

УДК 551.243(571.56)

Фридовский В.Ю.<sup>1,2</sup>, Полуфунтикова Л.И.<sup>2,1</sup>,  
Гамянин Г.Н.<sup>3,2,1</sup>, Соловьев Е.Э.<sup>2</sup> (1 — Институт геологии  
алмаза и благородных металлов СО РАН, 2 — Северо-  
Восточный федеральный университет, 3 — Институт  
геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии РАН)

**ОРОГЕННЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СО  
ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ЦЕН-  
ТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯНО-КОЛЫМСКОГО ПОЯСА**

*Изложены результаты комплексных геолого-структурных, литолого-геохимических, минералогических исследований месторождений золота Тарынского рудного узла, расположенного в центральной части Яно-Колымского пояса. Рудовмещающие породы формировались в обстановке пассивной континентальной окраины, в нестабильных условиях, в бассейне с ярко выраженными редокс-обстановками. Главными рудоконтролирующими структурами являются системы надвигов, согласных и продольно-секущих слоистость, и тесно связанных с ними поперечных разломов. Проявлено несколько типов минерализации (от ранних к поздним): орогенный (метаморфогенно-гидротермальный, золото-кварцевый малосульфидный, золото-висмутовый) и постаккреционный (бертьерит-антимонитовый и серебро-сурьмяный). Установлена связь между минеральными типами оруденения и этапами геодинамического развития территории. **Ключевые слова:** структурный анализ, деформации, рудные зоны, минеральные ассоциации, этапы рудообразования, условия локализации, рециклинг, редокс-обстановки, триас, Восточная Якутия.*

Fridovskiy V.Yu.<sup>1,2</sup>, Polufuntikova L.I.<sup>2,1</sup>, Gamyanin G.N.<sup>3,2,1</sup>,  
Soloviev E.E.<sup>2</sup> (1 — Diamond and precious metal geology institute,  
Siberian Branch, RAS, 2 — North-Eastern federal university, 3 —  
Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and  
Geochemistry, RAS)

**OROGENIC GOLD DEPOSITS WITH SIGNIFICANT RE-  
SOURCE POTENTIAL OF CENTRAL PART OF THE YANA-  
KOLYMA BELT**

*The results of integrated geologic-structural, lithologic-geochemical, mineralogic exploration of gold deposits of the Taryn ore cluster, located in central part of the Yana-Kolyma belt are given. Ore-bearing rocks were formed in the environment of passive continental margin, in unstable conditions, in the basin with strongly marked redox conditions. Systems of concordant thrusts and transverse faults, closely associated with them are the major ore-controlling structures. Several types of mineralization are manifested (from early to later ones): orogenic (metamorphogenic-hydrothermal, gold-quartz low-sulfide, gold-bismuth) and post-accretionary (berthierite-antimonite and silver-antimony). Connection between mineral types of mineralization and stages of geodynamic development of the area is found. **Key words:** structural analysis, deformations, ore zones, mineral associations, mineralization stages, localization conditions, recycling, redox conditions, Triassic, Eastern Yakutia.*

Тип орогенных золоторудных месторождений был выделен *Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M.* и др. [19] для месторождений, формирующихся при аккреционных и коллизионных событиях в разновозрастных террейнах из метаморфогенных и магматогенных гидротермальных растворов. К этому типу относятся крупнейшие золоторудные месторождения (Хоумстейк, Бендиго, Балларат, Джуно, Сухой Лог, Олимпиадинское, Мурунтау и др.). Они известны также на северо-востоке России (Наталка, Павлик, Нежданкинское и др.), где являются основным россыпеобразующим типом. Так, только в Яно-Колымском поясе из россыпей добыто более 2750 т золота [18]. Орогенные события в Яно-Колымском золотоносном поясе происходили в поздней юре—раннем мелу и сопровождались деформациями и метаморфизмом пород, формированием S- и I-типов гранитоидов, а также гидротермального Au, Sn, W оруденения [9]. В центральной части пояса в последние годы изучены золоторудные объекты с возможным значительным ресурсным потенциалом, из которых одним из наиболее перспективных является Тарынский рудный узел [12–14].

Тарынский рудный узел (ТРУ) характеризуется развитием нескольких типов минерализации (от ранних к поздним): орогенный (метаморфогенно-гидротермальный, золото-кварцевый малосульфидный, золото-висмутовый) и постаккреционный (бертьерит-антимонитовый и серебро-сурьмяный). Для тектонических зон и рудовмещающих структур устанавливается длительное развитие, неоднократная активизация, проявление разновозрастных гидротермально-магматических и метасоматических процессов и, как следствие, нередко наблюдаемое совмещение в пределах одних и тех же структур оруденения разного состава. Это связано с наложением разновозрастных Адыча-Нерской металлогенической зоны Яно-Колымского позднеюрского—ранненеокомового коллизионного и Тарынской металлогенической зоны Восточно-Якутского позднемелового—раннекайнозойского металлогенического поясов [9]. Необходимо обратить внимание на сходное геологическое строение ТРУ и крупнотоннажных золоторудных месторождений жильно-прожилкового и прожилково-вкрапленного типов Верхне-Колымского района [4, 5]. Рассмотрим результаты комплексных геолого-структурных, литолого-геохимических, минералогических исследований ТРУ, проведенных с целью определения основных признаков крупнообъемных золоторудных месторождений центральной части ЯКП.

