штоками и др. Трещинный рисунок, используемый гнёздами, всегда возникает в узле смены пород и таким образом как бы ограничивается пространственно. Наиболее хрупкая контактирующая порода брекчируется, рассланцовывается, будинируется, в ней возникают многочисленные короткие трещины, в том числе сколы и отрывы, залечивающиеся минеральным веществом [2, 4, 5, 10–12 и др.], золотосодержа-

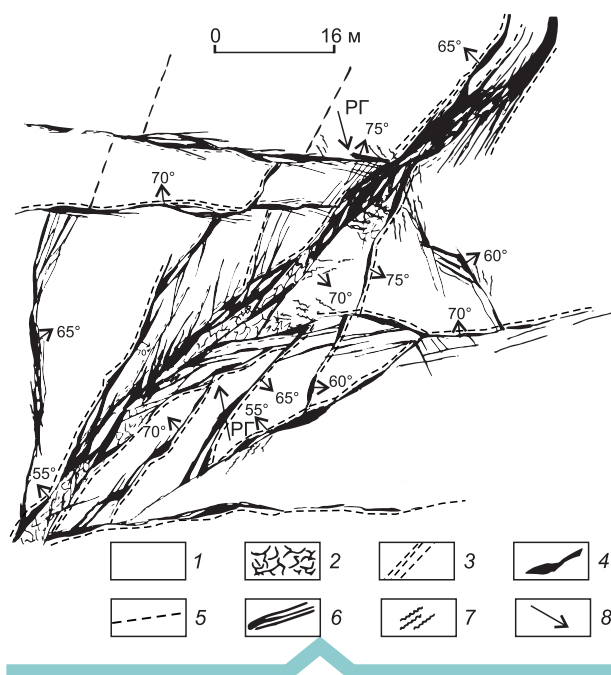


Рис. 5. Месторождение Кючус (Якутия). Приуроченность рудных гнёзд богатых жильно-прожилковых и штокверковых руд (гнёзд седьмого типа) к узлам пересечения и смещения главными магистральными жильно-прожилковыми рудными телами жил и прожилков поперечной мощной зоны трещиноватости раннего заложения:

детально выполненная зарисовка небольшого участка горизонта штольни с отметкой +80 м, по материалам ГРП, геол. службы рудника, В. О. Коношева и др. [5, часть рис. 74]). План (для лучшего восприятия строения участка и локализации золоторудных гнёзд контуры горных выработок сняты, мощность золоторудных тел немного увеличена); 1 – пересекающиеся песчаники, алевриты и аргиллиты среднего триаса; 2 – рудоносные зоны дробления, сопровождающиеся золоторудными прожилками и вкрапленностью пирит-арсенипирит-кварцевого состава с «тонкими золотинками» (РГ – гнёзда седьмого типа); 3 – сухая, гидротермально-изменённая тектоническая глина трения; 4 – золоторудные жилы с раздувами; 5 – предполагаемые смещённые продолжения золоторудных тел; 6 – золоторудные прожилки, преимущественно залечивающие прямолинейные сколы; 7 – короткие и изогнутые золоторудные прожилки, преимущественно залечивающие оперяющие трещины отрыва; 8 – углы падения геологических элементов

щими минералами и минералами золота и серебра, как бы скрепляющими обломки пород, а также образующимися в околорудных метасоматитах в виде вкрапленников, прожилков и жил.

Обычно гнёзда второй группы оказываются представленными вкрапленно-прожилковыми, реже прожилковыми и жильными рудами, локализующимися в трещинках зон дробления или в разрывах,

нередко развитых в рудоносных метасоматитах различного состава. Последние, как правило, предпочитают развиваться в наиболее хрупких образованиях. Нередко рудно-трещинные гнезда второй группы обнаруживаются в метасоматитах сложного карбонатно-альбит-эпидот-хлорит-серицит-кварцевого состава. Чаще всего встречается контактовый тип золоторудных гнезд, приуроченных к тектонически осложнённым поверхностям (контактам) даек, штоков и трубчатых тел [3], размещающихся в магматических образованиях средних, щелочных (сиенитовых) и кислых пород (гнезда восьмого типа). Строение и особенности размещения некоторых золоторудных гнезд второй группы повторяют характерные черты, присущие гнездам первой группы.

