

УДК 550.84.092.1:553.261

**АНАЛИЗ ГЕОЛОГИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛАР (ИНДИЯ)**

И АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

Сясько А.А., Гриб Н.Н., Качаев А.В., Никитин В.М.

*Технический институт (филиал) Якутского госуниверситета
в г. Нерюнгри, Россия*

В статье представлено сравнение золоторудного месторождения Колар (Индия) и Кур-Приграссовое (Россия). Демонстрируется высокая степень схожести размещающегося в породах зеленокаменного пояса докембрийского месторождения Индии и нового типа (для Алдано-Станового щита) золоторудного месторождения. Схожесть выражена во всех аспектах геологического строения – от региональной позиции до локальных рудных тел.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, архей, зеленокаменные пояса, сульфидизация.

В докладе «Описание и классификация архейских малосульфидных золото-кварцевых месторождений и пересмотр классификации золота Хоумстейка» [1] T.L. Klein и W.C. Day (Служба внутренних геологических изысканий США) излагают свой взгляд на строение и геологию архейских золоторудных месторождений. Модель, предлагаемая в докладе, применима к большинству золоторудных месторождений архейского возраста.

Краткое описание модели: кварцевые с карбонатами (кальцит, анкерит, сидерит) или без таковых, жилы, реже штокверки и зоны кремниевого и (или) карбонатного замещения, содержащие самородное золото, золотосодержащие пирит или арсенопирит, электротум и, гораздо реже – золото в теллуридах.

Типичные месторождения: Dome and Pamour mines at Timmins, Campbell mine at Red Lake, and Kerr Addison mine, Kirkland Lake camp, Ontario; Sigma mine, Quebec, Canada; Con and Giant Yellowknife mines, N.W.T.; Norseman, Kalgoorlie, Golden Mile, Australia; Ropes mine, Michigan, U.S.A. Porphyry-associated deposits at Camflo, Barnat, Hollinger, Lamaque, Perron, McIntyre, and Renabie, Canada [1].

Отличительные характеристики: самородное золото обычно ассоциировано с малым количеством рассеянных сульфи-

дов (пирита или пирротина) в хорошо сформированных кварцевых жилах или штокверках с устойчивыми серицит-карбонатными ореолами сильно дислоцированных архейских пород ранней или средней стадии регионального метаморфизма [1].

Важное замечание: месторождения этого типа с годовым объемом мировой добычи порядка 9900 млн.т. руды найдены на всех крупных архейских кратонах и занимают второе место по добыче золота после палеоконгломератов Витватерсрранда (Южная Африка) [1].

Региональная геологическая характеристика:

Тектоническая позиция: большинство находок приурочено к архейским зеленокаменным поясам или к связанным с ними интрузиям вдоль сильно деформированных, крутопадающих шарьяжных зон. Большинство шарьяжных форм структурно сосредоточены вдоль контактов между крупными сериями осадочных и вулканических пород, параллельно основным структурам, непрерывны или цепочечно-непрерывны по простирианию более чем на 30 км, при мощности структуры до двух километров [1].

Возраст: архей. Обычно моложе, чем последний период региональной активации [2].

Локальная геологическая характеристика:

Вмещающие породы: метаморфизованные, сильно изменённые супракрустальные породы; чаще всего базальты толеитовой серии, коматиты или их вулканокластические или субвулканические аналоги. Большинство месторождений встречаются в породах зеленофациевой стадии метаморфизма [1].

Ассоциированные породы: щелочные интрузивные породы и лампрофитовые дайки.

Структурная позиция: обособленные жилы, размещенные в зонах деформации зеленокаменных метаморфических зон с преобладающими хрупкими и хрупко-пластичными деформациями. Кроме того, характерна окаймляющая рассеянная минерализация мощностью до сотен метров в мелкозернистых метаморфических породах, пластичные деформации которых не привели к проявлению трещиноватости. Месторождения могут быть пространственно ассоциированы с плутоническими телами, например, Холлингер-Макинтайр, Онтарио. Мощность отдельных жильных тел чаще всего меньше 10 метров и по простирианию – меньше чем 100 метров. В некоторых крупных месторождениях (например, округ Киркланд-Лейк, Онтарио) тела по простирианию прослежены более чем на 5 километров при мощности до 500 метров и протяженность по падению не менее 2 километров [1].

Структура: рудоконтролирующие структуры обычно субвертикальны или вертикальны [1].

Рудоконтролирующие факторы: золото ассоциировано с рассеянной сульфидной минерализацией. Золотосодержащие сульфиды контролируются микротрещинами, встречаются в виде неравномерной мелкой вкрапленности в кварце, в породах, непосредственно примыкающих к жильным телам, или как рассеянные или замещающие в сильно изменённых и деформированных породах [1].