**Геологическое строение и типы минерализации**

Особенности геологического строения Тарынского рудного узла связаны с его положением на границе Кулар-Нерского турбидитового террейна (сланцевого пояса) и Верхоянского складчато-надвигового пояса, которая проходит по Адыча-Тарынской зоне разломов (АТР) — крупнейшей на северо-востоке тектонической структуре. Вместе с Тенькинским разломом она протя-

гивается на расстояние более 1100 км. АТР влияет на фациальные особенности пород, интенсивность проявления магматизма и метаморфизма, характеристики геофизических полей. По разлому приходят в соприкосновение тектонические блоки с различным стилем деформаций [9]. Он проявляется увеличением интенсивности складчато-разрывных и трещинных деформаций в полосе шириной первые десятки километров, изменением простирания складчатости в смежных крыльях разлома. ТРУ характеризуется повышенными значениями гравитационного поля  $\Delta g_{\text{РЕГ}}$ , представляющими восточный фланг локального поднятия кристаллического фундамента, выделяемого в центральной части Верхне-Индигирского рудного района и влияющего на размещение золото-кварцевых и сурьмяных рудных полей [8].

В пределах ТРУ Адыча-Тарынский разлом разделяется на две сходящиеся к северо-западу ветви — Мало- (МТР) и Больше-Тарынский (БТР). Они являются соответственно юго-западной и северо-восточной границами рудного узла. В трансформированном магнитном поле БТР выделяется линейно-вытянутыми локальными аномалиями положительного знака. Менее интенсивными значениями аномального магнитного поля выделяется МТР. Известные месторождения и рудопроявления преимущественно приурочены к зонам

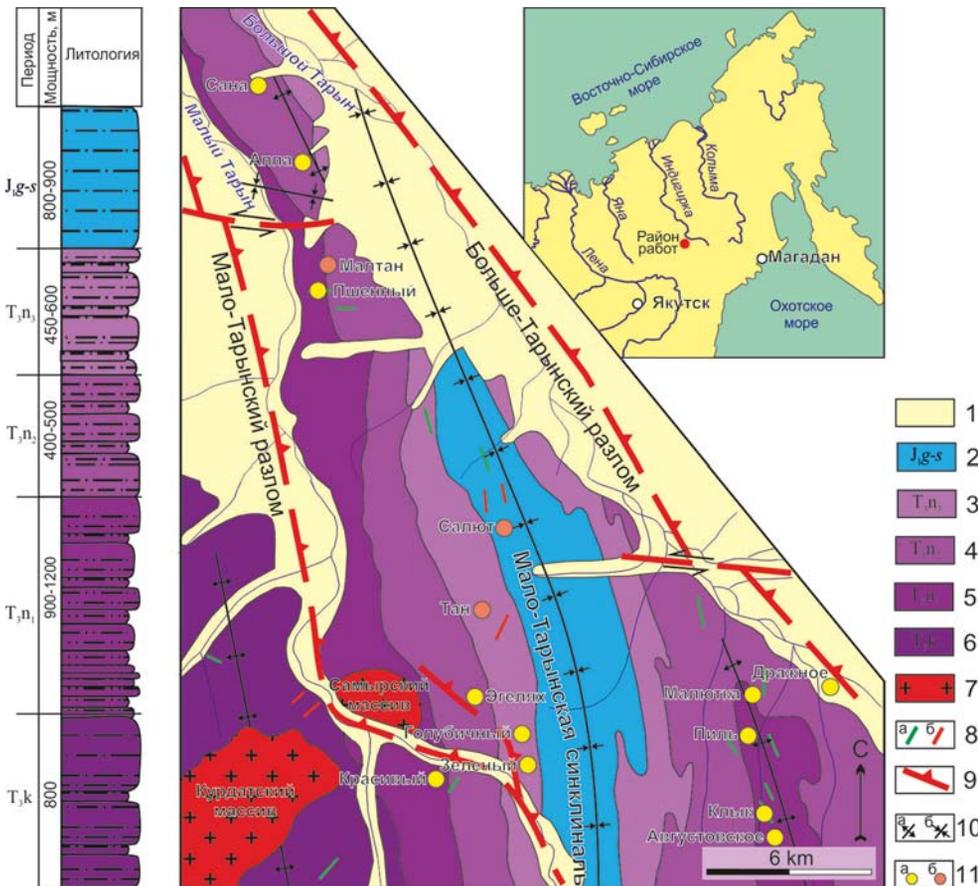
градиентных значений магнитных аномалий, трассирующих БТР и МТР, и периферийным частям локальных аномалий положительного знака гравитационного поля [8].

Важным для локализации орогенных золоторудных месторождений с высоким ресурсным потенциалом является литолого-стратиграфический фактор. В Верхояно-Колымской орогенной области уровнями, благоприятными для локализации оруденения, являются верхнекаменноугольные-нижнепермские (Южно-Верхоянский синклинорий), пермские (Аян-Юрхский антиклинорий) и верхнетриасовые (Верхне-Индигирская тектоническая зона) отложения (рис. 1).