Очень интересно это подтверждается гнездами Покровских жил на Кочкарском месторождении Южного Урала [1, 2]. Здесь вдоль одной из южных главных жил Покровской группы золоторудные гнезда локализируются, по-видимому, в приоткрывшихся интервалах контактного рудоносного разрыва, приспособившегося к поверхности одной из даек кварц-диоритовых порфириров. Рудоносный разрыв прослеживается на запад вдоль южного контакта дайки. Он был закартирован автором на протяжении более 50 м. Максимальная протяжённость её, как известно [2, 5], превышает 1000 м. Контактные жилы по падению также выдержанны и прослежены на глубину до 800 м, например в выработках шахтного горизонта с абсолютной отметкой 662 м, а также более глубокими (ниже, на уровне 750 м) разведочными скважинами. Покровский разлом, как известно [1, 2], под углом 50° – 60° погружается на юг-юго-восток. Дайка, отделившаяся от «разломного магматического тела» того же состава, прослеживается на запад, падая в противоположном северном направлении под углом около 60° – 70° . Закартированная Покровская жила протягивается на запад. Часть жилы (южной из серии) сопровождается тремя сменяющими друг друга контактными золоторудными гнездами восьмого типа. Гнездо, наиболее близко расположенное по отношению к разлому, приурочено к его зоне раздробленных березитов, заключённой между разломом и широтной дайкой. В пределах указанного участка вдоль жилы широко проявились полосы выдержанных боковых сколов-апофиз, протягивающихся пучками на запад-юго-запад, а также многочисленные короткие изогнутые золоторудные кварцевые прожилки, как бы цементирующие и скрепляющие брекчию метасоматитов. Жилы и прожилки характеризуются полосчатой, крустификационной, местами друзовой текстурой руд (в центральных «щелях» жил), сопровождающейся вкрапленностью пирита, арсенопирита, халькопирита, блёк-

лых руд и других рудных минералов железа, меди, свинца и цинка. Содержание золота в рудоносных брекчиях превышает местами 80–100 г/т. Западнее, примерно через 7–10 м в изогнутом интервале жилы, мощность её возрастает почти до метра. Этот линзообразный протяжённый (5–8 м) интервал жилы, протягивающийся вдоль южного контакта дайки, оказался осложнённым полосой рудных прожилков, отделившихся от раздувов жилы и залечивших боковые сколы. Они проникли во вмещающие породы на 3–7 и более метров. Прожилки сложены богатыми сульфидно-кварцевыми рудами с содержанием золота до 100 г/т. Наконец, с перерывом около 10–13 м, Покровская жила «упирается» в дорудный ограничитель северо-восточного направления и трансформируется в прожилковую зону запад-северо-западного направления. Плотность рудных прожилков в зоне достаточно высокая (до 5–10 на метр). Совместно с прожилками, сопровождающими ограничитель, они образуют третье гнездо с содержанием золота в рудах 40–100 г/т. Завершая описание, необходимо подчеркнуть, что локализация жилы и гнезд богатых руд произошла исключительно вдоль южного контакта дайки, там, где тектонически нарушенная её контактовая поверхность отличалась полным отсутствием апофиз (при широком проявлении их вдоль северного ненарушенного контакта дайки). Очевидно, плавная сглаженность южного контакта позволила тектоническому блоку беспрепятственно перемещаться на максимальные амплитуды в процессе оруденения, раскрывая изгибы контактового рудовмещающего разрыва и сопутствующих трещин и обуславливая просачивание в них золотосодержащих растворов. В результате на месторождении вдоль южного контакта дайки с группой золоторудных гнезд на протяжении более 50 м оказался проявленным довольно масштабный золоторудный столб.

