

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ
ГИГАНТСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА СУХОЙ ЛОГ (Сибирь)

Б.Л. Вуд, Н.П. Попов*

StarTechnology Systems N.L., Москва, Россия, PO Box 6325, University of NSW, Sydney, NSW 1466, Australia

**Lenzolo Open Joint Stock Company, Москва, Россия*

Золоторудное месторождение Сухой Лог расположено в центральной части Ленского золоторудного района, приблизительно в 850 км от Иркутска, среди вмещающих пород, которые представлены верхнепротерозойскими морскими песчаниками, карбонатными сланцами и филлитами, метаморфизованными до низких степеней зеленосланцевой фации, в периферийной части главного Аkitканского складчатого пояса. Пластовое рудное тело с рассеянной пиритовой минерализацией расположено в осевой зоне наклоненной антиклинальной складки. Рудные тела не встречаются в виде обнажений, а выделяются исключительно на основании опробования. Наиболее богатые высококачественные руды (4—9 г/т Au) располагаются в пиритизированных пластах черных сланцев, особенно в местах их пересечения с осевой зоной складки, где они образуют две протяженные „цилиндрические зоны“, так называемые рудные столбы, расположенные вдоль слегка погруженного гребня антиклинали. Выступающая часть этой антиклинали, длиной более 3 км, простирается с востока на запад и затем погружается в направлении приблизительно 10° к северо-западу. Осевая плоскость и рудное тело, вскрытое до глубины 400 м, наклонены на 15° к северу.

Три фазы син- и постметаморфического складкообразования мезоуровня привели к возникновению характерных структур. Первые два типа структур (F_1 и F_2) совпадают с антиклиналью и локализованной кварц-пирит-золоторудной жильной минерализацией в F_1 осевой плоскости кливажа (S_1), в узких, разреженных осевых зонах небольших непроникающих складок (non-penetrative folds) (F_2), в неравномерно рассредоточенных зонах в сланцах и в мелких нерегулярных „кластерах“ (скоплениях) кварц-карбонатных жил. Третья фаза привела к образованию разрозненных изогнуто-складчатых поясов (F_3) и нерегулярных зон смятия с отсутствием минерализации. С последним событием связано формирование секущей мезотермальной кварцево-жильной минерализации и возникновение многих низкокачественных золотоносных жил, которые явились главными источниками протяженных аллювиальных россыпных месторождений золота.

Рудная минерализация представляет собой кварц-пирит-золото ± карбонатную ассоциацию с примесью полиметаллов и металлов платиновой группы. Пирит широко распространен в черных сланцах во всем объеме месторождения (между 2 и 5 %) и в меньшем количестве находится в рассеянной форме в виде ореола вокруг рудного тела. Во внешних частях этого рудного тела и в прилегающем минерализованном ореоле содержится золото высокой пробы (900—920 ‰), в то время как золото из „кластированного“ и прожилкового пирита, наиболее распространенного во внутренней продуктивной зоне, имеет более низкую пробу (840—880 ‰). Месторождение Сухой Лог интенсивно исследовалось с октября 1971 г. по декабрь 1977 г. Рудное тело с бортовым содержанием Au 1 г/т представляет собой вытянутый неоднородный плосковыпуклый пласт мощностью до 140 м, погруженный на 15—30° на ССВ, протяженностью 2,2 км. Ширина погруженной части более 500 м и, вероятно, увеличивается с глубиной. Пласт вмещает 384 млн т руды со средним содержанием Au 2,5—2,7 г/т. Дополнительные ресурсы включают 165 млн т руды с низким содержанием Au 2,0—2,3 г/т (возможно, с увеличением на глубину) и 205 млн т руды с концентрацией Au 0,8 г/т в минерализованных вмещающих породах.