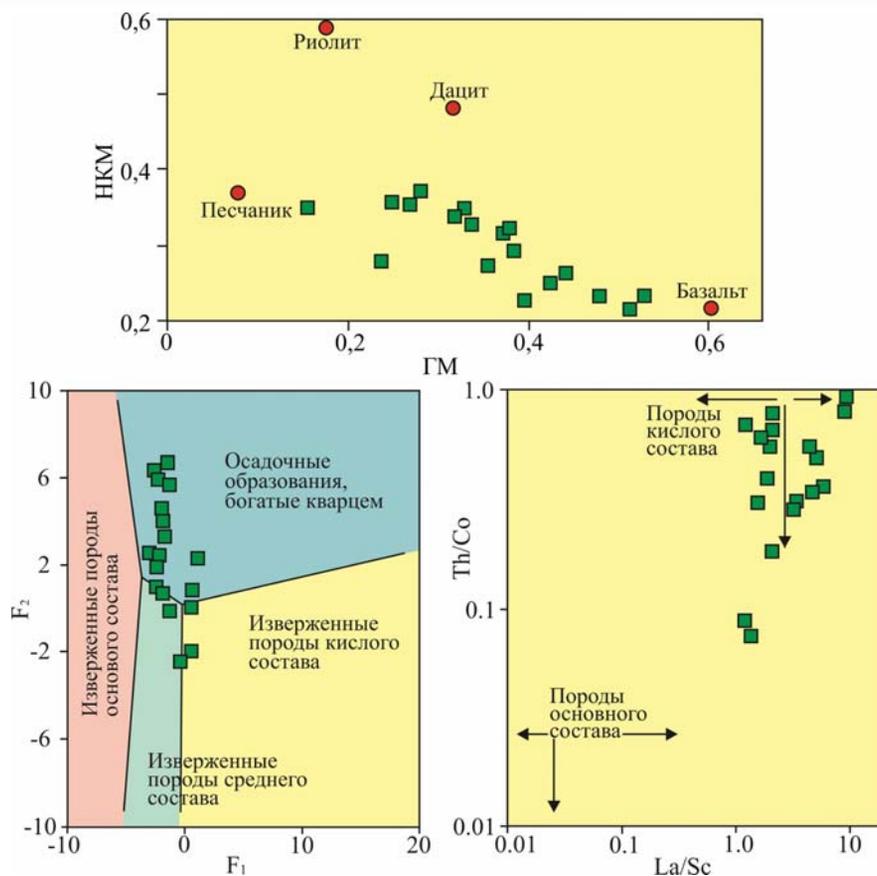
**Верхнетриасовые толщи** (норийский ярус) представлены переслаиванием алевролитов, кварцево-полевошпатовых и кварцевых песчаников с линзами мелкогалечных конгломератов. Для них характерен большой интервал колебаний содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9.6–19.7 %), выдержанная концентрация щелочей (%):  $\text{K}_2\text{O}_{(\text{ср})} = 2.31 \pm 0.67$ ;  $\text{Na}_2\text{O}_{(\text{ср})} = 1.83 \pm 0.48$ ;  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_{(\text{ср})} = 4.14 \pm 0.66$  и присутствие в породах вулканогенного материала, который фиксируется повышенными концентрациями (масс. %) магнезия ( $\text{MgO} > 3$ ), калия ( $\text{K}_2\text{O}$  3.0–3.6) и титана ( $\text{TiO}_2$  до 1,12). Нормирование содержаний редких элементов в породах норийского яруса на их содержания в осадочных породах, по К. Таркяну и К. Ведеполу

[7], показало, что Ba, Sr, Sc, Co и Ni присутствуют в сопоставимых концентрациях; низкими содержаниями характеризуются V, Zr, Cu, Be, Cd и Mo, а для Zn, Cr, Li и As устанавливаются высокие надкларковые значения. При этом в песчаных породах в среднем наблюдаются повышенные концентрации цинка, а в алевритистых — лития (рис. 2).

Анализируя данные, определяющие состав источника сноса, можно сделать заключение, что при формировании норийских отложений на палеоводосборах преобладал магматический материал кислого состава группы гранит-гранодиоритов. На это указывают повышенные значения гидрозатяжного, фемического, алюмокремниевое и щелочных модулей [16], высокие значения соотношения  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$  (min = 6.9; max = 20.7) и крутой наклон спектра РЗЭ (среднее значение параметра  $\text{Gd}_n/\text{Yb}_n$  составляет 3.19). На модульной диаграмме точки химических составов исследуемых пород



**Рис. 1. Схема геологического строения Тарынского рудного узла.** Отложения: 1 — современное и верхнечетвертичные аллювиальные, 2 — нижнеюрские; 3–6 — поздне триасовые: 3 — верхненорийские, 4 — средненорийские, 5 — нижненорийские, 6 — карнийские; 7 — раннемеловые гранитные массивы; 8 — позднеюрские дайки диоритовых (а) и реолитовых (б) порфиритов; 9 — разломы; 10 — оси: а- антиклиналей, б — синклиналей; 11 — месторождения и рудопроявления: а — Au, б — Au-Sb



