

Минеральные типы Fe-оксидных-Cu-Au руд проявлений Джалкан, Росомаха и Хурат (Сетте-Дабан, Восточная Якутия)

А.В.КОСТИН (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН), 677980, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39)

Fe-оксидные-Cu-Au руды являются комплексными и экономически привлекательными, при этом не имеют определенной связи с конкретными рудными формациями или типом продуктивного магматизма. Это послужило поводом для ревизии минерального состава и качества руд проявлений меди в базальтах хр. Сетте-Дабан. Были установлены новые минеральные парагенезисы, содержащие, кроме минералов меди, значительное количество оксидов железа, самородные золото и серебро. В пределах одного покрова базальтов выделяются участки, обогащенные как Fe-оксидной-Cu-Au, так и чисто медной минерализацией. Fe-оксидные руды связаны с лавами известково-щелочной серии, для толеитовой серии больше характерны сульфидные руды.

Ключевые слова: Fe-оксидный-Cu-Au, базальты, месторождения меди, золото, серебро, Восточная Якутия.

Костин Алексей Валентинович



kostin@diamond.ysn.ru

Mineral types of Fe-oxide-Cu-Au ores manifestations Jalkan, Rosomakha and Hurat (Sette-Daban, Eastern Yakutia)

A.V.KOSTIN

Fe-oxide-Cu-Au ores are complex and economically attractive, they do not have rigid connection with certain ore formations or type of ore-productive magmatism. This was the reason for the audit of the mineral composition and quality of ores manifestations of copper in the basalts of the Sette-Daban ridge. The new mineral assemblages containing copper minerals with significant amount of iron oxides and native gold and silver were discovered. Within one cover, some parts of basalts are enriched in Fe-oxide-Cu-Au, other ones are purely copper mineralized. Fe-oxide ores are associated with calc-alkaline basalts, the tholeiitic basalts contain more sulfide ores.

Key words: Fe-oxide-Cu-Au, basalt, copper deposits, gold, silver, Eastern Yakutia.

В последнее время на ежегодной международной выставке Tucson Gem & Jewelry Show (США, Туксон) появилось большое количество образцов самородного серебра на меди (п-ов Кивино, оз. Верхнее, штат Мичиган, США). Медная провинция Кивино относится к рифтовой системе Мидконтинент и включает месторождения самородной меди мирового класса, которые обрабатываются с 1845 г. Самородки меди приурочены к миндалекаменным базальтам позднего протерозоя и красноцветным конгломератам, а медные руды всегда содержат серебро в качестве полезного компонента [6, 8, 10].

Аналогичные проявления меди широко распространены в Менкюленской минерагенической зоне в девонских базальтах северного замыкания хр. Сетте-Дабан. Они характеризуются исключительно медной минерализацией, связанной с меденосными базальтами, силлами, дайками диабазов, а также с карбонатно-терригенными формациями девона, позднего девона–раннего карбона (менкюленская свита), где

проявлена преимущественно вкрапленная, прожилково-вкрапленная халькозин-борнитовая, реже с халькопиритом минерализация. Ранее предполагалось, что основные перспективы зоны связаны только с медью курпанджинского типа, а остальные проявления меди имеют подчиненное значение [1].

Находки в покровах базальтов проявления Хурат нового для Менкюленской минерагенической зоны – Fe-оксидного-Cu-Au типа руд [2] позволили пересмотреть перспективы этих проявлений. Кроме того, все проявления меди расположены вблизи федеральных автодорог «Колыма» и «Яна», поэтому выявление в медных рудах дополнительной благороднометалльной минерализации может существенно улучшить их экономическую привлекательность. Перспективные проявления Джалкан, Росомаха и Хурат находятся в северной части Сетте-Дабанского горст-антиклинория (рис. 1) и связаны с вулканогенно-осадочными породами среднего–верхнего девона [4], залегающими с несогласием на

