

---

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, ТЕКСТУРА И СТРУКТУРА РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ АЙНАК (АФГАНИСТАН)

Ф.Х. Реза-и

Кафедра месторождений полезных ископаемых и из разведки  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье рассматривается минеральный состав, текстура и структура руд Айнакского месторождения «Афганистан». Настоящая статья написано автором по результатам изучения макроскопических и микроскопических образцов, собранных в процессе бурения скважины китайской компании (МСС, 2010—2011), и данных по бурению русских геологов (1978 г.)

**Ключевые слова:** Айнакское месторождение, медные руды.

**Вещественный состав руд айнакского месторождения. Медные руды, минералы меди (Cu).** Айнакское месторождение принадлежит к промышленно-генетическому типу месторождений медистых песчаников. Классическими представителями являются Джекказган (Казахстан) и Удокан (Россия). Оно находится в 30 км к юго-востоку от города Кабула в Логарской провинции.

Месторождение Айнак характеризуется приуроченностью оруденения к определенным стратиграфическим горизонтам продуктивной карбонатно-терригенной толщи и согласным залеганием рудных тел с вмещающими толщами.

Рудная минерализация характеризуется борнитовым и халькопиритовым рудами в доломит-мраморах и кварц-биотит-доломитовых сланцах свиты Лойхвар. Борнитовые руды относятся к богатым, содержат свыше 1,5% меди (в среднем по месторождению 2,36%), а халькопирит — к бедным или средним (1% и ниже) (рис. 1а).

На месторождении основными рудными минералами являются борнит и халькопирит, а в зоне окисления — халькозин, малахит, куприт, хризоколла и самородная медь. Из нерудных минералов наиболее распространены кварц, доломит и полевой шпат, для халькопиритовых разностей характерны также пирит и пирротин. В качестве примеси в существенно борнитовых рудах встречается молибденит, а в борнит-халькопиритовых и существенно халькопиритовых рудах — кобальтин, карролит, редко — кобальт-пентландит, линнеит, герсдорфит, глауколот, миллерит, сфалерит, магнетит преимущественно развит в борнитовых рудах.

**Борнит** является главным, наиболее распространенным рудообразующим минералом. Он локализован преимущественно в главной рудной залежи. Редкая вкрапленность его обнаруживается также в доломитовых в мраморных толщах. Среднее содержание борнита в борнитовых рудах составляет 2,5—5% (при среднем по борнитовой руде 2,9%). Главная масса борнита образует слоисто-вкрапленные и линзовидно-вкрапленные агрегаты. Формы отдельных зерен неправильные, крючковатые, с извилистыми границами внедрения в кварц, доломит, слюдисто-плагиоклазовые и хлорит-плагиоклаз-доломитовые агрегаты (рис. 1б).

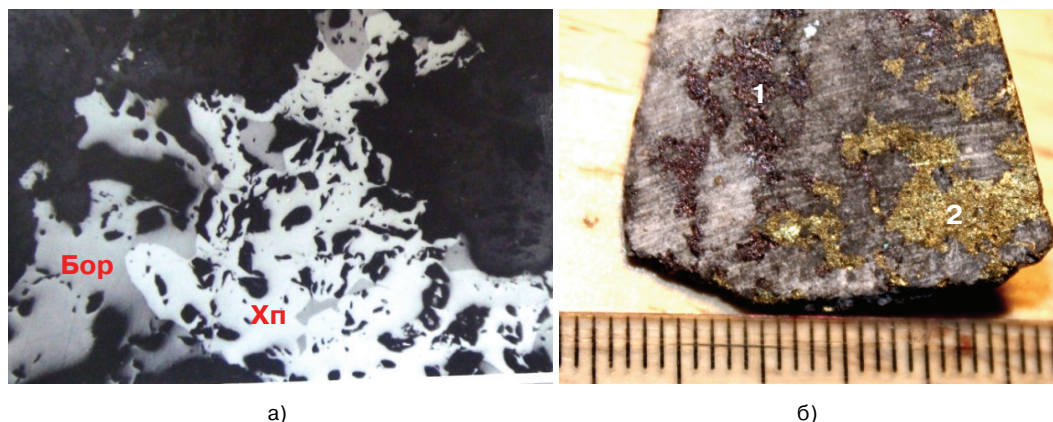


Рис. 1. а) борнитовые и халькопиритовые прорастания (слева); б) борнит-халькопиритовый агрегат (справа). Борнит — серый, халькопирит — светло-серый, ув.12х