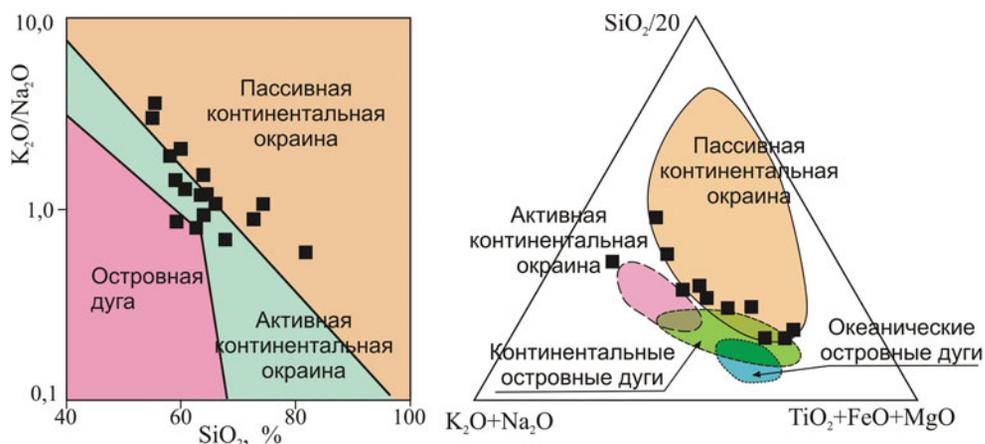
**Рис. 2.** Положение фигуративных точек пород норийского яруса верхнего триаса на диаграммах  $GM - НКМ$  [17],  $F_1 - F_2$  [23] и  $La/Sc - Th/Co$  [18].  $F_1 = 0.303 + 0.0447SiO_2 - 0.972TiO_2 + 0.008Al_2O_3 - 0.267Fe_2O_3 + 0.208FeO - 3.082MnO + 0.14MgO + 0.195CaO + 0.719Na_2O - 0.032K_2O + 7.51P_2O_5$ ;  $F_2 = 43.57 - 0.421SiO_2 + 1.988TiO_2 - 0.526Al_2O_3 - 0.551Fe_2O_3 - 1.61FeO + 2.72MnO + 0.881MgO - 0.907CaO - 0.177Na_2O - 1.84K_2O + 7.244P_2O_5$

образуют тренд отрицательной корреляции модулей  $GM - НКМ$  между точками средних химических составов базальтов и нормальных песчаников. Вероятно, это является результатом поступления в бассейн осадконакопления обломочного материала как кислого, так и основного составов.

Различный состав материала, поставляемого в бассейн осадконакопления, подтверждается диаграммами  $F_1 - F_2$   $La/Sc - Th/Co$ , на которых фигуративные точки составов песчаников и алевролитов норийского яруса образуют тренд между областями составов, характерных для различных типов магматических пород. Величина  $Eu/Eu^*$  составляет в среднем  $0.52 \pm 0.2$  (меньше 0.9), но значения изменяются в достаточно больших пределах: от 0.33 до 0.93, т.е. в бассейн осадконакопления поступал материал с различных областей размыта. Низкие значения  $K_2O/Al_2O_3$  ( $0.16 \pm 0.02$ ) и достаточно высокие значе-

ния соотношения  $Zr/Sc$  указывают на развитие процессов рециклинга. Таким образом, выше приведенные данные свидетельствуют о том, что терригенные образования норийского яруса сформированы как за счет петрогенной кластики, принесенной с областей сноса, так и со значительным участием рециклированного материала. Накопление и формирование отложений происходило в обстановке пассивной континентальной окраины, что подтверждается распределением фигуративных точек на диаграммах  $SiO_2 - K_2O/Na_2O$  [22] и  $(K_2O + Na_2O) - (SiO_2/20) - (TiO_2 + Fe_2O_3 + MgO)$  [21] (рис. 3).

Существенную роль при формировании отложений играет окислительно-восстановительная обстановка в придонных водах бассейна осадконакопления. Индекс  $V/(V + Ni)$  варьирует в пределах от 0.31 до 0.78, соответствуя значениям, характерным для умеренно бескислородных условий [20]. Значения индекса  $V/Cr$  не выдержаны: для песчаников значения коэффициента изменяются в пределах 1.2–1.9, что соответствует восстановительным условиям, в алевролитах — от 0.4 до 1.4, характеризующую нестабильность обстановки [15]. Никель и кобальт интенсивно сорбируются оксидами марганца из водной массы в кислородных условиях (т.е. при окислительных обстановках) и, наоборот, высвобождаются в субокисных и закисных условиях (восстановительные обстановки). Значения коэффициента  $Ni/Co$  в большинстве случаев изменяются в пределах 1.8–4.7, что соответствует оксидной зоне придонных вод. Таким образом, формирование триасовых отложений происходило в бассейне с ярко выраженными редокс-обстановками. В период формирования толщ окисли-



**Рис. 3.** Положение фигуративных точек пород норийского яруса верхнего триаса на диаграммах:  $SiO_2 - K_2O/Na_2O$  и  $(K_2O + Na_2O) - (SiO_2/20) - (TiO_2 + Fe_2O_3 + MgO)$

тельная обстановка сменялась восстановительной, что являлось благоприятным условием для образования аутигенной рудной минерализации.