Минералогия руд: основной рудный минерал – самородное золото, электрум, или золото в пирите, пирротине, арсенопирите, или, реже, в теллуридах. Основные акцессорные минералы: галенит, сфалерит,

халькопирит, молибденит, шеелит, магнетит и гематит [1].

Геохимическая характеристика: золото сопровождается следующим рядом геохимической зональности: Ag, As, Au, B, Ba, Cr, Li, Mo, Rb, Sb, и W; на некоторых месторождениях наблюдается понижение содержания Cu, Pb и Zn. Среднее отношение Au/Ag в руде составляет 10 : 1 [3].

Геофизическая характеристика: региональные линейные аэромагнитные или гравитационные аномалии, как индикаторы шарьяжных зон первого или второго порядка. Наземные магниторазведочные и электромагниторазведочные исследования могут выявить понижения магнитного поля и электромагнитную проводимость, ассоциированную с кварцевыми жилами. Пониженная проводимость может быть выявлена в непосредственной близости от минерализованных разностей. Рассеянная сульфидная минерализация может вызвать появление аномалий естественного поля [1].

Другие поисковые признаки:

1. Архейский возраст.
2. Крупные шарьяжные зоны, прослеживаемые на 5 км. и более.
3. Зеленокаменная или, реже, амфиболитовая фация регионального метаморфизма.
4. Повышенное содержание Fe²⁺/Fe³⁺ во вмещающих породах [1].

Приведенной характеристике в полной мере соответствуют месторождения Алдано-Становой щита Верхне-Любкакайского рудного поля (Южная Якутия). Сформулировав общие признаки, проведем сравнение месторождений. Рассмотрим геологическое строение месторождения Колар [5] (Дхарварский кратон, Южная Индия) и месторождений Верхне-Любкакайского рудного поля [6, 7] (Алдано-Становой щит, Южная Якутия).

Месторождение Колар (черносланцевый пояс Колар) – самый южный и, до последних времен, самый золотоносный черносланцевый пояс Дхарварского кратона, имеющий субмеридиональное простирижение, сложенный преимущественно амфиболитами толеитовой серии. Коматитовые амфиболиты, графитовые сланцы и феллитовые сланцы, известные так же, как гнейсы Chempion, встречаются в подчи-

ненных количествах. В центральной части пояса, где распространена основная золоторудная минерализация (Золотое поле Колар), преобладают массивные тонкозернистые толеитовые амфиболиты, разделяющие пояс на восточную и западную части. В центральной зоне, где локализованы кварцевые жилы с интенсивно проявленной золотой минерализацией, наблюдается тектонический контакт между двумя свитами метавулканитов. E.J. Krogstad и соавторы [4] считают, что сланцевый пояс Колара представляет собой позднеархейский шов – границу между двумя, по меньшей мере, позднеархейскими гнейсовыми массивами и это предположение позиционирует тектоническую позицию Коларского района аналогично мезозойско-кайнозойским границам севера Американских Кордильер.

Коларский пояс содержит два различных типа золотой минерализации: расположенные в амфиболитах кварц-карбонатные золоторудные жилы, наиболее значимые с экономической точки зрения и стратиформное оруденение в породах железорудной формации. Жильная золотая минерализация наблюдается в центральной части пояса в виде ряда параллельных сближенных жильных тел в толеитовых амфиболитах [5].

Второй объект – золоторудные месторождения Верхне-Любакайского рудного поля.

Согласно принятому стратиграфическому членению архейских кристаллических пород фундамента Алдано-Станового щита месторождения расположены на границе федоровской и подстилающей ее нимнырской свит. Толща кристаллических пород, развитых в границах Верхне-Любакайского рудного поля, представляет собой пакет чередующихся, согласных, субпараллельных, контрастных по магнитным свойствам и составу линейных пластообразных тел, сложенных практически немагнитными гиперстеновыми и глиноземистыми гнейсами, сравнительно слабо магнитными двупироксеновыми основными породами предположительно магматического происхождения и высокомагнитными биотитовыми гранитами субщелочного и нормального составов.

Залегание пород в пакете исключительно выдержанное на протяжении 9-9,5 км (305-310°) от юго-восточной границы площади поисков до ручья Кур на северо-западе, по долине которого проходит крупный амплитудный разлом северо-восточного простирания.