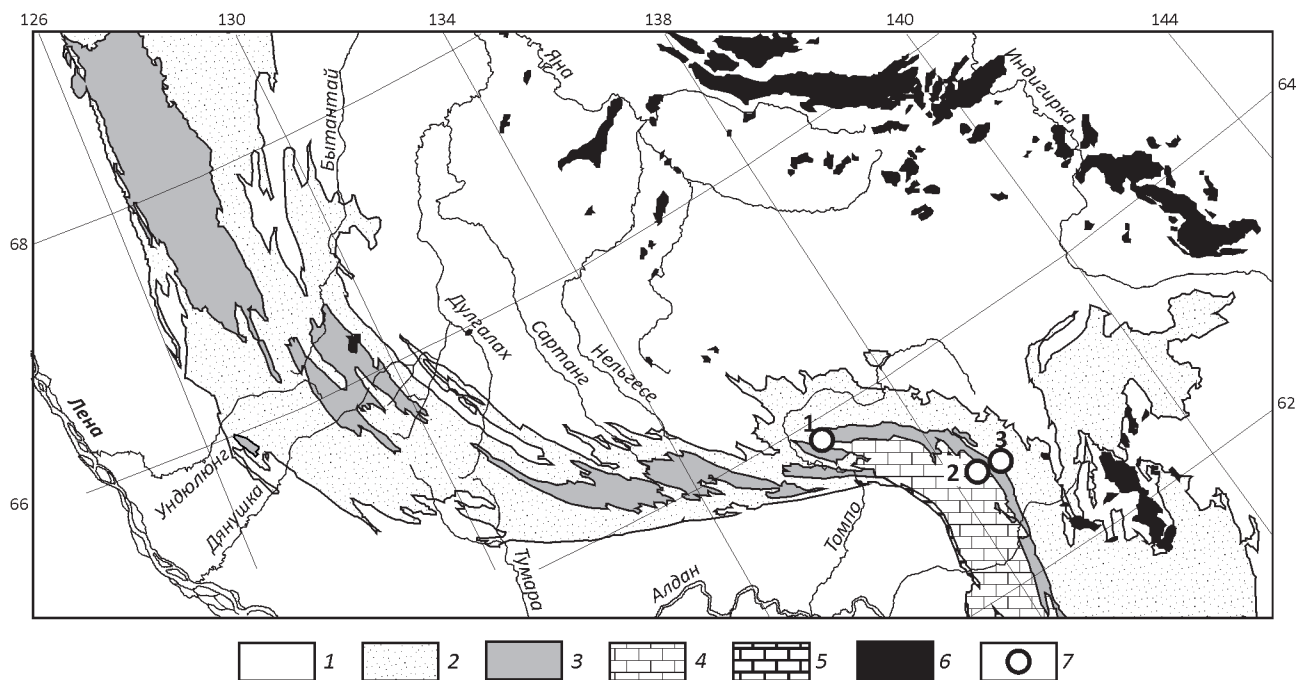


Рис. 1. Геологическая позиция проявлений Fe-оксидного-Au-Cu (IOCG) типа в базальтах:

1 – триас-юра; 2 – пермь; 3 – карбон; 4 – кембрий-девон; 5 – протерозой; 6 – интрузивы; 7 – проявления меди в покровах базальтов (1 – Джалканское, 2 – Росомахинское, 3 – Хуратское)

различных горизонтах силура, и, по В.А. Ян-Жин-Шину [5], включают до четырех вулканогенных пачек, в которых выделяется до семи покровов базальтов.

Пробы рудопродуктивных базальтов на диаграмме AFM образуют обширное поле (рис. 2), захватывающее известково-щелочную и толеитовую серии, что отразилось на характере и минеральных типах рудной минерализации. С базальтами известково-щелочной серии проявлений Хурат и Джалкан связана обнаруженная во время полевых работ 2013–2015 гг. Fe-оксидная-Cu-Au (IOCG¹) минерализация. Ее главными признаками, позволяющими относить к проявлениям IOCG-типа, являются: Fe-Cu-Au-(Ag) ассоциация элементов [2], генетическая связь с магматизмом и гидротермальная природа руды, содержание Fe около или более 20%, низкое количество сульфидов. *Толеитовые* базальты несут самородно-медную (Джалкан) и сульфидно-медную (Росомаха) минерализацию, отдаленную пространственно от Fe-оксидной. В лавах толеитовой серии широко развиты минерализованные газовые пузыри – миндалины, к которым приурочена значительная часть медной минерализации, а их размеры и количество определяют меднорудный потенциал базальтов.