**Халькопирит** является вторым по распространенности важнейшим сульфидным минералом месторождения. Концентрации халькопирита варьируют в широких пределах, так же как и количественные соотношения его с борнитом. Он образует как равномерную или линзовидно-гнездовую вкрапленность в кварцитах, рассланцованных песчаниках и доломитах, так и густую сеть коротких, ветвящихся, послойных и секущих прожилков в сланцах и конседиментационных брекчиях. Халькопирит, так же как и борнит, выделяется в виде оторочек вокруг окатанных и угловатых обломков, нередко напело замещая доломитовый цемент песчаников и гравелитов.

**Халькозин** развит преимущественно в зонах трещиноватости, где халькозинизация борнита наблюдается даже на глубинах до 450—560 м. Иногда халькозин присутствует в сростках с борнитом и замещает его в относительно больших количествах (10—20% объема борнита) в средних частях борнитовой зоны. В большинстве случаев он образует каймы, оторочки, прожилки в борните или халькопирите.

**Пирротин** в небольшом количестве постоянно присутствует в зоне халькопиритовых руд. Он развит преимущественно в углистых доломитовых мраморах и углистых сланцах.

В устойчивой парагенетической ассоциации с халькопиритом пирротин образует сростки типа взаимных границ. Линии разграничения между двумя минералами извилистые или прямые.

**Пирит** в небольшом количестве постоянно присутствует в халькопиритовых рудах. Количество его увеличивается в северной, юго-западной и юго-восточной частях центрального участка, где существенно борнитовые руды сменяются халькопиритовыми, а пирит проявляется главным образом как продукт дисульфидизации пирротина и как составная часть прожилков и оторочек халькопирита вокруг борнита.

**Кобальтин** встречается в виде рассеянной вкрапленности метакристаллов и неправильных выделений размером 0,05—1,5 мм, редко до 5 мм в сечении или в виде мелкозернистых агрегатов величиной 3 × 5 мм.

Кобальтин присутствует в халькопиритовых и незначительных количествах в борнит-халькопиритовых рудах.

**Карролит** встречается в халькопирите в виде идиоморфных, идиобластических выделений серовато-белого цвета с сиреневым оттенком.

**Шмальтин** встречается на южном фланге центрального участка в виде мелких метакристаллов в ассоциации с кобальтином и халькопиритом.

**Кобальтпентландит** изредка встречается в виде очень мелких (0,02—0,06 мм) кристаллов в халькопирите, реже — в борните.

**Герсдорфит** установлен в аншлифах по идиоморфной форме зерен, светло-сеорому цвету, изохронности, высокой отражательной способности. Все минералы кобальта и никеля обнаруживаются в краевых частях зерен борнита или халькопирита. При этом устанавливается проникновение кобальтина и зигенита в борнит и халькопирит.

**Сфалерит** распространен в незначительном количестве только в нижней халькопиритовой зоне в виде тощих прожилков, гнездышек и эмульсионной вкрапленности в халькопирите.

**Молибденит** — характерный минерал существенно борнитовых руд центрального участка. Наибольшие его скопления встречаются в участках крупнозернистых руд, где он образует чешуйки до 1,5 мм длиной в сростках с борнитом.

**Марказит** встречается очень редко как продукт замещения пирита или как промежуточная фаза при формировании пирита в процессе сульфидизации.

**Гематит** изредка встречается в песчаных доломитах и сланцах, а также в жилках в виде пластинок размером 0,05 × 0,3 мм.

**Магнетит** в рудах центрального участка относительно редкий минерал. В глубинах 204—210 м он обнаружен в ассоциации с борнитом, халькопиритом. Магнетит содержит корродированные зерна кварца, борнита и доломита. В то же время в нем постоянно присутствуют прожилки позднего халькопирита и вроски замещающего его молибденита. Таким образом, магнетит образовался после формирования борнита, но раньше позднего халькопирита.