Орогенная золото-кварцевая малосульфидная и золото-антимонитовая минерализации образуют как самостоятельные проявления и месторождения, так и совмещаются в пределах многократно активизированных разломных зон (рис. 1). Орогенная минерализация ТРУ локализуется в надвигах в основном юго-западной вергентности с различной интенсивностью деформации пород. Генеральное падение надвигов сохраняется в обоих крыльях Мало-Тарынской синклинали, что связано с направлением транспорта пород при коллизионно-аккреционных событиях. Проявлены характерные для надвиговых систем соединяющиеся, соединительные и ответвляющиеся надвиговые чешуи. Рудоносные участки контролируются второстепенными разломами АТР. Они представляют зоны тесно связанных многократно активизированных надвигов, сходных геометрически и кинематически, и наложенных поздних сдвиговых деформаций. Особенностью локальных разломов при общем генеральном северо-западном и северо-северо-западном простирании в соответствии с АТР является их сочленение и разветвление на отдельных участках. В пределах рудных полей наблюдается нарастание интенсивности складчатых деформаций, максимальных в зонах продольных длительно развивающихся рудоконтролирующих разломов. Важно подчеркнуть, что минерализованные зоны дробления, как правило, развиваются вдоль срывов по контактам пород разной компетентности. Сдвиговые разрывные нарушения северо-восточного простирания образуют закономерные динамопары с надвигами. Широко развиты фронтальные и косые ramпы, системы межслоевых и секущих надвигов, образующих дуплексы с тыловым падением чешуй, характерных также для других месторождений Верхне-Индибирского района [10, 11].

С ранними надвиговыми деформациями связано формирование линейных складок  $F_1$  концентрического типа с преобладающим северо-западным простиранием и юго-западной вергентностью, изображенных на разномасштабных геологических картах района. В пределах рудоносных зон они образуют полосы напряженной складчатости шириной до первых сотен метров. На крыльях складок  $F_1$  проявлены борозды скольжения, ориентированные по падению пород. Складки  $F_1$  представляют Мало-Тарынская синклиналь, Пильская антиклиналь. Крылья и замки складок  $F_1$  благоприятны для локализации согласных с вмещающими породами жил и внутрипластовых секущих жил и зон прожилкования (рудопоявления Пиль, Августовский, Стрела, Дора, Сана, Кус-Юрюе). Складки высоких порядков  $F_1$  отмечаются на проявлениях Аппа, Сана, зона Левобережная, месторождениях Малтан, Малый Тарын, Дрожное. Закартированная протяженность складок — первые километры, ширина — первые сотни метров. Они развиваются в связи с контролируемыми золото-кварцевое оруденение надвигами северо-западного простирания и парагенетически связанными с ними поперечными тектоническими зонами.

Несмотря на общие черты строения рудоконтролирующие элементы рудных полей ТРУ имеют индивидуальные особенности. Дора-Пильское рудное поле расположено в тектонической чешуе, ограниченной ведущим и тыловым надвигами БТР. Тыловой надвиг контролирует положение месторождения Дрожное, ведущий — многочисленных рудопоявлений (Малютка, Пиль, Клык, Возвратный и др.). По простиранию надвиги сегментируются латеральными и косыми ramпами на участки различного строения. С надвигами тесно связаны складчатые структуры (Пильская антиклиналь), в замках и на крыльях которых локализуются внутри или межпластовые жильно-прожилковые тела. Положение Мало-Тарынского рудного поля контролируется ветвями одноименного разлома на участке развития косого ramпа. Здесь же проявлен региональный дугообразный изгиб пород. Сана-Малтанское рудное поле ограничено сближенными Мало- и Большетарынской ветвями АТР.

С ранними надвиговыми движениями ассоциирует гидротермально-метаморфогенная минерализация (таблица), представленная рассеянными кварц-хлорит-кальцитовыми жилами и прожилками с убогой сульфидной (марказит-пиритовой) вкрапленностью, Ag-Ag возраст которой составляет  $142.7 \pm 1.4$  млн. лет. С развитием аккреционно-коллизионных процессов и гранитоидного магматизма (141.2 млн. лет) [9] связано формирование продуктивного золото-кварцевого оруденения. Выделяется ряд минеральных ассоциаций, последовательно сменяющих друг друга без явлений пересечений, коррозии и замещения. Они представлены пирит-серицит-кварцевой метасоматической, пирит-арсенопирит-кварцевой жильной, халькопирит-сфалерит-галенитовой и сульфосолюно-карбонатной ассоциациями [14].

Золото-висмутовая минерализация связана с подъемом на верхние уровни магматических тел из промежуточных магматических камер. Она представлена мало-мощными (2–4 см) ветвящимися субвертикальными прожилками в песчаниках. В прожилках выявлены — кварц-мусковитовая-пирротин-Co-Ni-сульфоарсенидная и висмут-сульфотеллуридная минеральные ассоциации.