¹ IOCG – принятое в литературе сокращение от Iron Oxide Copper Gold deposits.

Минеральный состав руд проявлений Джалкан, Росомаха и Хурат отличается простотой. В то же время для района в целом установлена закономерность, выраженная в увеличении степени сульфидности руд с запада на восток – самородная медь (Джалкан) → борнит (Росомаха) → халькопирит (Хурат). Самородное серебро – постоянный спутник всех типов медных руд. Самородное золото установлено только в Fe-оксидных-Cu рудах проявления Джалкан и борнитовых – Росомаха. Химические составы рудных минералов проявлений Джалкан, Росомаха и Хурат представлены в таблице.

Fe-оксидный-Cu-Au минеральный тип руд представлен брекчией с гематитовым цементом (рис. 3, А) и вкрапленной сульфидной минерализацией (Fe 15,11–43,29 и Cu 0,023–0,083%, Au 0,1–17,5 г/т) и установлен в подошве покрова миндалекаменных базальтов (проявление Хурат) на контакте с доломитами бурхалинской и сегеняхской свит (D_2br-D_3sg) [2]. Средняя мощность гематитовых брекчий – 1,5 м, протяженность не менее 3 км. Миндалины в базальтах клиновидной формы, что свидетельствует об относительной подвижности лавового потока. Выполнение миндалины эпидотовое, эпидот-кальцитовое и хлоритовое. Из рудных минералов в миндалинах преобладают халькопирит и пирит.

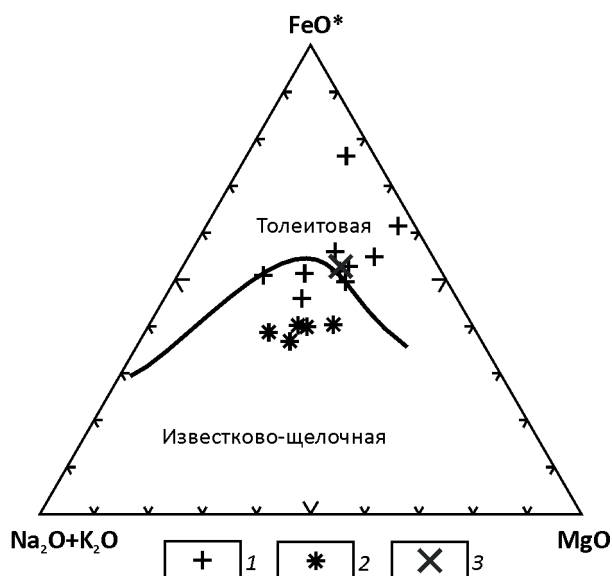


Рис. 2. Диаграмма AFM [9] для минерализованных базальтов хребта Сетте-Дабан:

проявления: 1 – Джалкан, 2 – Хурат, 3 – Росомаха

Главный рудный минерал – гематит; второстепенные – гётит, халькопирит, ковеллин, пирит; редкие – серебро самородное, галенит, барит. Сульфиды присутствуют в гематитовых брекчиях, базальтах и заполненных хлоритом миндалинах. Самородное серебро встречается только в гематите. Золото в минеральной форме не установлено.