Девятый тип рудно-трещинных гнезд представлен обычно короткими лестничными маломощными жилами и прожилками, пересекающими дайку от одного их контакта до другого. Намного реже возникают косесекущие дайку (обычно более позднего времени образования) маломощные зоны дробления метасоматитов и веер оперяющих их боковых сколов и отрывов-апофиз (рис. 6) с сопутствующей рудной вкрапленностью. Обычно мощность жил и прожилков не превышает 10–15 см, расстояния между ними – 1–2,5 м. По выходу из тела дайки жилы и прожилки выклиниваются, преобразовываясь в несколько тонких прожилков, в которых содержание золота вблизи «покидаемого» контакта также обычно превышает содержания металла в жиле или в зоне дробления в 3–4 раза. Такие полосы жил и прожилков на Берёзовском месторождении (Южный



Рис. 6. Золоторудные гнёзда (девятый тип):

гнёзда представлены: А – полосами лестничных жил в дайках; план, пример Березовского месторождения на Южном Урале, по [2, 3, 6, 11, 12]. Серии поперечных богатых золоторудных жил и прожилков, протягивающиеся от одного контакта дайки до другого и локализующиеся в дайках со сглаженными, лишёнными апофиз, но тектонически нарушенными плавными контактами. Пример локализации рудных гнёзд вблизи апофиз дайки, тормозящих перемещение вдоль неё блоков пород в период оруденения; Б – месторождение Покровское (Приморская провинция), разрез: расщепление золоторудной жилы под экранирующей поверхностью силла на веер прожилков с богатыми рудами; 1 – дайко- и рудовмещающие породы; 2 – плагиогранит-порфиры и гранит-порфиры позднего палеозоя; 3 – дацит и риолит-порфиры, слагающие силлы; 4 – тектонические швы с сухой гидротермально-изменённой глиной трения; 5 – зоны дробленной породы или метасоматитов; 6 – прямолинейные золоторудные прожилки и маломощные жилы; 7 – короткие изогнутые прожилки в трещинах отрыва; 8 – границы силлов, представленные вулканитами кислого состава

Урал) прослеживаются непрерывно в дайках на протяжении от 7–10, местами до 30 м. Каждый из прожилков обычно характеризуется сульфидно (пирит, арсенопирит, сульфиды цветных металлов)-карбо-

нат-(альбит)-кварцевым составом (или близповерхностным халцедоном) с полосчатой текстурой руд (с полосами рудных минералов различного состава). На раскрытых перегибах рудоносных разрывов полосчатые руды сменяются таблитчато-крустификационными (за счёт карбонатов) и друзовыми рудами иногда с прекрасными кристаллами хрусталя. На поверхности «жилных» кристалликов порой удаётся наблюдать золотишки размером от сотых до тысячных долей миллиметра. Содержание золота в телах прожилков, жил и зон могут достигать сотен и более г/т. Проявление полос лестничных жил в дайках (очень редко вблизи контактов трубчатых тел) объясняется, по мнению автора, появлением в дайках перегибающихся участков или площадок дорудных косо-субпоперечных ограничителей, а также апофиз магматических тел. Хорошо знакомые с рудной геологией тектонофизики [4, 14 и др.] полагают, что торможение (в период оруденения) движущегося блока пород вдоль дайки с осложняющей её апофизой или площадкой ограничителя (площадкой торможения) разряжается в пределах ближайшего участка дайки и пространственно ограничивается ближайшими боковыми сколами, отрывами и даже трещинами, сопутствующими контактам дайки. Указанными (и другими) тормозящими элементами геологии могут быть объяснены участки проявления лестничных жил (см. рис. 6, А). Это служит предпосылками их обнаружения на ещё неизученных флангах даек.

В рудных районах, характеризующихся проявлением силлов, золоторудные гнёзда девятого типа обнаруживаются в узлах пересечения расщепляющимися рудоносными разрывами нависающих тектонических поверхностей этих образований, например, силлов на Покровском месторождении в Приморской провинции (см. рис. 6, Б), а также под поверхностями пространственно рудоконтролирующих магматических (субвулканических) тел мезо-кайнозойских дацит-риолитов (например, в Румынских Балканах) или палеозойских сиенит-порфиров (на Чармитанском месторождении в Тянь-Шане, Узбекистан).