Пирит-золоторудный парагенезис, текстурные особенности и структурные изменения пород, а также ограниченные изотопные данные свидетельствуют о том, что формирование четырех различных стадий минерализации происходило в результате субдукции СОХ и закрытия в рифее главного протерозойского Аkitканского складчатого пояса.

Вкрапленный, пиритовый, синметаморфический, зеленосланцевый, золото-МПП, Лена, Патом, Байкал, рифей, неопротерозой, поздний докембрий, хребет-субдукция, Аkitкан, Олоkit.

THE GIANT SUKHOI LOG GOLD DEPOSIT (Siberia)

B.L. Wood and N.P. Popov

The Sukhoi Log gold deposit is centrally located in the Lena goldfield region, approximately 850 km NE from the city of Irkutsk, and is hosted in Upper Proterozoic marine sandstone, carbonaceous slate, and phyllite, metamorphosed to low greenschist facies in an outlying part of the major Akitkan Foldbelt. The disseminated

pyritic tabular orebody has no outcrop, is defined solely by assay grades, and is located in the axial zone of a large near-isoclinal reclining anticline. Highest ore grades occur in pyritic black shale beds, especially where they cross the axial zone and include two elongate higher grade (4–9 ppm gold) cylindrical zones, termed ore pillars, along the gently plunging anticlinal crest. The anticline is exposed E–W over a length of 3 km and plunges at approximately 10° NW. The axial plane and orebody dip 15° N, and the latter is open to depth beyond 400 m.

Three phases of syn- and postmetamorphic mesoscopic folding developed characteristic structures. The first two (F_1 and F_2) are congruent with the anticline and localized quartz-pyrite-gold veinlet mineralization in F_1 axial plane cleavages (S_1), in narrow spaced axial zones of small nonpenetrative folds (F_2), in irregular disseminated zones in shale, and in small irregular clusters (stringers) of quartz-carbonate veins. A third phase generated scattered kink-fold bands (F_3) and irregular crumpled zones without mineralization. A later episode of transgressive mesothermal quartz-vein mineralization developed many low-grade auriferous veins that have been the main sources of the extensive alluvial gold deposits.

The mineralization assemblage is consistently quartz-pyrite-gold + carbonate with minor base and platinum group metals. Pyrite is widely distributed in black shale throughout the deposit, at 2–5 %, and in lesser amounts in a disseminated envelope around the orebody. In the outer parts of the orebody and in the enclosing mineralization envelope it contains gold of higher fineness (900–920 ‰), whereas clustered and veinlet pyrite is more common in the interior productive zone, with gold of lower fineness (840–880 ‰). The deposit was intensively explored from October 1971 to December 1977. The orebody at a cutoff grade of 1 ppm gold is an elongate irregular planoconvex sheet up to 140 m thick, dipping N-NE at 15 to 30°, with a length of 2.2 km, a down dip width of more than 500 m, and is probably open to depth. It contains 384 million tons with an average grade of 2.5 to 2.7 ppm. Additional resources include 165 million tons at 2.0 to 2.3 ppm in a low grade, possible pit extension, and 205 million tons at 0.8 ppm in the mineralization envelope.

Sequences of pyrite-gold paragenesis, textural and structural changes, and limited isotope data indicate that four distinct stages of mineralization occurred during MOR subduction and Riphean closure of the major Proterozoic Akitkan Foldbelt.

Disseminated, pyritic, synmetamorphic, greenschist, gold-PGM, Lena, Patom, Baikal, Riphean, Neoproterozoic, Late Precambrian, ridge subduction, Akitkan, Olokit

ВВЕДЕНИЕ

Золоторудное месторождение Сухой Лог, расположенное в Сибири (рис. 1, А), было обнаружено в 1961 г. и интенсивно исследовалось в 70-е годы. Много подробных внутренних отчетов и статей были написаны и опубликованы на русском языке, но только немногие данные о месторождении известны за пределами России из-за бывших официальных ограничений. Представленные данные основаны на детальной информации, полученной из ведомственных и институтских архивов, которые были доступны авторам в течение продолжительного времени изучения месторождения (с 1993 по 1996 г.), но многие из которых еще недоступны для общего обсуждения вне России. В дополнение к геологическим материалам с нескольких сторон рассмотрено возникновение вкрапленной минерализации в осадочных толщах, как результат коллизии спрединговой зоны с позднепротерозойской зоной субдукции.