**Ковеллин** — постоянный спутник халькозина. Он находится в субмикроскопических сростках с ним, а также замещает и обрастает его. Иногда образует самостоятельные обособления неправильной формы.

**Куприт** обычно тесно ассоциирует с халькозином, ковеллином, самородной медью, малахитом и гидроокислами железа. Чаще всего образует тонкодисперсные плотные или порошковатые агрегаты, пропитанные гидроокислами железа, нередко — зоны обрастания вокруг халькозинированного борнита, которые сменяются к периферии зонами малахита или гидроокислов железа.

**Самородная медь** весьма широко распространена в смешанных рудах, где образует просечки, тонкие прожилки и нитевидные, изогнутые, скелетные и октаэдрические кристаллы в пустотах.

**Хризokolла** распространена преимущественно на дневной поверхности и проникает до глубин 25—30 м. Она образует прожилки, корочки, реже встречается в виде неправильных плотных ноздреватых гнезд среди богатых куприт-борнитовых руд.

**Малахит** очень часто встречается на дневной поверхности в виде примазок, рыхлых масс, кристаллических корочек и радиально-лучистых агрегатов по трещинам и в пустотах, оторочек вокруг окисленного борнита, независимо от минерального типа руд. Изредка наблюдались колломорфные выделения.

**Азурит** встречается исключительно редко в верхней части зоны окисления в виде кристаллических корочек, в парагенезисе с малахитом и гидроокислами железа.

**Халькантит** обнаружен только на поверхности в участках развития халькопиритовых руд. Он встречается в виде налетов и порошковатых корочек бледно-голубого цвета на плоскостях трещин. Из других сульфатов меди отмечаются **брошантит** и **антлерит**. Из окисных минералов достаточно часто встречается **тенорит** в виде порошковатых масс, просечек и налетов на халькопирите и вокруг него.

**Гидрогётит** и **гётит** довольно часто встречаются совместно как продукты гипергенного изменения халькопирита и пирита. Они образуют нитевидные прожилки, каемки по периферии выделений халькопирита и пирита, а также сплошные массы.

**Доломит** является наиболее распространенным минералом в рудах месторождения. Он слагает доломитовые мраморы, доломитовый цемент песчаников и гравелитов, входит в состав сланцев и конседиментационных брекчий, выделяется в жилах и линзах локальной перекристаллизации.

**Плагиоклазы** наравне с доломитом составляют главную массу нерудного материала, с которым в сростках находится борнит и в меньшей мере халькопирит. Среди плагиоклазов различаются обломочные и аутогенные. Обломочные плагиоклазы олигоклаз-андезитового состава подверглись интенсивной серицитизации и деанортитизации с образованием альбитовых, альбит-олигоклазовых оторочек и новообразованных субидiomорфных зерен и их агрегатов в доломитовых мраморах и метаморфизованных.



а) кварц, содержащий азурит с халькопиритом;  
б) кварц, содержащий халькопирит и борнит

**Кварц** слагает до 30—80% объема кварцсодержащих сланцев и кварцитов и является существенной составной частью песчаников и доломитов. Для него обычны сростки с борнитом и халькопиритом. Часто, разрастаясь, кварц замещает

плаггиоклазы. Кварц и рудные минералы срastaются с взаимопроникновением. Размеры зерен варьируют от 0,1 до 3,0 мм.

**Биотит** встречается во всех типах руд, ассоциируя с халькопиритом, который нередко врастает в биотит по трещинам спайности. Как правило, биотит в местах соприкосновения с сульфидами хлоритизируется с образованием синевато-зеленого хлоритоподобного минерала и гидрослюды.

**Мусковит** наряду с биотитом развит повсеместно. Иногда он образует чешуйки размером до 2 см<sup>2</sup>, но чаще представлен серицитом. Гидромусковит образуется в результате окисления и гидратации биотита и мусковита. Мусковит тесно ассоциирует с борнитом и халькопиритом.

**Хлорит** сопутствует борниту и халькопириту, располагаясь в доломите на контакте с зернами сульфидов. Обычно образует тонкие чешуи бледно-зеленого цвета.