Основные особенности условий локализации золоторудной минерализации, состава и строения рудных тел месторождений следующие [6]:

- золоторудная минерализация локализована в породах основного состава, обязательной составной частью которых является ромбический пироксен: норитах, габбро-норитах и амфиболовых габбро-норитах;

- промышленное оруденение выявлено только в тех тела основных пород, которые вмещаются гранат- и кордиерит-содержащими гнейсами;

- рудные тела имеют форму пластообразных залежей, согласных с залеганием вмещающих пород;

- рудные тела сложены зональными, крупнозернистого сложения, линзами сульфидно-пироксен-плагиоклаз-кварцевого состава мощностью от первых см до 0,8-1,0 м, в единичных случаях – до 4-5 м;

- мощность рудного тела зависит от количества и мощности сближенных линз в рудопересечении;

- линзы-обосблечения согласны с полосчатостью вмещающих габбро-норитов, а их контакты приспособлены к ограничениям пордообразующих минералов вмещающей породы;

- на качественном уровне состав пордообразующих силикатов в рудных линзах аналогичен их составу во вмещающих породах (исключая кварц ядерных частей обосблений);

- строение линз зональное, краевые части сложены, преимущественно, пироксенами, реже – плагиоклазом, промежуточная зона имеет существенно плагиоклазовый состав, центральная или ядерная часть линзы, мощность которой зависит от мощности обосблечения, сложена в основном кварцем; непременной составляющей частью промежуточной и центральной зон

являются крупные идиоморфные зерна клинопироксена, реже - ортопироксена;

- породообразующие минералы в обособлениях в среднем на порядок крупнее, чем во вмещающих габбро-норитах, для пироксенов и плагиоклаза характерен ярко выраженный идиоморфизм.

- содержание сульфидов в обособлениях колеблется от первых процентов до 18-20%, местами достигает 50-60%, выделения сульфидов крупные, практически всегда они выполняют интерстиции породообразующих силикатов, поэтому ксеноморфные; при содержаниях менее 15-20% сульфидная минерализация в основном вкрапленная, при содержаниях выше 20%

появляются участки сидеронитовой структуры;

- золотая минерализация сосредоточена в обособлениях, в незначительной степени – в их сульфидизированных экзоконтактах; по данным изучения технологической пробы, отобранной из преимущественно кварцевого вещества, до 80% золота свободного, остальное концентрируется в сульфидах, преимущественно арсенитах и сульфоарсенидах железа; форма нахождения золота в сульфидно-силикатных обособлениях малой мощности не изучена.

В таблице 1 приведены характерные особенности месторождений Колар и Верхне-Любакайского рудного поля:

Таблица 1

Сравнение характерных особенностей золоторудных месторождений

Характеристика	Месторождение Колар	Месторождения Верхне-Любакайского рудного поля
Вмещающие породы	Амфиболиты толеитовой серии	Основные породы толеитовой серии: нориты, габбро-нориты, амфиболовые габбро-нориты
Околорудные изменения	Узкие зоны интенсивных изменений - биотитизация, альбитизация, карбонатизация	Узкие зоны интенсивных изменений - карбонатизация, хлоритизация
Рудные тела	Эпигенетические золото-кварц-карбонатные жилы с различным количеством фрагментов вмещающих пород и незначительным количеством сульфидов	Зональные, всегда крупнозернистыми, в отличие от среднезернистых вмещающих габбро-норитов, тела сульфидно-пироксенового, сульфидно-пироксен-плагиоклазового и сульфидно-пироксен-плагиоклаз-кварцевого состава с рассеянной сульфидизацией
Условия залегания	Трещиноватые жилы с рассеянной сульфидной минерализацией, золото встречается в самородной форме в кварцевых жилах.	Золото приурочено к микротрецинам в кварце и других минералах и их интерстициях. Реже золото встречается в обособленных выделениях и мельчайших гнездовых скоплениях тонкодисперсных золотин вблизи сульфидов.
Сульфиды	Пирротин, пирит, арсенопирит	Арсенопирит, пирротин, галенит, лёллингит

Конечно, приведенная таблица содержит далеко не все характеристики месторождений, но даже приведенные особенности позволяют судить о высокой степени внешнего сходства геологического строения месторождений.

Краткое сравнение химического состава рудных тел и вмещающих пород месторождений по данным силикатного анализа для рудных тел Дхарварского кратона [5] и для рудных тел месторождений

Верхне-Любакайского рудного поля представлены в таблице 2 [7]. Из таблицы следует, что рудные тела месторождений весьма близки по химическому составу (по данным силикатного анализа).

Очень близки также данные силикатного анализа по вмещающим породам Верхне-Любакайского рудного поля [7] и вмещающим неизмененным и слабо измененным породам рудного пояса Рамагири (Дхарварский кратон, Индия) [5].