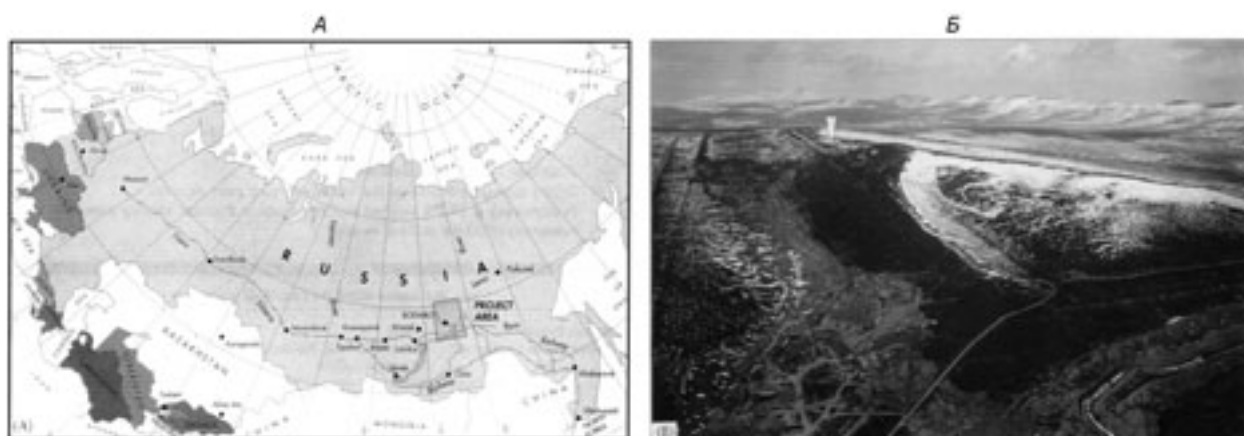


Рис. 1. А — географическое положение Ленского золотоносного района.

Б — фотография месторождения Сухой Лог, западная перспектива.

Рудные тела громадной протяженности лежат в основании хребта (стрелка), позади вершины в центре и погружаются на север в сторону хребта под снежное поле. Две чистые линии слева представляют собой будущую дорогу и крупную строительную площадку. Долина слева в центре с отработанными россыпями называется Сухой Лог и переводится на английский язык как Dry Gulch.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ

Открытие и разведка золоторудного месторождения Сухой Лог явились кульминацией многолетнего изучения Ленских золотоносных полей несколькими поколениями геологов и горных инженеров. Это месторождение полностью „слепое“, т. е. не имеет выхода на поверхность, и было обнаружено не золотоискателями, использовавшими традиционные методы, а геологами, которые применили новые концепции рудообразования, оригинальные методы геохимических поисков и, в конечном счете, алмазное бурение.

История золотоносных полей в Ленском регионе начинается с 1846 г., когда в долине р. Хомолхо, в 30 км к северо-востоку от Сухого Лога, были открыты первые россыпи — аллювиальные месторождения золота. В 1860-х годах богатые аллювиальные месторождения золота были найдены на многих близко-расположенных участках, включая небольшие долины на северной и южной сторонах холма Сухой Лог, получивших название Радостный, Зоринский, Сухой Лог (или Dry Gulch) (см. рис. 1,Б). Более 30 т золота добыто из этих трех аллювиальных месторождений в период между 1863 и 1900 гг. На гребне водораздела, где были известны многочисленные выходы крупных золотосодержащих кварцевых жил, заявлены в 1886 г. рудник Сергиевский, а в 1894 г. — рудник Утесистый. Главными объектами для первых поисков золота в течение 1899—1904 гг. были эти и другие кварцевые жилы, из которых в ходе поисковых работ добыто около 1 т золота, однако его извлечение оказалось сложным, и работы часто оказывались нерентабельными.