Fe-оксидный самородно-медный тип руд (Fe 9,95–20,16 и Cu 0,011–3,98%, Ag <10 г/т) обнаружен в разных участках многостадийных покровов миндалекаменных базальтов (проявление Джалкан). Миндалекаменные и гидротермально измененные прикровельные части базальтовых покровов несут богатую медную минерализацию (см. рис. 3, Б), сопровождаемую гематитизацией, эпидотизацией, карбонатизацией и хлоритизацией с относительно равномерной вкрапленностью самородной меди. *Миндалины* в базальтах мелкие и, в основном, округлой формы. Это свидетельствует об отсутствии движения лавы при ее высокой подвижности, что возможно при заполнении лавой понижений в рельефе. Общая протяженность покрова порядка 15 км, мощность около 200 м и включает до 9 потоков мощностью от 10–40 м. Прикровельная часть каждого из них сложена миндалекаменными породами, благоприятными для локализации меднорудной минерализации. Такое строение покрова дает основание предполагать наличие нескольких рудоносных горизонтов. Видимый вертикальный размах оруденения в бассейне руч. Джалкан более 500 м. Самородная медь образует как мелкую вкрапленность, так и крупные вкрапленности и прожилки.

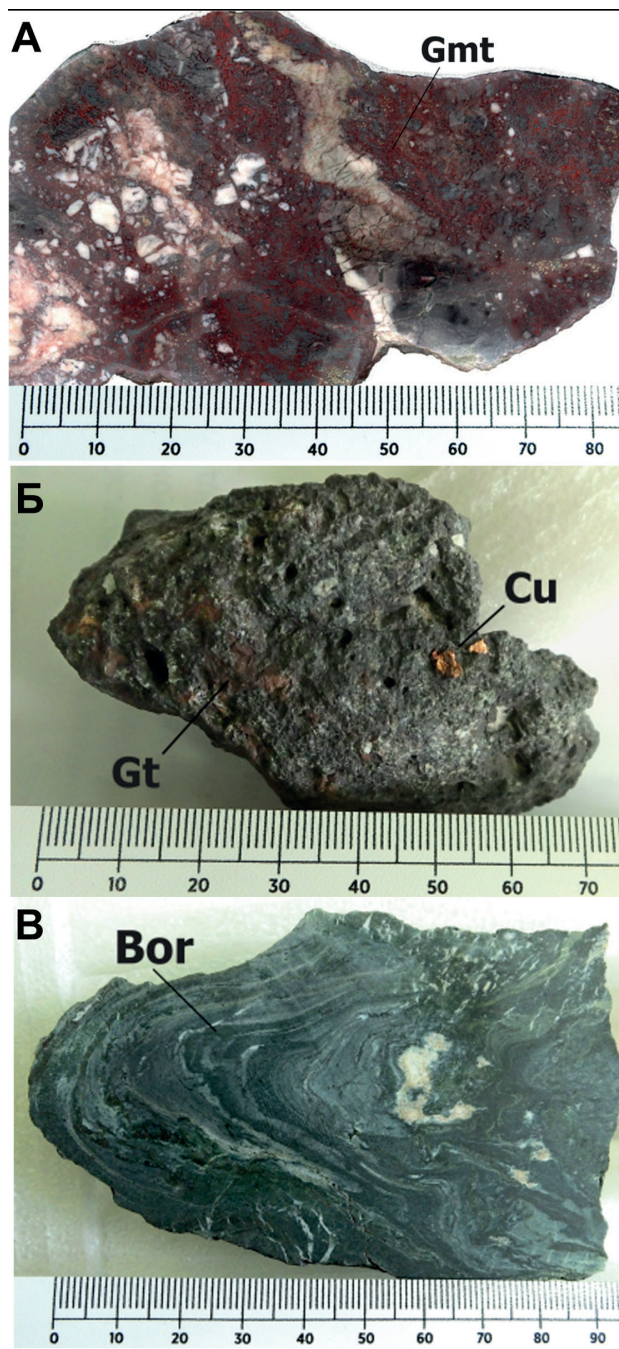


Рис. 3. Главные минеральные типы Fe-оксидных-Cu-Au руд проявлений Хурат (А), Джалкан (Б), Росомаха (В):

А – обр. 10010-6 (63,13°с.ш., 138,20°в.д.), Fe-оксидная-Cu-Au руда: брекчированный доломит в подошве покрова базальтов с Au-Cu-содержащим гематитовым цементом; Б – обр. 10195-2 (63,60°с.ш., 136,48°в.д.), Fe-оксидная самородно-медная руда: гётитизированный базальт с вкраплениями самородной меди и мелкими выделениями самородного золота; В – обр. 27-6 (63,04°с.ш., 139,95°в.д.), борнитовая руда: фрагмент миндалины в базальтах, чередование темных и светлых полос обусловлено разной степенью насыщенности борнитом; Gmt – гематит, Cu – медь самородная, Gt – гётит, Bor – борнит