**Скаполит** обычно встречается как минерал, замещающий плаггиоклазы, иногда с образованием полных псевдоморфоз ореликтами серицита внутри. Размеры выделений или кристаллов — от 2 до 4,0 мм.

**Углистое вещество**, часто присутствующее в тонкозернистых метаморфизованных глинистых породах, углистых доломитах и тонко-зернистых кварцитах, по данным рентгенометрических исследований, проведенных при технологических испытаниях руд, частично графитизировано.

**Турмалин** — один из распространенных минералов в рудах месторождения. Его зерна и кристаллы имеют размеры 0,05—0,5 мм. Обнаружены две разновидности турмалина — обломочный, состоящий из внутреннего зеленого или синевато-зеленого ядра и желтой регенерационной каймы, и идиоморфный желтый, представленный буровато-желтыми аутигенными короткопризматическими кристалликами.

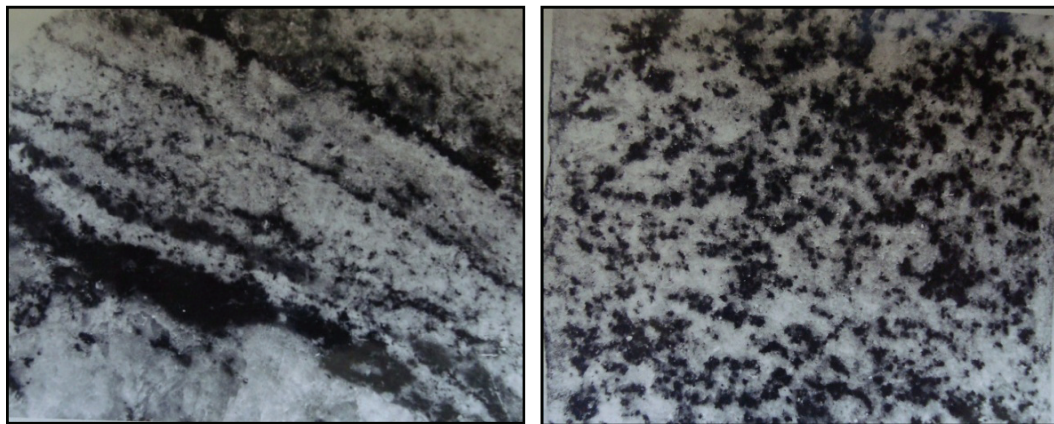
**Амфиболы** представлены тремолитом и актинолитом. Наиболее распространен **тремолит**. Он приурочен к зонам катаклаза и дробления в доломитах. **Актинолит** менее распространен и в рудах встречается редко, только в локальных зонах смятия и перекристаллизации.

**Кальцит** — обычный минерал прожилков в брекчированных сланцах конседиментационных брекчиях.

Содержание попутных компонентов в рудах месторождения следующее: сера — 0,08—1,12%, молибден — 0,0008—0,0058%, кобальт — 0,005—0,033%, никель — менее 0,001%, свинец и цинк — менее 0,01%. В рудах присутствуют золото (около 0,01 г/т) и серебро (0,5—1,4 г/т). Из перечисленных попутных элементов лишь сера имеет промышленное значение.

**Текстуры структуры руд.** Руды Айнакского месторождения по своим текстурным и структурным особенностям довольно однообразны. Среди текстур наибольшим распространением пользуются вкрапленные — послойно и вкрапленная, меньшим — вкрапленно-полосчатая, линзовидно-линейно-полосчатая, а также прожилковая и прожилково-вкрапленная, брекчиевидная и массивная. Из структур чаще всего наблюдаются аллотриоморфная и взаимных границ, реже отмечаются структуры пересечения, распада твердого раствора, гипидиоморфная, а среди руд, затронутых процессами окисления, — структуры краевых каемок, нитеобразная, нитевидно-сетчатая, дендриговая, замещения, колломорфная.

