

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ  
БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ РАЗНОТИПНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО  
УРАЛА

**Мустафин С.К. (sabir.mustafin@yandex.ru),**  
**Альмухаметов Р.Ф. (AlmukhametovRF@ic.bashedu.ru)**  
Башкирское отделение. Башкирский государственный университет

RESULTS OF X-RAY ANALYSIS OF NOBLE METAL MINERALS  
OF DIFFERENT TYPES OBJECTS OF THE SOUTH URALS

**Mustafin S.K., Almukhametov R.F.**  
Bashkir branch. Bashkir State University

В настоящее время, как отмечено в материалах XVI международного совещания по кристаллохимии и рентгенографии минералов (Миасс, 2007), «...рентгенография поликристаллов остается основным методом определения фазового состава вещества, а рентгеноструктурный анализ - основным для расшифровки кристаллических структур».

Эти методы позволяют решать вопросы кристаллохимии, корреляции структуры и свойств кристаллических веществ, проводить анализ минералов и их синтетических аналогов, осуществлять рентгендифракционные исследования в условиях переменных температур и давлений, изучать наноматериалы, биоматериалы, продукты техногенеза.

В докладе приведены результаты использования рентгеноструктурного анализа при комплексном исследовании природных и техногенных минеральных образований.

Исследования проводились на кафедрах «Геологии и геоморфологии» и «Общей физики» Башкирского государственного университета в рамках выполнения проекта по составлению «Атласа минералов благородных металлов руд и россыпей Республики Башкортостан». Исследовались отдельные монокристаллы и их агрегаты, многофазные кристаллические агрегаты. Объекты изучения имели небольшие размеры (0,1-1,0 мм).

Фазовый анализ производился на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 на  $\text{Cu K}$  излучении (серийный №676). Монокристалльная съёмка производилась на рентгеновском аппарате ИРИС-3 (изготовитель НПО «Буревестник» Санкт-Петербург, серийный № 874, год выпуска 1984).

Для обеспечения необходимой точности анализа в целях диагностики отдельных минеральных фаз съёмка производилась с использованием камеры Дебая РКД-57 (излучение  $\text{Cu K}$ ) (изготовитель физический факультет МГУ) в режиме вращения и продолжительной (1- 1,5 часа) экспозиции.

Идентификация всех исследованных минеральных фаз проводилась с использованием библиотеки ASTM (издание 1977 года).

Были исследованы минеральные формы нахождения полезных компонентов в разнообразном по происхождению природном и техногенном минеральном сырье многочисленных объектов Южного Урала.

В тяжёлой фракции минералогических проб из бурых железняков медно-колчеданного месторождения Бакр-Узяк обнаружены мелкие 0,01-0,1 мм выделения самородного золота и амальгамы золота, обладающей золотисто-жёлтым цветом с белёсым оттенком. Самородное золото и природная амальгама золота идентифицированы по результатам рентгенографического анализа. Самородная медь из бурых железняков, отличается слабой золотоносностью; рентгенографическое исследование не обнаружено совместных фаз меди и золота. Природная амальгама золота из окисленных руд медно-колчеданного месторождения Бакр-Узяк близка по составу к фазе ASTM -  $Au_{0.81}Hg_{0.19}$  (рентгеновская плотность = 17,854 г/см<sup>3</sup>).

Исследование с помощью растрового электронного микроскопа самородного золота из бурых железняков позволило установить морфологические типы выделений минерала и установить широкое развитие плотных, часто сплошных «рубашек» гидроксидов железа на поверхности выделений, что, снизит технологические показатели кучного выщелачивания золота, впервые применённого на Урале НПФ «Полиметалл» (1996) на бурых железняках Западно-Озёрного месторождения. Гипергенные плёнки гидроксидов железа снижают плотность агрегатов самородного золота, что резко снижает эффективность гравитационных методов обогащения, и препятствуют оптимальному ходу процесса гидрометаллургии.

Амальгама золота техногенной природы установлена в эфельных отвалах (отходах более ранней переработки) россыпных месторождений долины р. Авзян. Ранее для извлечения самородного золота тонкого и пылевидного классов старатели Урала традиционно использовали технологию амальгамации, в настоящее время запрещённую в связи с экологическими требованиями. Рентгеноструктурный анализ позволил идентифицировать амальгаму золота, отвечающую по составу фазе ASTM  $Au_6Hg_5$  (рентгеновская плотность = 16,872 г/см<sup>3</sup>).

Наряду с техногенной амальгамой золота в пробах обнаружено и самородное золото, поверхность частиц которого участками или нацело, покрыта плёнкой техногенной амальгамы золота, обладающей, как показало исследование на растровом электронном микроскопе, специфической коррозионной структурой поверхности.

В составе самородного золота из техногенной россыпи, кроме основы, представленной фазой Au, присутствуют фазы, близкие по своим параметрам эталонам ASTM состава  $Au_6Hg_5$ ,  $Au_5Hg_8$ .

В металлургических шлаках Баймакского золотомедного завода основная масса техногенного золота представлена чешуйками изометричного, дробевидного габитуса с шероховатой, шагреневой поверхностью и размерами от 0,25 0,1 мм до 0,050,05 мм.

Идентификация техногенного самородного золота из шлаков произведена рентгеноструктурным анализом. Рентгенографическое исследование выделения техногенной самородной меди из шлаков выявило наличие в ней включений отвечающих по составу фазе ASTM Au<sub>3</sub>Cu (рентгеновская плотность =17,167 г/см<sup>3</sup>).

Рентгеноструктурный анализ минералов комплексной россыпи бассейна р. Урал позволил выявить важные в генетическом отношении минеральные фазы: туламинита Pt<sub>2</sub>FeCu в сростках с хромпикотитом (Mg,Fe)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; самородного иридия (Ir - ASTM фаза 44) с примесью ферроплатины (Pt<sub>3</sub>Fe – ASTM фаза 542); самородного иридия в сростках с серпентином Mg<sub>6</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>8</sub>; рутенистого осмия (OsRu –ASTM фаза 17714) с примесью фазы форстерита Mg<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]; иридиевого осмия Os<sub>13</sub>Ir<sub>7</sub> (ASTM, фаза 15233) с примесью фазы форстерита Mg<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]; рутенистого иридия (ASTM фаза Ir<sub>53</sub>Ru<sub>47</sub>), самородного осмия (Os –ASTM фаза 137). Рентгеноспектральный анализ показал, что иридосмин из россыпи содержит существенные количества (мас.%): рутения (8,53-9,56) и незначительные примеси меди (0,42-0,6) и железа (0,31-0,42).

В древних конгломератах хребта Шатак установлено магнитное самородное золото, ассоциирующее в цементе с золотоносными гематитом и магнетитом.

Эффективность исследования природного и техногенного минерального сырья достигается комплексированием современных прецизионных методов анализа: рентгеноструктурного, рентгеноспектрального, растровой электронной микроскопии и др., способных решать генетические, технологические, экологические задачи, особенно, на стратегически актуальном сегодня, наноуровне организации вещества.