

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА РУДОНОСНЫЕ
БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ ФОСФОРИТОВ МОНГОЛИИ**

А.В. Татаринов¹, Л.И. Ялович¹, Н.С. Карманов¹, Д. Энхтуйа²

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия, tatarinov@gin.bscnet.ru

²Педагогический институт, Улан-Батор, Монголия, a_munkhtuya2000@yahoo.com

**MECHANOCHEMICAL TRANSFORMATION INFLUENCE ON PHOSPHORITE
ORE-BEARING BACTERIAL ORGANIC-MINERAL UNITS IN MONGOLIA**

A.V. Tatarinov¹, L.I. Yalovik¹, N.S. Karmanov¹, D. Enhtuyaa²

¹Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia, tatarinov@gin.bscnet.ru

²Pedagogical Institute, Ulan-Bator, Mongolia, a_munkhtuya2000@yahoo.com

Explored siliceous phosphorescence from Burehansk deposit, consisting of phosphorous and siliceous cyanobacterial mate, contains the area bacterial-ore material. It is revealed that under mechanical activation during 30 mines of the tests phosphorescence in a ball mill a new formation of paragenesises fluorine-apatite with low-grade gold, enriched lead and fluorinehydroxylapatite with silvercontaining gold is formed. The synthesized microparticles highest Au in knitting with quartz-vitlokites unit.

Фосфориты Хубсугульского фосфоритоносного бассейна Монголии содержат элементы-примеси многих рудных элементов (V, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Pt, Pd и др.), нередко в повышенных, вплоть до промышленных, концентрациях. При этом для части рудных элементов (ЭПГ, Hg, частично Au, Pb) не установлены минеральные фазы, что позволило предполагать образование их в форме металлоорганических кластеров и тонкодисперсных выделений в сульфидах слабо

раскристаллизованных бактериальных органо-минеральных агрегатов. Данный вывод согласуется с результатами бактериально-палеонтологического изучения хубсугульских фосфоритов. В последнее время установлено, что фосфориты Хубсугульского и его южного продолжения Бурэнханского месторождений нацело состоят из фосфатизированных и окремненных бактериальных сообществ, преимущественно представленными фрагментами цианобактериальных матов (Жегало, 2002). Эти фрагменты сохранились в фосфоритах в виде микростроматолитов и микрожелвачков, размерами от десятков до сотен микрон. Микрожелвачки сложены фосфатизированными переплетенными нитчатыми бактериями или их чехлами с разным диаметром нитей и форм округлого, веерообразного и гантелевидного габитуса. Е.А.Жегало (2002) наблюдал псевдоморфозы фосфата по пурпурным и иным бактериям наннометровой размерности.

Отмеченные особенности хубсугульских фосфоритов, в части хорошей сохранности реликтов фосфатизирующих бактериальных сообществ, позволяют в процессе их механической активации установить влияние механохимических преобразований на бактериальные органо-минеральные агрегаты, в той или иной степени обогащенных различными рудными компонентами и, в первую очередь, на золотоносные металлоорганические кластеры.

В качестве объекта экспериментальных исследований были выбраны кремнистые фосфориты из Бурэнханского месторождения, в которых было обнаружено тонкое золото. Пробы таких фосфоритов подвергались механическому активированию в шаровой вибромельнице в течение 30 мин. Зерна исходной пробы и продукты ее помола изучались на сканирующем электронном микроскопе LEO-1430 VP с энергодисперсионным спектрометром JNCA Energu в лаборатории ГИН СО РАН.

Фосфориты исходной пробы обладают брекчиевой текстурой, мозаично-криптозернистыми структурами. Обломки брекчии представлены: 1) тонкозернистой кремнистой (халцедон, кварц) породой с включениями (0,01-0,03 мм) тонко рассеянного органо-рудного вещества (остатки бактериального мата) и реликтовыми обособлениями (0,05-0,1 мм) нераскристаллизованного аморфного серо-бурого субстрата, иногда образующими агрегаты типа онколитов, размерами 0,8-5 мм; 2) обломки буро-серой, темно-серой окрасок, сложенные нераскристаллизованным или частично раскристаллизованным фосфатным веществом с пылевидной примесью бактериально-рудного вещества с характерными коккоидными формами; 3) обломки фосфатов радиально-лучистого строения с поперечными тонкими полосками органо-рудного вещества, формирующих концентрически-слоистую текстуру.

Цементирующий субстрат брекчиевых фосфоритов слабо раскристаллизован в апатит-кварцевый агрегат, содержит примеси реликтовых тонких бактериально-рудных выделений. Образование монофосфата часто образуют слои в микроонколитах.

Из рудных минералов в изученных образцах брекчиевого фосфорита диагностированы пирит, халькопирит, гематит, лимонит (гетит) и самородное золото. Размеры частиц золота 1-3 мкм. Они приурочены к участкам окисленного пирита. Тончайшая рудная "пыль" с преобладанием сульфидов сконцентрирована в бактериально-минеральных агрегатах.

