

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАТИМОСТИ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЗОЛОТА В КАРБОНАТНО-СИЛИКАТНОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЕ

Матушкина А.Н.

ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия

На большинстве месторождений мира золото от 30 до 60 % представлено тонкодисперсными частицами.

Частицы тонкодисперсного золота образуют неравномерную вкрапленность в различных минералах и не могут быть извлечены в концентрат в процессе гравитации и выщелачивания. Руды, содержащие тонкодисперсное золото называются упорными.

Чтобы извлечь тонкодисперсное золото из упорных руд известными способами обогащения, его частицы необходимо укрупнить. Одним из способов укрупнения частиц золота является перевод его в жидкое состояние, в котором кинетические коэффициенты значительно больше, чем в твердом. Для перевода золота в жидкое состояние была проведена серия опытов по нагреву образцов золотосодержащей карбонатно-силикатной руды, минеральный состав которой приведен в табл. 1. По результатам исследования наблюдали укрупнение золота и выделение его на поверхности образцов [1].

**Таблица 1 – Минеральный состав золотосодержащей
карбонатно-силикатной руды**

| Наименование минерала | Массовая доля, % |
|---|------------------|
| Кальцит | 40-50 |
| Кварц | 15-20 |
| Доломит | 10-15 |
| Плагиоклаз | 8-10 |
| Мусковит | 5-6 |
| Пирит | 3-5 |
| Сульфиды (халькопирит, арсенопирит и др.) | <1 |
| Оксиды и гидроксиды железа | 3-5 |

Примечание: минеральный состав определялся оптико-минералогическим и рентгеноструктурным методами.

По данным фазового химического анализа, порядка 50 % золота находится в тонкодисперсном виде (крупность от долей до 10 мкм). Оно ассоциировано с пиритом и арсенопиритом, а также заключено в кварце и минералах железа и не извлекается при выщелачивании цианидом. Исследуемая руда относится к упорным типам руд. Результаты фазового химического анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Данные фазового химического анализа пробы золотосодержащей карбонатно-силикатной руды

| Формы нахождения Au | Свободное (цианируемое) | Связанное с сульфидами и теллуридами | Связанное с пиритом, халькопиритом и | | Связанное с нерудными | Общее содержание Au |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|-----------------------|----------------------------|
| | | | Дисперсное | Крупное | | |
| Массовая доля Au , г/т | 0,35 | - | 0,78 | 1,27 | 0,30 | 2,70 |
| Отн. % | 13 | 0 | 29 | 47 | 11 | 100 |

Примечание: фазовый анализ проводился по методике, разработанной в ОАО «Уралмеханобр»: «Измерение массовой доли золота в минеральных формах», Екатеринбург, 2015.

В результате опытов по гравитационному обогащению исходной руды, измельченной до крупности 90 % класса -0,071мм, проведенных на центробежном концентраторе KNELSON, получены показатели обогащения, приведенные в табл. 3.

Таблица 3 – Показатели обогащения исходной золотосодержащей карбонатно-силикатной руды

| Наименование продукта | Выход Au , % | Содержание Au , г/т | Извлечение Au , % |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|
| Исходная руда | 100,00 | 2,63 | 100,00 |
| Концентрат | 2,14 | 16,28 | 13,25 |
| Хвосты | 97,86 | 2,06 | 86,75 |

Далее пробу исходной руды подвергли термообработке в печи сопротивления при 1300 °С. Условия термообработки подробно описаны в [1]. После термообработки материал пробы имел минеральный состав, представленный в табл. 4.

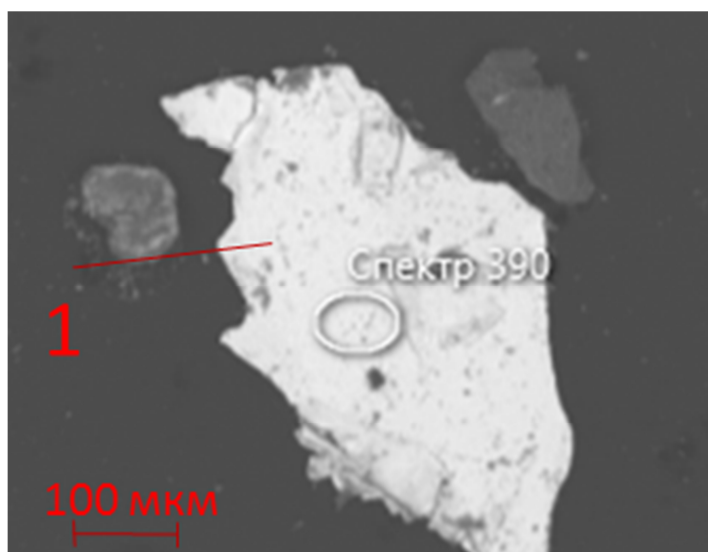
Таблица 4 – Минеральный состав пробы золотосодержащей руды после термообработки

