

РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ УГЛИСТЫХ СЛАНЦЕВ

Н.Б. Чинова¹, В.В. Мусаев¹, С.В. Волкова¹, В.Н. Полькин², А.А. Винокуров²

¹ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, ²ПАО «Гайский ГОК», г. Гай, Россия,
npodoksenova@yandex.ru

In this work are present the results of technological research and industrial tests on processing of gold-containing carbonaceous shale by flotation to produce a salable concentrate. Technological efficacy of combined gravitation and flotation ore processing scheme was find.

В связи с истощением запасов легкодоступного золота в России золотодобывающие компании вынуждены осваивать месторождения с труднообогатимым золотом, к числу которых относится и Каменское месторождение углисто-глинистых сланцев. Их объединяет рассеянное состояние золота, находящегося в пирите и арсенопирите в виде тонкодисперсных включений частиц золота, а также наличие рудного углеродистого вещества (РУВ), обладающего высокой сорбционной активностью по отношению к цианидному процессу.

Такие месторождения часто приурочены к карбонатно-глинистым породам, обогащенным кремнеземом и органическим веществом. Данный тип характерен для таких крупных месторождений, как Гоулдстрайк и Гоулд-Кворри в США, Нежданкинское, Наталкинское, Советское, Олимпиадинское и Сухой Лог (Россия). Относительное количество таких месторождений в России составляет около 50 %, а в мире – 20 %. В них преобладает золото-сульфидная рудная ассоциация с тонкодисперсным золотом. Количество сульфидов в этих рудах обычно составляет 3-5 %, в них также содержится значительное количество глинистых минералов.

Как показывает практика, золотосодержащие малосульфидные руды, в состав которых входит РУВ, целесообразно перерабатывать методом флотации с получением отвальных хвостов по золоту.

Объектом исследований в нашей работе являлась исходная технологическая проба золотосодержащих углисто-глинистых сланцев Каменского месторождения Кировско-Крыклинской рудоносной зоны. На текущий момент запасы по золоту для данного типа руды оцениваются на уровне 2,5 тонны, при среднем содержании драгметалла 2 г/т.

Главным рудным минералом в пробе является пирит, его содержание составляет 3-4%. Наиболее распространенными в пробе являются глинисто-слюдистые минералы, кварц и клинохлор. Суммарная доля этих минералов составляет 79 %. Менее распространены такие минералы как: полевой шпат, амфибол, и пироксены. Содержание основных компонентов в пробе углисто-глинистых золотосодержащих сланцев составляет: золота – 2-2,5 г/т, серебра – 7,6-8,0 г/т, серы общей - 2,17 %, железа общего - 4,25 %. Массовая доля вредных примесей: мышьяка – 0,087 %, углерода общего – 1,22 %.

Результаты рационального анализа золота показали, что цианированием из углисто-глинистой золотосодержащей руды месторождения Каменское извлекается 16,28 % золота. Массовая доля упорного (не извлекаемого цианированием) золота составляет 83,72 %. Ос-

новная масса упорного золота находится в тесной ассоциации с сульфидами железа, его доля составляет 79,06 %. При этом 60,46 % золота, находящегося в ассоциации с пиритом и халькопиритом, является дисперсным. Концентрация золота, связанного с нерудными минералами, в исследуемой пробе составляет 4,66 %. Сера в пробе руды на 95 % связана с пиритом, железо практически на 50 % представлено сульфидами, на 25 % окислами, остальная часть связана силикатами.

Анализ геометрии зерен золота выявил следующие закономерности:

- зерна золота по размеру и форме можно разделить на два вида: мелкое, различных форм, и тонкодисперсное, изометричной, шарообразной формы;
- мелкие зерна золота имеют размеры наибольшей стороны от 0,4 до 25 мкм. Форма этих зерен близка к изометричной, реже встречаются зерна удлинённой и неправильной формы. Поверхности зерен неровные с множеством каверн и следами сростания с другими минералами;
- зерна тонкодисперсного золота в диаметре не превышают 0,15 мкм. Форма зерен изометричная, шарообразная. Поверхность зерен гладкая.

В результате исследований разработана схема флотационного обогащения (рисунок 1), включающая операции основной и контрольной флотации и две перечистные операции флотации. Получены следующие технологические показатели: содержание ценного компонента в золотосодержащем концентрате – 25 г/т при выходе и извлечении 6,88 % и 78,84 % соответственно, концентрация золота в отвальных хвостах – 0,5 г/т при извлечении 21,16 %.

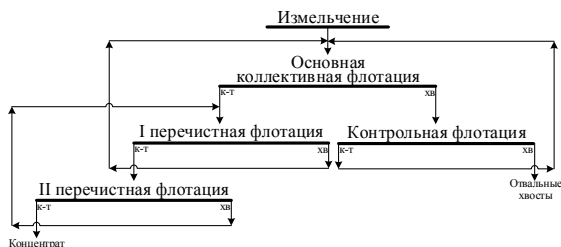


Рисунок 1 – Технологическая схема обогащения углисто-глинистых сланцев

Апробирование разработанной технологии обогащения золотосодержащих углисто-глинистых сланцев производили в промышленных условиях обогатительной фабрики ПАО «Гайский ГОК».

Технология была испытана в «упрощенном» варианте с одной перечистной операцией (по причине аппаратурных возможностей обогатительной фабрики). Получен золотосодержащий концентрат с содержанием золота на уровне 14-17 г/т при извлечении его в концентрат 75-79 % и выходе концентрата 10-11 %.

В продолжение выполненных исследований была изучена возможность получения золотосодержащего концентрата по гравитационно-флотационной схеме обогащения, принципиальное отличие которой от ранее разработанной заключалось в предварительной центробежной сепарации исходного питания флотации.

Разделение производили на тяжелую (песковую) фракцию и легкую (шламовую)

фракцию. Далее по схеме раздельно вели флотацию песковой и шламовой фракций исходной пробы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Технологическая схема гравитационно-флотационного обогащения углисто-глинистых сланцев

В результате обогащения по комбинированной гравитационно-флотационной схеме обогащения углисто-глинистых сланцев получен суммарный концентрат с содержанием золота 24 г/т, выходом – 5,16 % и извлечением – 75,71 %, концентрация золота в отвальных хвостах составила 0,42 г/т, потери с хвостами – 24,49 % (таблица 1).

Следует отметить, что общее время флотации в комбинированной схеме составило 14 минут, тогда как по классической флотационной схеме обогащения тот же параметр достигает 35 минут (таблица 2). Общие расходы реагентов по различным схемам не значительно отличаются друг от друга.

Таблица 1 – Технологические показатели гравитационно-флотационного обогащения углисто-глинистых сланцев в замкнутом цикле

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, г/т	Извлечение, %	Общее время флотации, мин	Расход реагентов, г/т	
					БКК	Т-92
Золотосодержащий концентрат	5,16	24,00	75,71	14	550	20
Отвальные хвосты	94,84	0,42	24,49			
Исходная руда	100,00	1,64	100,00			

Таблица 2 – Технологические показатели флотационного обогащения углисто-глинистых сланцев в замкнутом цикле

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, г/т	Извлечение, %	Общее время флотации, мин	Расход реагентов, г/т	
					БКК	Т-92
Золотосодержащий концентрат	6,88	25,21	78,84	35	660	80
Отвальные хвосты	93,12	0,50	21,16			
Исходная руда	100,00	2,2	100,00			

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что комбинированная схема обогащения углисто-глинистых сланцев позволяет сократить общее время флотации в 2,5 раза, что положительным образом отразится на аппаратном оформлении схемы переработки данного типа руды в промышленных условиях.