Химический состав рудных минералов (в %)

Образец	Fe	Cu	Ag	Au	S	O	Total
Самородные							
10195-2		97,54					97,54
		98,54					98,54
10010-6			99,04				99,04
			99,63				99,63
27-6		9,18	89,17				98,35
		9,36	88,69				98,05
27-6 (в андезитобазальтах)			10,34	85,66			96,00
			11,02	89,52			100,54
27-6 (в миндалинах)		2,21	8,81	86,03			97,05
		1,39	10,04	86,57			98,00
		2,96	8,62	87,31			98,89
		2,04	10,51	87,12			99,67
10195-2		3,23	8,85	86,24			98,32
Халькозин (Cu ₂ S)							
27-6		75,16			23,80		98,96
		74,56			23,33		97,89
		77,41			22,60		100,01
Джерит (Cu ₈ S ₅)							
10195-2	2,93	72,42			23,87		99,22
	1,03	72,48			24,95		98,46
	1,44	72,93			24,49		98,86
27-6	1,86	77,97			19,64		99,47
	1,86	77,99			19,45		99,30
	1,81	77,06			19,82		98,69
Ковеллин (CuS)							
27-6		65,90			32,42		98,32
		66,93			33,33		100,26
		67,09			32,25		99,34
Борнит (Cu ₃ FeS ₄)							
27-6	12,18	61,80			26,34		100,32
	10,64	61,57			27,38		99,59
	11,16	61,33			27,43		99,92
	5,44	69,23			25,23		99,90
Халькопирит (CuFeS ₂)							
10010-6	30,69	33,86			35,02		99,57
	31,54	35,40			32,61		99,55
	32,12	33,77			33,64		99,53
Куприт (CuO)							
10195-2		87,20				10,40	97,60
		89,33				9,80	99,13

Примечание. Анализы выполнены в ИГАБМ СО РАН в лаборатории физико-химических методов анализа на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV; аналитик С.К.Попова.

В период работ Аллах-Юньской геологоразведочной экспедицией в аллювии р. Джалкан были обнаружены самородки меди массой до 15 кг, в рудах отмечались примеси серебра и золота (М.Н.Засимов, 1984).

Главные рудные минералы – медь самородная, куприт; второстепенные – гётит, гематит, джерит, борнит, халькопирит, ковеллин, титанит; редкие – золото

самородное, евгенит. Самородная медь – основной рудный минерал. Рассеянная вкрапленность меди встречается в измененных гётитизированных базальтах, в эпидотовых и кварцевых прожилках. Золото обнаружено в обогащенных гематитом и гётитом лавовых потоках. Размеры выделений до 3 мкм, форма округлая. Проба Au 864%, примесь Cu 3,23%.

Борнитовый минеральный тип руд (Fe 8,37–11,09 и Cu 8,09–18,24%, Ag 9,29–34,8 г/т)² установлен в андезитобазальтах *D₃fm* Сегеняхской синклинали, на удалении от зон развития богатой Fe-оксидной минерализации (проявление Росомаха). Данное проявление медистых базальтов приурочено к лавовому покрову мощностью 35–120 м [3], в котором встречаются участки с крупными уплощенными миндалинами и трубами, имеющими внутри концентрически-зональное строение (см. рис. 3, В). Протяженность рудных тел достигает 250 м и более. Миндалины вмещают богатую медную минерализацию, имеют удлиненную уплощенную и трубчатую формы, характерные для захвата лавой растительных остатков при их пиролизе и выгорании. Лавовый поток при этом должен был перемещаться медленно, что обусловило их достаточно крупные размеры – до 1 м и более. Поверхностный слой составляет окремненная яшмовидная лава, далее к центру миндалины происходит чередование слоев, в разной степени обогащенных борнитом.