На Покровском месторождении проявились рудоносные «донные залежи» с «языками» субмеридионального направления [5, с. 190, рис. 112]. Они возникли на участках Покровка I и II вдоль «ложбин»-впадин, образованных зонами субмеридиональных разрывов. Можно считать, что при поперечном пересечении наиболее густая сеть прожилков и богатые руды золота (сотни г/т) обнаруживаются вдоль субсогласных интервалов магматических тел и главных жил. Жилы расщепляются сразу же после «выхода» из «дайковмещающей» среды (см. рис. 6, А). Напомним, что внутри мощных штоков, силлов и даек,

а также в трубообразных телах брекчий сеть золоторудных гнёзд подчиняется правилам и закономерностям локализации богатых руд в однородной рудовмещающей среде.

Наряду с магматическими телами богатые руды в жилах (см. таблицу, золоторудные гнёзда второй группы) изредка возникают в различных контактирующих породах, проявляющихся в слоистых толщах. Так, например, в слоистых песчано-глинисто-сланцевых комплексах пород рудоносные разрывы могут использовать (наследовать) трещинки осевых плоскостей складок (в том числе, мелких – десятый тип рудных гнёзд). В частности, автор совместно с сотрудниками ЦНИГРИ В. И. Гуреевым, Д. И. Дорофеевым и др. обнаружил и зарисовал узел проникновения рудоносного разрыва северо-восточного простирания в шарнир мелкой антиклинальной складки, сложенной различными породами. Шарнир представлен прослоем глинистых известняков в толще алевролитовых сланцев на Северо-Западном участке эксплуатирующегося месторождения Кокпатас (Узбекистан). Перед формированием рудно-трещинного гнезда в шарнир складки произошло нагнетание пластичных известняков, образовавших слой мощностью около 2–3 м (рис. 7). В известняках вдоль плоскости рассекающего их разрыва изогнутые пластовые шарнирные трещинки раскрылись в период оруденения, и произошло образование полосы подобных рудных прожилков и сопровождающей их золоторудной вкрапленности (см. контактовые гнёзда, десятый тип). На отбитых поверхностях кварцевых прожилков нередко обнаруживалась целая россыпь «звёздочек» золотосодержащих пирита, арсенопирита, халькопирита, блёклых руд, а также мелких (около сотых долей миллиметра) золотинок, фрейбергита, айкинита и других минералов, в пробирном анализе которых устанавливалось не менее 50–100 г/т золота, а часто и более. Интересно, что «висячие» крылья «кварцевой складочки» в её шарнире (см. рис. 7) всегда оказывались протяжённее и мощнее «лежащих» крыльев, поскольку первые использовали более чёткие плоскости раскрывшихся оперяющих сколов.

Наконец, необходимо отметить проявление золоторудных гнёзд в прослоях легкозамещаемых пород, например, карбонат-содержащих песчаников, обнаруженных Н. Я. Гурейкиным на месторождении Даугыз (Узбекистан). Здесь в пласте песчаника, пересечённом рудоносным разрывом (рис. 8), вдоль веера оперяющих его сколов проявилась как зонка волочения подобных золоторудных прожилков, так и сопровождающая их обильная вкрапленность рудных минералов и мелких и тонких золотинок (сотые доли миллиметра) – гнёзда одиннадцатого типа. Содержа-

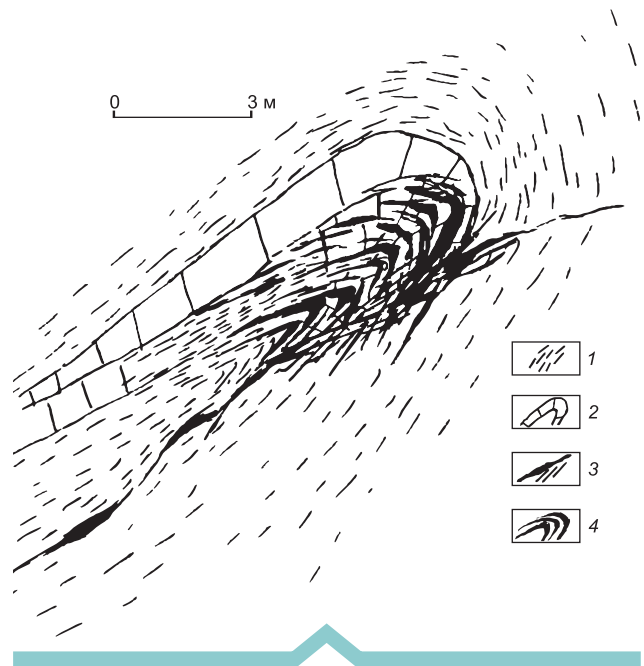


Рис. 7. Пример месторождения Кокпатас, Узбекистан. План:

гнездо в шарнире мелкой антиклинали, сложенной различными слоистыми породами (десятый тип гнёзд) и осложнённой продольным рудоносным разрывом, сопровождающимся зоной богатых золоторудных прожилков в благоприятной среде; 1 – песчанико-алевролитово-филлитово-глинисто-сланцевые породы раннего палеозоя; 2 – прослой глинистого известняка; 3 – прямолинейные золоторудные прожилки, в том числе в оперяющих сколах; 4 – золоторудное гнездо, представленное полосой изогнутых подобных золоторудных прожилков богатых руд (в зонке волочения) в шарнире складки

жание золота в гнезде составило десятки грамм в тонне руды (при среднем содержании на месторождении около 2,5 г/т).

Таким образом, среди контактных и приконтактных золоторудных гнёзд богатых руд второй группы можно выделить не менее 4 типов рудно-трещинных гнёзд различного строения и формы, проиллюстрированных рисунками 6–8.

Заключение. Обзор выявленных в настоящее время золоторудных гнёзд свидетельствует об их развитии как в однородной рудовмещающей среде, так и в виде контактовых образований на границе пород различного состава и хрупкости. Соответственно изложенному устанавливаются две группы гнёзд: 1) сравнительно многочисленная (7 типов) в однородной среде, где их строение и размещение обуславливаются исключительно благоприятным сочетанием (комбинацией) рудовмещающих разрывов, оказавшихся доступными для поступающих золотосодержащих растворов, 2) группа гнёзд вблизи и на границе

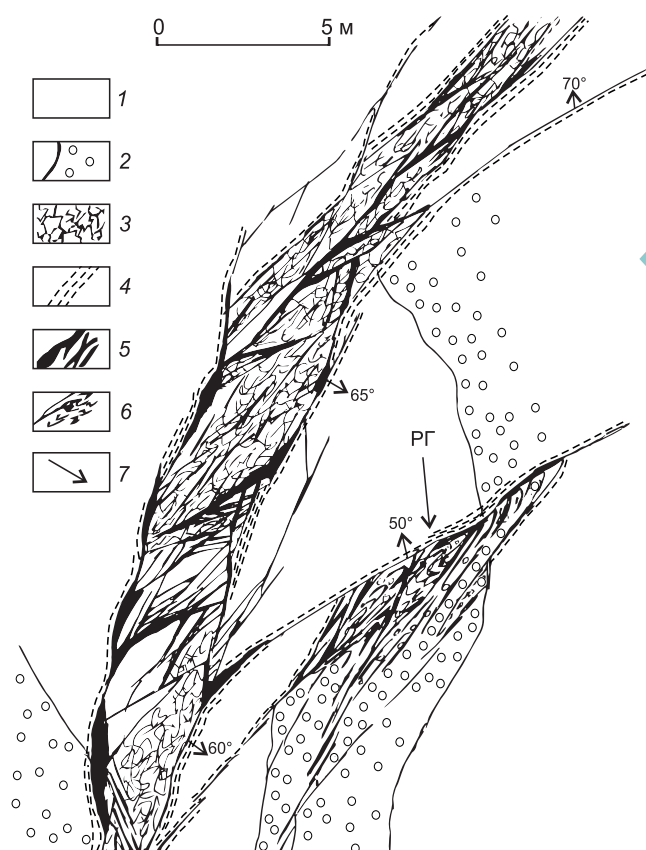


Рис. 8. Месторождение Даугыз. Зарисовка участка кровли «штрековой штольни» и рассечки. План:

размещение золоторудного гнезда (РГ) богатых прожилково-вкрапленных руд (одиннадцатый тип контактовых гнёзд) в пачке тонкого переслаивания песчаника и алевролитов, рассекающихся разрывом-ограничителем, косоориентированным к слоистости, под его экранирующей поверхностью: 1 – толща переслаивания песчаников, алевролитов, аргиллитов и их сланцев раннего палеозоя; 2 – пачка тонкого переслаивания глинистых песчаников и алевролитов; 3 – зоны дробления серицит-кварцевых метасоматитов; 4 – тектонические швы и примазки сухой гидротермально-изменённой глинки трения; 5 – кварцевые жилы и прожилки с сопровождающей их рудной вкрапленностью пирита, арсенопирита, сульфидов цветных металлов и минералов буланжерит-антимонитовой группы, а также с мелкими и тонкими золотинками; 6 – полосы изогнутых подобных золоторудных прожилков в зонах волочения, сопровождающихся рудной вкрапленностью; 7 – углы падения геологических элементов

различных пород, контролирующаяся наиболее хрупкой благоприятной средой (4 типа).

Гнёзда выступают составной частью более обширных и масштабных рудно-структурных построек, сложенных сравнительно богатыми рудами, в 2–4 и бо-

лее раз повышающими содержание золота по сравнению с рядовыми рудами – золоторудными столбами, заключающими группу или даже несколько групп гнёзд (например, Покровские жилы на Кочкарском месторождении). В связи с этим обнаружение гнёзд является предпосылкой для выявления масштабных рудных тел – золоторудных столбов, которые прослеживаются на многие десятки и первую сотню метров в плане и разрезе, с повышенным содержанием золота. Это необходимо знать геологам для стабильной и ритмичной работы золотодобывающих предприятий. Автор в данной статье рассмотрел только часть наиболее часто обнаруживаемых типов гнёзд, но изложенный материал может быть полезным геологам-разведчикам в их напряжённой работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаевский Н. И. Материалы по методам изучения структур и геологической перспективной оценки месторождений золота // Труды ЦНИГРИ. – М., 1960. – Вып. 35. – 417 с.
2. Бородаевский Н. И. Структурные критерии оценки месторождений золота // Труды ЦНИГРИ. – М., 1970. – Вып. 87. – С. 237–247.
3. Вольфсон Ф. И., Дружинин А. В. Месторождения золота // Главнейшие типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1982. – С. 274–302.
4. Гзовский М. В. Основы тектонофизики. – М.: Наука, 1975. – 535 с.
5. Константинов М. М. Золоторудные месторождения России. Приложения. – М.: ООО «Акварель», 2010. – 349 с.
6. Некрасов Е. М. О шаге размещения и прогнозирования золоторудных тел жильного типа // Известия вузов. Геология и разведка. – 2018. – № 4. – С. 40–50.
7. Некрасов Е. М., Дорожжина Л. А., Дудкин Н. В. Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. – М.: ООО «Астрейя-Центр», 2015. – 191 с.
8. Некрасов Е. М., Дорожжина Л. А., Дудкин Н. В., Косовец Т. Н. Систематика, структура и запасы золоторудных месторождений. – М.: ООО «Астрейя-Центр», 2019. – 241 с.
9. Петренко И. Д. Золото-серебряная формация Камчатки. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1999. – 116 с.
10. Петровская Н. В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 346 с.
11. Петровская Н. В., Бернштейн П. С., Мирчинк С. Г., Андреева М. Г. Геологическое строение, минералогия

и особенности генезиса золоторудных месторождений Балеиского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Труды ЦНИГРИ. – М., 1961. – Вып. 45. – Ч. 1. – 93 с. – Ч. 2. – 128 с.

12. Рожков И. С., Бородаевская М. Б. Золото / Рудные месторождения СССР в 3-х томах. Т. 3. // Отв. ред. академик В. И. Смирнов. – М.: Недра, 1978. – С. 5–76.
13. Смирнов В. И. Гидротермальные месторождения // Геология месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1976. – С. 224–345.
14. Шерман С. И., Семинский К. Ж. Тектонофизические исследования в Институте земной коры СО РАН: принципиальные достижения и актуальные задачи // Геодинамика и тектонофизика. – 2010. – Т. 1, № 1. – С. 4–23.