Бертьерит-антимонитовая минерализация локализуется в тех же структурах, что и золото-кварцевая. Само бертьерит-антимонитовое оруденение не несет промышленного золотого оруденения, и вне золотоносных зон оно бесперспективно [3, 6], но при полном структурном совмещении с золотым оруденением минерализованных зон оно способствует переотложению золота и выравниванию его концентраций в пределах рудных тел. Минералообразующий флюид антимонитового этапа оруденения интенсивно воздействовал на раннюю минеральную матрицу малосульфидного золото-кварцевого оруденения, что привело к явлениям замещения и переотложения минерального вещества. При этом на одном гипсометрическом уровне в настоящей момент присутствуют однотипные минералы с разными типоморфными особенностями и новообразованные минералы, отражающие разный уровень глубинности их образования — малоглубинный для мине-

Минералы \ Типы минерализации	Гидротермально-метаморфогенный	Золото-висмутитовый	Малосульфидный золото-кварцевый	Бергьерит-антимонитовый	Серебро-сурьмяный
Кварц	----	-----	=====	=====	=====
Анкерит	-----				
Сидерит				=====	
Хлорит	-----				
Кальцит	-----	-----			-----
Серицит	-----				
Альбит					
Доломит			-----	-----	
Диксит					-----
Пирофиллит				-----	
Эпидот	-----				
Пирит	-----		=====	-----	-----
Пирротин			-----		
Марказит	-----				-----
Арсенопирит		-----	=====	-----	
Халькопирит			-----	-----	
Сфалерит			-----	-----	
Галенит			=====		
Антимонит			-----	=====	-----
Золото		-----	-----	-----	
Серебро					-----
Sb-арсенопирит					-----
Висмутин		-----			
Акантит					-----
Фрейбергит					-----
Ауростибит				-----	
Халькостибит				-----	
Тетраэдрит			-----		
Бурнонит			-----		
Джеймсонит			-----		
Буланжерит			-----		
Бергьерит				=====	
Сульфoантимониты		-----			
Парагонит			-----		
Со-Ni-леллингит			-----		
Тетрадимит		-----			
Герсдорфит		-----			

ралов антимонитовой минерализации и умеренно-глубинный для золото-кварцевой.

Золото-сурьмяные рудные зоны представлены линзовидными кварц-антимонитовыми телами, сопровождающимися кварц-анкерит-пиритовым прожилкованием и метасоматитами с вкрапленностью пирита и арсенопирита, аналогичными известным в регионе крупным месторождениям Сарылах и Сентачан [1, 2, 6]. Они формировались при левосдвиговых движениях по рудоконтролирующим разломам, наиболее широко проявленным вдоль осевой части Адыча-Тарынского разлома

[14]. С этими движениями ассоциируют складки северо-восточного простирания различного морфологического типа — от открытых симметричных до сжатых опрокинутых. Поперечные складки широко развиты и в других золоторудных узлах и полях (Курунг-Агылыкский, Эльгинский, Бадранский, Дора-Пильский) Верхне-Индибирского района. На золото-сурьмяном месторождении Малтан Сана-Малтанского рудного поля установлено генеральное падение пород к северо-востоку под углами 30–60°, которое осложняется интенсивной складчатостью высоких порядков и наложенной складчатостью, поперечной к простиранию основных структур. Наложённые складки — обычно приразломные, быстро затухают при удалении от рудных зон. Шарниры складок погружаются под углами от 20 до 80°. С поперечными деформациями ассоциирует кливаж плитчатый и скорлуповато-плитчатый близширотного и северо-восточного простирания, наложенный на региональный кливаж  $S_1$  северо-западной ориентировки, согласный осевым поверхностям  $F_1$ . Обычно в обнажениях развивается один из кливажей, реже можно наблюдать два взаимно перпендикулярных кливажа. Нередко разновозрастные кливажи в пластах алевролитов формируют карандашную отдельность, согласующуюся с погружением шарниров складок.

В результате левосдвиговых перемещений в крыльях разломов формируются хрупко-пластичные shear-зоны, малоамплитудные приразломные опрокинутые складки близширотного и северо-восточного простирания с шарнирами, погружающимися под углом 30–35°. Shear-зоны представлены системой эшелонированных линзовидных кварц и кварц-сурьмяных прожилков и разломами крутого юго-западного падения, несущими ту же минерализацию.

Наиболее молодым является серебро-сурьмяное оруденение. Оно имеет широкое площадное распро-

странение вдоль Адыча-Тарынской зоны разломов, хотя концентрированное оруденение дает лишь в субмеридиональных зонах Тарынского субвулкана. Оно не образует самостоятельных проявлений и накладывается на разновозрастное и разноглубинное золото-кварцевое, золото-висмутное и золото-сурьмяное оруденения. Эта поздняя эпитермальная минерализация представлена прожилками и жилами сферолитового, криптозернистого или колломорфно-почковидного кварца с убогой сульфидной вкрапленностью. На месторождении Эргелях это довольно мощные (до 1 м) жилы ритмично-зонального сферолито-криптозернистого кварца, содержащего редкую вкрапленность халькопирита, сфалерита, галенита и фрейбергита. Эти жилы, имеющие северо-западную и северо-восточную ориентировку, пересекают субширотные жилы с золото-висмутовым оруденением и переотлагают его продуктивную минерализацию с новыми геохимическими особенностями.