| Наименование минерала | Массовая доля, % |
|--------------------------|------------------|
| Стекло | 40-50 |
| Кварц | 15-20 |
| Акерманит | 10-15 |
| Муллит | 8-10 |
| Оксид кальция и алюминия | 5-6 |
| Магнезит | 3-5 |

Примечание: минеральный состав определялся рентгеноструктурным методом.

По данным фазового химического анализа всё золото в термически обработанной пробе является свободным и извлекается при выщелачивании цианидом.

Данные оптико-минералогического анализа и электронной микроскопии показали, что в пробе после термообработки присутствует золото, вид которого представлен на рис. 1.



Электронный сканирующий микроскоп EVO-MA 15; отражённые электроны
Рисунок 1 – Частица золота (светлое), найденная в пробе золотосодержащей карбонатно-силикатной руды после термообработки

Расплав после охлаждения измельчили до крупности 90 % класса минус 0,071мм и подвергли обогащению в гравитационно-центробежном поле при тех же режимах, что и исходную руду. Полученные показатели обогащения приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Показатели обогащения золотосодержащей карбонатно-силикатной руды после термообработки

| Наименование продукта | Выход Au, % | Содержание Au, г/т | Извлечение Au, % |
|------------------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Исходная руда после термообработки | 100,00 | 2,24 | 100,00 |
| Концентрат | 2,09 | 23,45 | 21,87 |
| Хвосты | 97,91 | 2,20 | 78,13 |

Сравнивая данные по изучению вещественного состава и обогащению исходной пробы и пробы после термической обработки, можно сделать следующие выводы:

- извлечение золота в гравитационный концентрат после термообработки пробы повысилось на 8 % с 13 до 21 %;
- извлечение золота при выщелачивании из пробы после ее термообработки повысилось с 13 до 100 %;
- термообработка пробы не позволила значительно снизить содержание золота в хвостах гравитации;

- размер части зерен золота стал крупнее 0,1 мм, что обеспечило получение золотосодержащего скрапа при просеивании пробы через сито 0,1 мм.

В дальнейшем улучшение показателей гравитационного обогащения возможно за счёт:

- более полного расплавления материала пробы, что будет способствовать образованию более крупных капель золота, что в свою очередь снизит содержание золота в хвостах;

- сужения диапазонов крупности в обогащаемом материале, то есть разделения пробы на более узкие классы крупности и проведения обогащения каждого класса по отдельности. Данная процедура связана с принципом работы центробежного концентратора [2].

Литература

1. Способ извлечения золота из труднообогатимых руд с помощью температурной обработки / Матушкина А.Н., Амдур А.М., Газалеева Г.И., Власов И.А. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014 г. – № 5. – С. 129–132.

2. Флюидизация в пульсирующем режиме при центробежном обогащении минерального сырья. / Сенченко А. Е./ VIII Конгресс обогатителей стран СНГ. Сборник материалов. Том I. – М.:МИСиС, 2011. – 364 с.

УДК 622.7

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Шаутенов М.Р., Когабекова А.И., Сейдильдаева А.Ш.

Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет
им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Технологии переработки золотосодержащих руд отличаются большим разнообразием, которое вызвано влиянием различных технологических особенностей перерабатываемого золотосодержащего сырья. К таким особенностям относится вещественный состав и характер (или упорность) руды: сульфидный, окисленный, смешанный или кварцево-жильный тип, глинистый, углистый, мышьяковистый, сурьмянистый и др., характер крупности и вкрапленности дисперсного золота, геометрические формы золота и другие.

Известно, что более 60 % золоторудного сырья Казахстана относится к категории упорных. Упорность рудам придает чрезвычайно разнообразие вещественного состава и требования максимально эффективного использования минеральных ресурсов. Кроме всего прочего едва ли не решающее значение имеет рациональный состав содержащегося золота, ко-