REFERENCES

1. Borodayevskiy N. I. Materialy po metodam izucheniya struktur i geologicheskoy perspektivnoy otsenki mestorozhdeniy zolota [Materials on methods of studying structures and geological prospective assessment of gold deposits], Trudy TSNIGRI, Moscow, 1960, Is. 35, 417 p. (In Russ.).
2. Borodayevskiy N. I. Strukturnyye kriterii otsenki mestorozhdeniy zolota [Structural criteria for assessing gold deposits], Trudy TSNIGRI, Moscow, 1970, Is. 87, P. 237–247. (In Russ.).
3. Vol'fson F. I., Druzhinin A. V. Mestorozhdeniya zolota [Gold deposits], Glavneyshiy tipy rudnykh mestorozhdeniy, Moscow, Nedra publ., 1982, P. 274–302. (In Russ.).
4. Gzovskiy M. V. Osnovy tektonofiziki [Foundations of tectonophysics], Moscow, Nauka publ., 1975, 535 p. (In Russ.).
5. Konstantinov M. M. Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii. Prilozheniya [Gold ore deposits of Russia. Applications], Moscow, Akvarel' publ., 2010, 349 p. (In Russ.).
6. Nekrasov Ye. M. O shage razmeshcheniya i prognozirovaniya zolotorudnykh tel zhil'nogo tipa [On the placement step and forecasting of vein-type gold ore bodies], Izvestiya vuzov, Geologiya i razvedka, 2018, No. 4, P. 40–50. (In Russ.).
7. Nekrasov Ye. M., Dorozhkina L. A., Dudkin N. V. Oso-bennosti geologii i struktury krupneyshikh zolotorudnykh mestorozhdeniy endogennoy klassa [Peculiarities of the geology and structure of the largest gold deposits of the endogenous class], Moscow, Astreya-Tsentr publ., 2015, 191 p. (In Russ.).
8. Nekrasov Ye. M., Dorozhkina L. A., Dudkin N. V., Kosovets T. N. Sistematika, struktura i zapasy zolotorudnykh mestorozhdeniy [Systematics, structure and reserves of gold ore deposits], Moscow, Astreya-Tsentr publ., 2019, 241 p. (In Russ.).
9. Petrenko I. D. Zoloto-serebryanaya formatsiya Kamchatki [Gold-silver formation of Kamchatka], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 1999, 116 p. (In Russ.).
10. Petrovskaya N. V. Samorodnoye zoloto [Native gold], Moscow, Nauka publ., 1973, 346 p. (In Russ.).
11. Petrovskaya N. V., Bernshteyn P. S., Mirchink S. G., Andreyeva M. G. Geologicheskoye stroyeniye, mineralogiya i osobennosti genezisa zolotorudnykh mestorozhdeniy Baleyevskogo rudnogo polya (Vostochnoye Zabaykal'ye) [Geological structure, mineralogy and peculiarities of the genesis of gold deposits of the Baleyevskiy ore field (Eastern Transbaikalia)], Trudy TSNIGRI, Moscow, 1961, Is. 45, Pt. 1, 93 p., Pt. 2., 128 p. (In Russ.).
12. Rozhkov I. S., Borodayevskaya M. B. Zoloto [Gold], Rudnyye mestorozhdeniya SSSR v 3-kh tomakh, V. 3, Otv. red. Akademik V. I. Sмирнов, Moscow, Nedra publ., 1978, P. 5–76. (In Russ.).
13. Smirnov V. I. Gidrotermal'nyye mestorozhdeniya [Hydrothermal deposits], Geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh, Moscow, Nedra publ., 1976, P. 224–345. (In Russ.).
14. Sherman S. I., Seminskiy K. Zh. Tektonofizicheskiye issledovaniya v Institute zemnoy kory SO RAN: printsipial'nyye dostizheniya i aktual'nyye zadachi [Tectonophysical research at the Institute of the Earth's Crust SB RAS: fundamental achievements and urgent problems], Geodinamika i tektonofizika, 2010, V. 1, No. 1, P. 4–23. (In Russ.).