### Заключение

Рудовмещающие породы Тарынского рудного узла представляют собой монотонные терригенные толщи, претерпевшие разномасштабные динамотермические преобразования. Формирование отложений происходило в обстановке пассивной континентальной окраины, в нестабильных условиях, в бассейне с ярко выраженными редокс-обстановками. В процессе осадконакопления принимали участие как многокомпонентная обломочная кластита из различных источников сноса, так и переотложенный материал. На территории проявлены многоэтапные деформации, увязывающиеся с крупными геодинамическими событиями в Верхояно-Колымской орогенной области. С коллизионно-аккреционными движениями связаны ранние и сменяющие их поздние надвиговые и левосдвиговые движения. Постаккреционные тектонические события проявились разнонаправленными сдвиговыми перемещениями вдоль разломов северо-западной ориентировки.

Главными рудоконтролирующими структурами являются системы надвигов, согласных и продольно-секущих слоистость. Рудоносные участки контролируются второстепенными разломами АТР. Они представляют зоны тесно связанных многократно активизированных надвигов, сходных геометрически и кинематически, и наложенных поздних сдвиговых деформаций. Прослеживается тесная связь между минеральными типами оруденения и этапами геодинамического развития территории. С ранними деформациями связано площадное распространение гидротермально-метаморфогенной минерализации. Этот этап развития сменяется возникновением и эволюцией рудно-магматических систем, с которыми ассоциируют малосульфидная золото-кварцевая и золото-висмутовая минерализации. Сдвиговые напряжения активизируют ранее сформированные структуры и в участках их резкого перегиба формируют глубоко проникающие нарушения. Они контролируют малоуглубинный дайковый магматизм и сопутствующую ему минерализацию бертьерит-антимонитового и серебро-сурьмяного типа.

Таким образом, в результате комплексного анализа Тарынского рудного узла выделены признаки, характерные для орогенных месторождений, учет которых при исследовании слабо изученных объектов может способствовать правильной оценке прогнозного потенциала территорий.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00465) по плану НИР ИГАБМ СО РАН и при частичной поддержке гранта РФФИ-Дальний Восток (проект № 15-45-05094 p\_восток\_a).*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Амузинский В.А., Анисимова Г.С., Жданов Ю.Я. и др. Сарылахское и Сентачанское золото-сурьмяные месторождения: Геология, минералогия и геохимия. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
2. Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В. и др. Золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан (Саха-Якутия): пример совмещения мезотермальных золото-кварцевых и эпитермальных антимонитовых руд // Геология рудных месторождений. — 2010. — Т. 52. — № 5. — С. 381–417.
3. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. — М.: ГЕОС, 2001.
4. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золото-рудное месторождение. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002.
5. Золоторудные месторождения России / Ред. М.М. Константинов. — М.: Акварель, 2010.
6. Индолев Л.Н., Жданов Ю.Я., Суплецов В.М. Сурьмяное оруденение Верхояно-Колымской провинции. — Новосибирск: Наука, 1980.
7. Краткий справочник по геохимии. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1977.
8. Соловьев Е.Э., Фридовский В.Ю., Кычкин В.А. Геофизические признаки контроля золоторудных месторождений в зонах разломов // Руды и металлы. — 2012. — № 5. — С. 51–57.
9. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
10. Фридовский В.Ю. Анализ деформационных структур Эльгинского рудного узла (Восточная Якутия) // Отечественная геология. — 2010. — № 4. — С. 39–45.
11. Фридовский В.Ю., Полуфунтикова Л.И., Соловьев Е.Э. Динамика формирования и структуры юго-восточного сектора Адыча-Нерской металлогенической зоны (северо-восточная Якутия) // Отечественная геология. — 2003. — № 3. — С. 16–21.
12. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Дора-Пильское рудное поле: строение, минералогия и геохимия среды рудообразования // Руды и металлы. — 2012. — № 5. — С. 7–21.
13. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевое месторождение Сана, Тарынский рудный узел // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 12. — С. 3–7.
14. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевая и сурьмяная минерализация месторождения Малтан (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. — 2014. — Т. 33. — № 4. — С. 50–62.
15. Эрнст В. Геохимический анализ фаций. — Л.: Недра, 1976.
16. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. — СПб.: Наука, 2000.
17. Cillers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chem. Geol. 2002. — V. 191. — P. 305–327.
18. Goryachev A.G., Pirajno F. Gold deposits and gold metallogeny of Far East Russia // Ore Geology Reviews. — 2014. — № 59. — P.123–151.
19. Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M. et al. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geology Reviews. — 1998. — № 13. — P. 7–27.
20. Hatch J.R., Leventhal J.S. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA // Chern. Geol. — 1992. — V. 99. — P. 65–82.
21. Kroonenberg S.B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments // Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Geological Congress. — 1994. — Part A. — P. 69–81.

22. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // Journ. Geology. — 1986. — V. 94. — N 5. — P. 635–650.

23. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes / Ed. A.D. Saunders, M.J. Norry // Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London Spec. Publ. — 1989. — № 42. — P. 313–345.