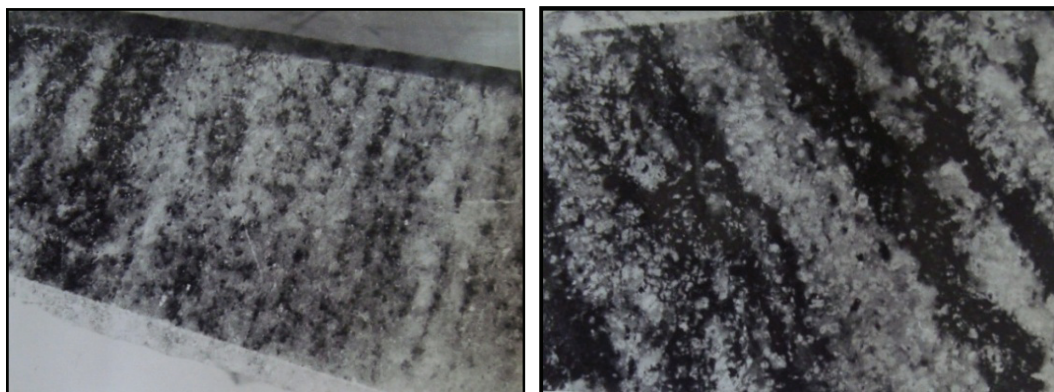
*Послойно- и гнездово-вкрапленная* текстура (рис. 3а, 3б, 4 и 5а) являются преобладающими в борнитовых рудах. Размеры отдельных зерен варьируют от 0,007 до 2 мм, чаще в пределах 0,05—0,8 мм. Вкрапленность бывает относительно равномерной и сгустковой.



а)

б)

**Рис. 3.** а) послойно-вкрапленная борнитовая руда. гл. 151 м, ув. 3,5×;  
б) гнездово-вкрапленная борнитовая руда. ув. 2×



а)

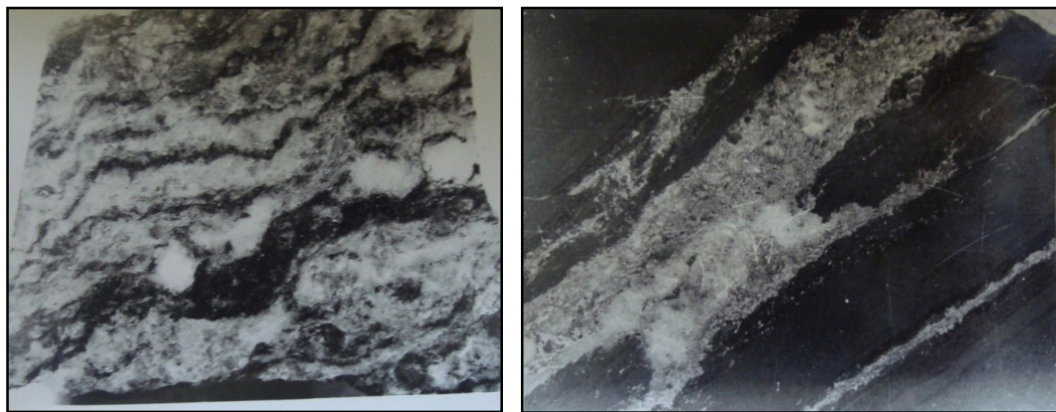
б)

**Рис. 4.** а) халькопирит-борнитовая руда вкраплено-полосчатой текстуры. гл. 500,9 м, ув. 2. 4×;  
б) халькопирит-борнитовая руда линейно-полосчатой текстуры. Сульфиды (черное) замещают доломитовые слои в грубозернистом песчанике. гл. 407 м, ув. 2×

*Вкрапленно-полосчатая* текстура (рис. 4а) характерна для халькопирит-борнитовых и халькопиритовых руд. Густая вкрапленность халькопирита или халькопирита в смеси с борнитом четко приурочивается к отдельным прослоям породы, обогащенным доломитом, шириной обычно до 1 см.

*Линзовидно- и линейно-полосчатая* текстуры (рис. 4б и 5б) наблюдаются как в борнитовых, так и в халькопиритовых рудах. Сближенные линзочки или полоски халькопирита (иногда в смеси с борнитом) группируются в пределах слоев породы мощностью до 1—2 см, реже 3 см. Мощности отдельных рудных

линзочек и полосок обычно не превышают первых миллиметров. Ограничения рудных линзочек и полос, как правило, весьма неровные. По простиранию они неоднократно изменяют свою мощность или прерываются, а затем появляются снова.