Таблица 2
Сравнение результатов силикатного анализа вещества рудных тел

Оксиды, %	Среднее для РТ В. Любакайского РП	Рудные пояса Дхарварского кратона					Среднее для Индии
		Ramagiri	Oakley	Middle Reef	Zone-I Reef	Strike Reef	
SiO ₂	77.79	56.56	85.15	91.38	83.88	94.68	82.33
TiO ₂	0.3	0.7	0.22	0.06	0.22	0.04	0.248
Al ₂ O ₃	5.69	14.77	3.96	2.9	5.8	1.42	5.77
CaO	2.66	1.1	3.49	0.54	2.08	0.39	1.52
MgO	0.85	3.2	1.98	0.34	1.05	0.31	1.376
MnO	0.17	0.05	0.06	0.01	0.04	0.01	0.034
P ₂ O ₅	0.15	0.43	0.04	0.24	0.28	0.01	0.2
K ₂ O	0.94	1.05	0.43	0.37	1.24	0.6	0.738
Na ₂ O	3.6	1.53	1.03	1.14	1.17	0.07	0.988
Fe _{общ.}	3.6	13.5	3.2	1.12	3.26	0.6	4.336

Результаты сравнительного анализа месторождений, помимо научного интереса, представляют и интерес сугубо практический: проблема воспроизводства запасов по всем видам сырья стала уже привычной темой дискуссий, остро стоит проблема и в золотодобывающей промышленности. В настоящее время разведанные запасы категории С₂ месторождений Верхне-Любакайского рудного поля составляют немногим меньше 30 тонн, что, конечно же, не делает эти месторождения уникальными, но, учитывая, что по геологическому строению и геометрическим параметрам наши месторождения очень похожи на месторождение Колар с освоенными запасами руды порядка 45,4 млн.т. при среднем содержании 17,8 г/т [4], перспективы месторождений Верхне-Любакайского рудного поля видны совершенно в ином свете.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Klein T.L. and Day W.C.; Descriptive and grade-tonnage models of archean low-sulfide Au-quartz veins and revised grade-tonnage model of Homestake Au; UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR GEOLOGICAL SURVEY, Open-file Report, 1994.
2. Hodgson, C.J., and Hamilton, J.V., 1989, Gold mineralization in the Abitibi greenstone belt -- end stage result of Archean collisional tectonics?, in Keays, R.R., Ramsay, W.R.H., and Groves, D.I., eds., The Geology of Gold Deposits-The Perspective in 1988: Economic Geology Monograph 6, p. 86-100.
3. Colvine, A.C., Fyon, J.A., Heather, K.B., Marmont, S., Smith, P.M., and Troop, D.G., 1988, Archean lode gold deposits in Ontario: Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139, 136 p.
4. Krogstad E J, Balakrishnan S, Mukhopadhyay D K, Rajamani V and Hanson G N 1989 Plate Tectonics. 2.5 billion years ago: Evidence at Kolar, South India. A report; Science 243 1337-1340.
5. Rajamani V, Shivkumar K, Hanson G N and Shirey S B, 1985 Geochemistry and petrogenesis of amphibolites, Kolar schist belt, south India: Evidence for Komatiitic magma derived by low percentages of melting of the mantle; J. Petrol. 26 92 – 123
6. Сясько А.А. Гриб Н.Н., А.В. Качаев. Выделение поисковых критериев золоторудных месторождений докембрия на Алданском щите//Депозитарий издательства МГГУ. №639/07-08 от 18.04.2008. – 19 с.
7. Сясько А.А, Гриб Н.Н., Никитин В.М. Сравнительная характеристика архейских золоторудных месторождений// Наука и образование №4/44/ 2006, Учреждение «Изд-во ЯНЦ СО РАН». С. 58 – 65.

**THE ANALYSIS OF PRECAMBRIAN GOLD ORE DEPOSIT'S GEOLOGY:
COLAR (INDIA) AND ALDANO-STANOVY BOARD (SOUTH YAKUTIA)**

Syasko A.A., Grib N.N., Kachaev A.V., Nikitin V.M.

Technical institute (branch) of Yakut state university, Neryungri, Russia

A comparison between the Kolar Au deposit (India) and Kur-Pritchassovoe (Russia) Au deposit is made in this article. Article represents high identity of the green-stone allocated Indian's Precambrian deposits and the new type (for Aldan-Stanovoy craton) Au deposits. Identity are specified in all subject of the geological structure – from regional position to local ore body.

Keywords: gold ore deposits, geological age, greenstone belts, sulphurizing.