В отдельных образцах можно наблюдать трехслойное строение первичных фосфоритов. Примерная зональность фосфоритов представляется в следующем виде:

1) концентрически-слоистые агрегаты, состоящие из белых мелкозернистых слоев (мощность 0,1-0,7 мм) кварца (халцедона), возможно с примесью мелкокристаллического апатита, и кремнистых слоев (мощность 0,05-0,2 мм), обогащенных органикой в виде тонко рассеянной "пыли";

2) буровато-серый слой аморфного (до криптозернистого) бактериально-фосфатного агрегата с коккоидными микроформами;

3) условно выделенный слой, состоящий из микроонколитов аморфного фосфата, заключенных в обломки серо-черного цвета аморфного кремнезема, интенсивно насыщенного фрагментами бактериального мата с коккоидными микроструктурами.

Эти первичные (диагенетические) слои в процессе катагенеза, а возможно и конседиментационной тектоники, были нарушены, разбиты на отдельные фрагменты (формирование брекчиевых фосфоритов). Цементирующий субстрат при этом возник с участием позднего бактериального сообщества. Параллельно, ранее аморфное органо-кремнисто-фосфатное вещество обломков брекчиевых фосфоритов раскристаллизовывалось с образованием криptomелкозернистых хлорит-серицит-кварц-апатитовых агрегатов.

Изучение состава отдельного зерна монофосфата на сканирующем электронном микроскопе показало, что основная его масса сложена фторапатитом с примесью SrO (до 1,21 мас.%), иногда SiO₂ и Al₂O₃. Из данных силикатного анализа соответствующей навески монофосфата можно предполагать и наличие фаз фторкарбонатапатита (франколита). По сравнению с теоретическим составом в рассматриваемом фтор-апатите наблюдается некоторый избыток F. Обнаружены реликтовые агрегаты размером от 0,5x0,5 мкм до 25-45x75-100 мкм, представленные аморфным, слабокристаллизованным бактериально-сульфидно-фосфатно-кремнистым веществом, вероятно содержащих некоторое количество гидрослюд. Содержания SiO₂ (табл. 1) в таких агрегатах широко варьируют (54,87-94,52 мас.%). По всей видимости, по тонкодисперсному пириту, входящему в состав указанных агрегатов развивается гетит (лимонит), содержащий примеси V, Ni, Zn.

Таблица 1

Химический состав (мас.%) золотоносных агрегатов из зерна активированного фосфорита

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SrO	P ₂ O ₅	F	Cl	H ₂ O	Ag	Au	Hg	Сумма
0,94		2,13	9,30		6,49		0,36		11,12	69,66		100,00
4,94		11,10	48,36		33,74		1,86					100,00
									13,77	86,23		100,00
8,08	0,86	0,94	7,26		5,47	1,03			10,74	65,62		100,00
34,17	3,63	3,99	30,71		23,13	4,37						100,00
									14,07	85,93		100,00
1,46			53,25	1,01	41,31	3,43						100,46
1,62			29,59		21,04	1,64		6,32	1,96	34,19	3,64	100,00
2,69			49,15		34,94	2,72		10,50				100,00
									4,93	85,93	9,14	100,00

В результате механической активации пробы фосфорита в вибромельнице, исходный материал подвергался измельчению и механохимическим преобразованиям. Преобладающий размер полученных при измельчении зерен от 0,5 до 5-10 мкм. Единичные зерна достигают 63x45 мкм. Состав фторапатита при активации практически не меняется. За счет механохимических реакций в зернах фторапатита и франколита реликтовые агрегаты аморфного бактериально-фосфатно-кремнистого с сульфидами вещества замещаются тонкими золотоносными агрегатами кварц-кваспатитового фторапатитового, кварц-фтор-апатитового, хлорапатитового, фторгидроксил-апатитового и кремнисто-железистого витлокита, о чем свидетельствуют одинаковые размеры и характер распределения тех и других на поверхности среза зерна. Примерно около 50% реликтовых агрегатов замещены золотоносными новообразованиями. Размеры золотоносных новообразований варьируют от 0,1x0,1 мкм до полос длиной 20 мкм и шириной 1,5-2 мкм. Вокруг белых агрегатов, богатых золотом (25-80%), иногда наблюдаются светло-серые каймы фторапатита с низкой золотоносностью.

Самородное золото большей частью выделяется в виде тонких микропластинок длиной от 1 мкм до нескольких микрон. Наиболее крупные из них достигают размеров 1x7 мкм и 2,5x5 мкм. Из элементов-примесей в самородном золоте установлены Ag (4,93-20,18 мас. %), Hg (3,64-10,49 мас. %) и Pb (до 20,47 мас. %). Самородное низкопробное золото обнаружено в новообразованном механохимическим путем фторапатите, а высокопробное в кварц-витлокитовом агрегате. В низкопробном золоте отмечена максимальная концентрация Pb. Микрочастицы Au, содержащие примесь Hg локализованы в выделениях фторгидроксил-апатита.

Литература

1. Жегало Е.А. Фосфориты Хубсугула – как пример изучения осадочных полезных ископаемых // Современные вопросы геологии. Матер. молодежн. конф., 2-е Яншинские чтения 27-29 марта 2002 г. Сб. научн. Тр. – М.: Научный мир, 2002. – С. 84-85.