В 1960-х годах геолог В.А. Буряк, на основании известного факта о геохимической аномалии содержаний золота в образцах пород Сухого Лога, предположил существование сульфидно-золотоносных руд, обнаружение которых должно быть основной целью поисков [1, 2]. Первые же скважины, пробуренные весной и летом 1961 г., позволили обнаружить золотосодержащую сульфидную минерализацию на глубине, что подтвердило прогноз В.А. Буряка. Дальнейшее бурение и анализ экономической целесообразности освоения предпринимались вплоть до 1971 г. специалистами ИРГИредмета (г. Иркутск). Интенсивная разведка началась осенью 1971 г. и была завершена в конце 1977 г. В результате получены 209,6 км алмазного керна, извлеченного из 846 скважин; пройдены: 11,7 км подземных выработок (штольни № 1 и 2), 1,546 км из которых пройдены по руде, 110,3 км канав. Кроме того, отобраны 13 000 бороздовых проб, 3 технологические пробы по 150, 800 и 980 т, проведены многие десятки тысяч пробирных анализов на золото, а также много других анализов для различных целей. Данные сохранены в виде многотомных отчетов на русском языке в архивах Бодайбо, Москвы и других, и являются очень детальной базой данных по этому месторождению.

Помимо месторождения Сухой Лог в этом же регионе было обнаружено несколько менее крупных золоторудных месторождений такого же типа со значительно меньшими запасами, но тем не менее все вместе они способны поддержать горную промышленность и производство. Это Вернинское, Высочайшее, Невское и два небольших отдельных линзовидных рудных тела на склонах и нижних уровнях месторождения Сухой Лог, названных Центральное Радостное и Западное Радостное.

Две главные подземные выработки (штольни № 1 и 2), пройденные в семидесятых годах, были заново вскрыты, обеспечив тем самым прямой доступ к значительной внутренней части рудного тела и возможность его наблюдения с целью изучения, которое проведено в 1993—1996 гг. компанией Star Mining Corporation (Сидней, Австралия).

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ, ЛАНДШАФТ И ПУТИ СООБЩЕНИЯ

Организация „Лензолото“ ведет работы на территории, расположенной между 57 и 60° с.ш., приблизительно в 900 км южнее Северного полярного круга (см. рис. 1,А) и занимает площадь 105 тыс. км² (рис. 2). Климат здесь резко-континентальный со средней температурой –21 °С в январе и +18 °С в июле, с максимальным и минимальным пределами от +30 до –50 °С. Зимние месяцы, начиная с октября по май, чаще всего сухие и безветренные с сильными снегопадами и образованием ледяного покрова. Лето в основном теплое и большей частью сухое.

Этот район включает в себя обширную, приподнятую площадь куполовидной формы, приблизительно 350 км в диаметре, называемой Патомским нагорьем, с высотами, достигающими 1650 м в центральной и более 1800 м — в юго-восточной частях нагорья. Плато частично окружено реками Витим и Лена и пересечено несколькими дополнительными речными системами (притоки Лены и рек, впадающих в нее), которые обнаруживают хорошо выраженные концентрические и радиально дивергентные тренды (см. рис. 2). Ландшафт представляет собой один протяженный „дугообразный“ высокий хребет, сложенный осадочными породами, часто с крутыми склонами и обрывами (см. рис. 1,Б). Основные высоко поднятые формы рельефа были сформированы при нескольких эпизодах плейстоценовой эрозии материкового льда, поздней фазе ствольного оледенения долин, длительных периодах околледниковой эрозии и нескольких фаз химической эрозии во время межледникового теплого климата. Глубокозале-