Главный рудный минерал – борнит; второстепенные – халькозин, джерит, ковеллин и халькопирит встречаются в виде игольчатых выделений в борните (структуры распада твердого раствора); редкие – самородные медь, золото и серебро. Самородная медь встречается вне миндалин в виде тонкой вкрапленности в игольчатых алюмосиликатах или образует каемки вокруг них. Значительное количество самородной меди в ассоциации с кальцитом цементирует тонкие разноориентированные трещинки в андезитобазальтах. Серебро присутствует как в андезитобазальтах, так и в миндалинах, заполненных борнитом. В андезитобазальтах серебро химически чистое, в миндалинах содержит примесь Cu >9%. Размеры выделений серебра до 7 мкм, форма вытянутая. Золото также присутствует в андезитобазальтах и рудных миндалинах, где ассоциирует с ковеллином. В андезитобазальтах золото без примеси меди, проба 856–895%, в миндалинах содержит примесь меди 1,39–2,96%, проба золота 860–873%.

Для всех проявлений характерны незначительные гипергенные преобразования руд. Медные минералы в зоне окисления представлены малахитом и азуритом, которые выполняют разноориентированные трещинки. В местах выхода богатых руд на поверхность малахит и азурит могут покрывать площади до нескольких квадратных метров, что является надежным поисковым признаком богатых медных руд.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственная и генетическая связь мафических пород и ИОСГ-минерализации, широко распространенная в мире [7], обнаружена и в Восточной Якутии в базальтах и андезитобазальтах Сетте-Дабанского палеорифта.

2. Базальты известково-щелочной серии продуктивны на Fe-оксидный-Cu-Au тип минерализации, толеитовой – на Cu и Cu-Ag-(Au). Оба типа руд пространственно сближены, несут высокие содержания меди и могут представлять практический интерес.

3. Впервые в медных рудах проявлений Джалкан и Росомаха обнаружены самородные золото и серебро. Руды проявления Хурат содержат рассеянное золото, не образующее минеральных обособлений.

Исследования выполнены по плану НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2014-0008.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кокин А.В., Сухоруков В.И., Шишигин П.П.* Региональная геохимия (Южное Верхоянье). – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1999.
2. *Костин А.В., Кривошапкин И.И.* Типы Fe-оксидных-Cu-Au проявлений Восточной Якутии // Отечественная геология. 2015. № 5. С. 11–16.
3. *Медистые песчаники и медистые базальты Сетте-Дабанского региона / Э.И.Кутырев, А.Е.Соболев, А.В. Исправников и др.* // Стратиформное оруденение Якутии: Сб. научных трудов. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. С. 74–87.
4. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия).* – М.: МАИК «Наука/интер-периодика», 2001. С. 320–321.
5. *Ян-Жин-Шин В.А.* Тектоника Сетте-Дабанского горст-антиклинария. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983.
6. *Bornhorst T.J., Robinson G.W.* Precambrian aged supergene alteration of native copper deposits in the Keweenaw Peninsula // Michigan: Institute on Lake Superior Geology. Proceedings and Abstracts. 2004. Vol. 50. Pp. 40–41.
7. *Butera K.* Genesis, tectonic setting and exploration: considerations for Fe-oxide Cu Au deposits, Mount Isa Eastern Succession // Diss. James Cook University. 2008.
8. *Butler B.S., Burbank W.S.* The copper deposits of Michigan // US Government Printing Office. 1929. №. 144.
9. *Irvine T.N., Baragar W.R.* A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Canadian journal of earth sciences. 1971. Vol. 8. Pp. 523–548.
10. *Nishio K.* Native copper and silver in the Nonesuch Formation, Michigan // Economic Geology. 1919. Vol. 14. №. 4. Pp. 324–334.

² Содержания Fe и Cu определены количественным химическим анализом в лаборатории ИГАБМ СО РАН. В работах Э.И.Кутырева и др. [3] приводятся содержания меди в рудах проявления Росомаха от 0,5 до 2,5%. Из-за невысоких содержаний меди в рудах, проявление считалось неперспективным.