© Коллектив авторов, 2015

Фридовский Валерий Юрьевич // 710933@list.ru  
Полуфунтикова Лена Идененовна // pli07@list.ru  
Гамянин Геннадий Николаевич // gamgen@mail.ru  
Соловьев Евгений Эдуардович // solov\_@rambler.ru

УДК 551.736(571.56)

Кутыгин Р.В.<sup>1,2</sup>, Рожин С.С.<sup>2</sup> (1 — Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 2 — Северо-Восточный федеральный университет)

### ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И СОБЫТИЯ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БИОТ ВЕРХОЯНСКОГО БАСЕЙНА ПЕРМСКОГО ПЕРИОДА

*Рассмотрены основные черты истории развития биот Верхоянского бассейна в пермском периоде. Выделено 12 этапов, каждый из которых характеризуется развитием сообществ с особым таксономическим составом фауны или флоры. Установлено, что периоды максимального разнообразия беспозвоночных приходились на начальные интервалы крупных трансгрессий, тогда как кризисы морских биот были связаны с пиками регрессий. Четыре наиболее ярких биотических события приурочены к границам хорокытского, эчийского, тумаринского и дулгалахского горизонтов. Эти события хорошо фиксируются в разрезах и позволяют проводить точную внутри- и межрегиональную корреляцию пермских отложений. **Ключевые слова:** пермский период, биота, аммоноидеи, двустворки, брахиоподы, трансгрессия, регрессия, Верхоянье.*

Kutygin R.V.<sup>1,2</sup>, Rozhin S.S.<sup>2</sup> (1 — Institute of Geology of diamond and noble metals, Siberian branch of RAS, 2 — North-Eastern federal university)

THE STAGES AND EVENTS IN DEVELOPMENT OF BIOTAS IN THE VERKHUYANSK BASIN OF THE PERMIAN PERIOD

*The basic features of biotic development of the Verkhoyansk basin in the Permian period are considered. 12 stages are allocated, each of which is characterized by development of communities with the special taxonomical structure a fauna and plants. Was found out, that the periods of the maximal variety of invertebrates had on initial intervals of large transgressions of the sea, whereas the crises of marine biotas were connected to peaks of regressions. Four brightest biological events are dated for boundaries of horizons: Khorokytian, Echyian, Tumarinian and Dulgakhian. These events are well fixed in sections and allow to discharge exact intra- and interregional correlation of the Permian adjournment. **Key words:** The Permian period, biota, ammonoids, bivalves, brachiopods, transgression, regression, Verkhoyansk Region.*

Территорию Верхоянского бассейна в пермском периоде занимали обширные акватории пассивной окраины Сибирского континента (Ангарида) [5], в которых

накапливались многокилометровые толщи глинисто-алеврит-песчаного материала, относимые к верхоянскому терригенному комплексу. Во второй половине прошлого века эти относительно монотонные толщи всесторонне изучались А.А. Межвилком, А.С. Каширцевым, А.В. Зимкиным, С.В. Домохотовым, В.Н. Андриановым, Б.С. Абрамовым, Л.А. Мусалитиным, Р.В. Соломиной, А.В. Коробицыным, В.В. Масюлисом, А.С. Урзовым, М.Г. Афанасьевым, И.В. Будниковым, А.Г. Клецом, В.С. Гриненко и др. Результирующим итогом их исследований стала новая Региональная стратиграфическая схема Верхояно-Охотского региона, в которой выделяются важнейшие биотические и абиотические этапы пермской истории Верхоянского бассейна. Однако хронологическая последовательность и роль в биотической истории региона отдельных событий до сих пор остаются дискуссионными.

Важной частью реконструкции естественной истории древних бассейнов является установление этапности, которая должна стать основой для местной хронологической шкалы. При этом необходимо рассматривать как биотические, так и седиментологические (абиотические) события, наиболее значимые для всего региона и хорошо фиксирующиеся в конкретных разрезах. Первым установленным в Верхоянье крупным биотическим событием пермской истории явилась смена брахиопод рода *Jakutoproductus* иноцерамоподобными двустворками (ИПД), определяемая в многочисленных разрезах. Уже в конце 1950-х годов А.С. Каширцевым [4] было предложено деление перми Верхоянья на два отдела по исчезновению рода *Jakutoproductus* (верхи томпинской серии) и появлению видов родов *Licharewia* и *Kolymia* (основание бараинской серии), что было принято на первом Северо-Восточном Межведомственном совещании. Аналогичного мнения придерживался Л.А. Мусалитин [11], установивший, что в верхнепалеозойских разрезах верховьев р. Бытантай граница «нижней и верхней перми» совпадает с исчезновением *Jakutoproductus verchoyanicus* и массовым появлением колымий. В то время открытие этого биотического рубежа способствовало увязке местных стратиграфических схем. Однако дальнейшие более детальные исследования показали, что в разных разрезах смена брахиопод рода *Jakutoproductus* иноцерамоподобными двустворчатыми моллюсками происходит на различных уровнях и связана не столько с биотическим рубежом, сколько со сменой фациальных обстановок [8]. Следующее важное биотическое событие было установлено В.Н. Андриановым [1] в основании деленжинской свиты по появлению короткоживущих, но широко распространенных гониатитов семейства *Spirolegoceratidae*. С этим рубежом В.Н. Андрианов сопоставлял границу между отделами пермской системы, что стало позднее общепринятым. До начала этого века исследователями обычно рассматривались события в истории развития отдельных взятых групп фауны. В частности, В.Н. Андриановым на основе монографического изучения самой представительной для Северо-Востока Азии коллекции пермских аммоноидей, предлагалось выделять ряд последовательных аммоноидных комплексов: хорокытский, эчийский, тумаринский, черкамбальский и «безымянный». На основе их