а)

б)

**Рис. 5.** а) катаклазированная борнитовая руда  
послойно-вкрапленной текстуры. гл. 362, ув. 2,5х;  
б) послойная линзовидно-полосчатая халькопиритовая руда,  
содержащая пирит и пирротин в микросланце. гл. 477 м, ув. 2,5х

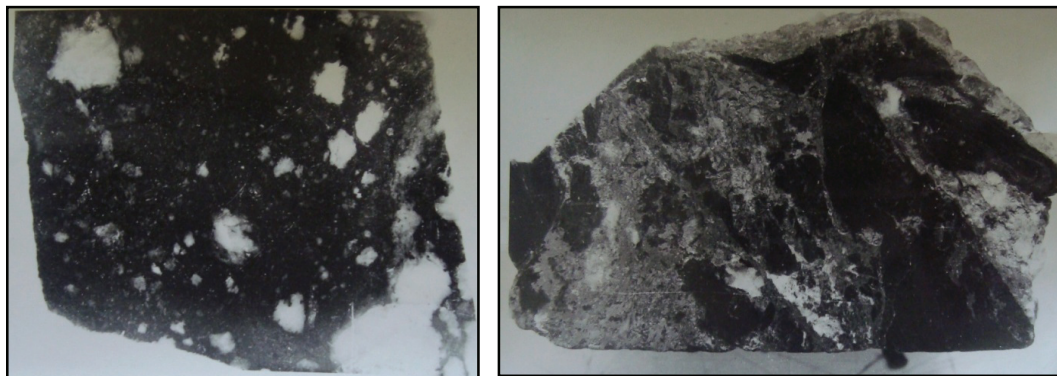
**Прожилковая и прожилково-вкрапленная** текстуры обычно характерны для существенно халькопиритовых руд (рис. 6а). Нередко прожилковая текстура халькопиритового оруденения накладывается на послойно-вкрапленные борнитовые руды.

**Брекчиевидная** текстура отмечается спорадически. Руды с такой текстурой образуют неправильные по форме, иногда разветвляющиеся тела без четких ограничений, мощностью от 3—5 до первых десятков сантиметров, редко до метра, среди вкрапленных, вкраплено-полосчатых, либо линейно-полосчатых руд. Рудная масса (чаще всего это борнит, иногда борнит с примесью халькопирита, реже мономинеральный халькопирит) как бы цементирует слегка округлые metablastы доломита и кварца, обломки песчаников и сланцев, размеры которых в поперечных сечениях варьируют от 2—5 мм до 2—3 см (рис. 7а и 7б),

**Массивная** текстура встречается довольно редко на весьма ограниченных по размерам участках. В одних случаях это сплошные, существенно борнитовые руды с незначительной примесью халькопирита и редкими спорадическими включениями вмещающих пород, в других — богатые руды зоны окисления, состоящие из куприта, лимонита, самородной меди.

**Аллоприоморфная** структура — самая распространенная во всех типах первичных руд — существенно борнитовых, халькопирит-борнитовых и существенно халькопиритовых.

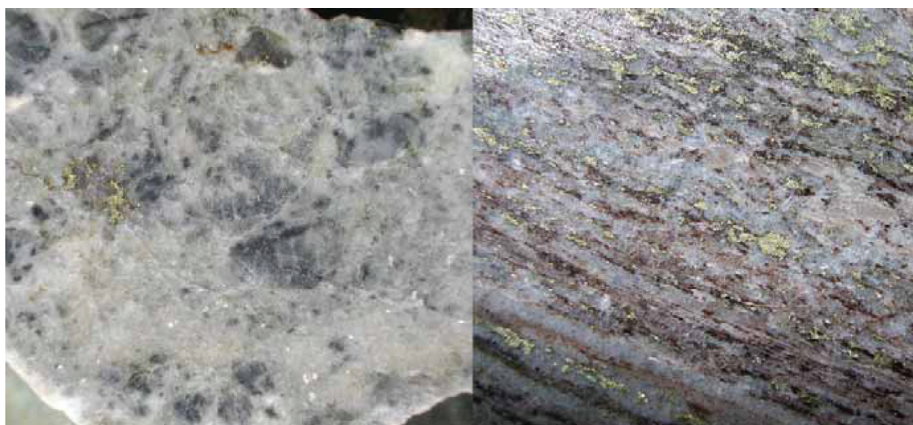
Структура распада твердого раствора в рудах обычна. Отдельные выделения борнита содержат пластинчатые или изогнутые, часто неправильной формы обособления халькопирита.



а)

б)

**Рис. 6.** а) богатая борнитовая руда брекчиевидной текстуры: на черном фоне массивного борнита видны корродированные обломки кварца (белые) и доломитистого кварц-полевошпатового песчаника (серые и пятнистые). Гл. 123 м, ув. 2х; б) Брекчиевидная прожилково-вкрапленная бедная халькопиритовая руда с пиритом по коседематационной брекчии, претерпевшей поздний катаклиз. Черное — обломки микросланца, белое — кварц-кальцитовые линзы в песчаном доломите (серое). Пирит и халькопирит серые рельефные гнезда и прожилки. гл. 482,8 м, ув. 2,5х



а)

б)

**Рис. 7.** а) порфиро-бластик доломит мрамор с халькопиритом;  
б) послойно-вкрапленная халькопиритовая руда

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абдулла Ш., Чмырëв В.М., Дронов В.И. Геология и полезные ископаемые Афганистана. — Недра, 1980. [Abdullah Sh., Chmirnov V.M., Dronov V.I. Geologya e paliznie eskoпаemie Afghanistan. — Nedra, 1980.]
- [2] Яцинин С.Б., Бакарасов Е.В., Могилин В.С., Грищенко В.Н., Данчев В.В., Малков И.И., Махмутов Т.Т., Мусеев В.С., Черемцый В.Г., Щербонис В.Д., Юргенсон Г.А. Отчет о детальной разведке центрального участка Аайнакского месторождения меди с подсчетом запасов по состоянию на 1 апреля 1978. [Yashinin S.B., Bakarassov E.V., Mogilin V.C., Grishinko V.N., Danchiv V.V., Malkov E.E., Mahmudov T.T., Maiseev V.C., Cheremtsi V.G., Sherbonic V.D., Urgenson G.A. Otchet o detalnoi razvedke tsentralnovo uchastka Aynakskovo mestorazhdiniya medi s podschetom zapasov po sostoyanio na 1 aprelya 1978.]



- [3] *Зайцев В.Н., Березий А.Е., Бушмелев Е.Н., Керимов А.Ф., Майданцев Г.А., Микрошников К.Е. и др.* Отчет о результатах предварительной разведки Западного участка Айнакского месторождения меди с подсчетом запасов. — Кабул, 1988. [*Zaitsev V.N., Berezie A.E., Bushmelev E.N., Kerimov A.F., Maidantsev G.A., Microshnikov K.E. i dr.* Otchet o rezultatah predvaritelnoe razvedki zapadnogo uchastka Aynakskovo mestorozhdiniya medi s padschutom zasposov. — Kabul, 1988.]
- [4] *Анвари Хафизулла.* Разработка методики Маркшейдерского обеспечения открытых горных работ меднорудного месторождения «Айнак». — М., 1984. [*Anwari Hafizullah.* Razrabotka metodiki markshiederskogo obespecheniya otkritih gornih работ mednorudnogo mestorozhdenoe “Aynak”. — M., 1984.]

## **MINERAL COMPOSITION OF ORES & MINERAL STRUCTURE OF AYNAK COPPER DEPOSIT (AFGHANISTAN)**

**F.H. Reza-e**

Department of mineral deposits and exploration  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Mikluho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198*

The article studies the chemical deposits (mineralogy) and structure of the ores of Aynak ore deposits. This article have a results of macroscoping and microscoping reaserche after drilling of china company (MCC, 2010) and drilling of Russian geologist (1978).

**Key words:** Aynak deposit, copper ore.