

## **ОБ ОДНОМ ИЗ СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА**

**Овечкина И.В., Гроо Е.А.**

**Научный руководитель - к.т.н., доцент Алгебраистова Н.К.  
Сибирский федеральный университет**

В результате увеличения в рудах текущей добычи доли руд с золотом микронных размеров, переработка упорного золотосодержащего сырья представляет значительные трудности при использовании традиционных методов.

Независимо от типа породообразующих минералов, обогащение сырья с тонкой вкрапленностью ценного компонента сопровождается существенными затратами как в подготовительном цикле, так и в цикле доводки концентратов гидрометаллургическими методами.

Интенсивность проявления различий в свойствах минералов, обуславливающая эффективность протекания технологических процессов, может быть значительно усилена при использовании акустических воздействий.

Изучением механизмов действия ультразвуковых колебаний в различное время занимались советские ученые С.Н. Ржевкин, Е.П. Островский, В.А. Глембоцкий, Б.А. Агранат, К.С. Аكوпова, А.И. Шульгин и др.

Было определено, что основной эффект воздействия ультразвуковых (акустических) колебаний достигается благодаря возникновению в жидкой среде явления кавитации и сопутствующего ей ряда других эффектов. Эти явления и являются движущим фактором химико-технологических процессов в ультразвуковом поле.

Из-за сравнительно высоких затрат на образование ультразвука, применение его в горно-металлургической отрасли может быть оправдано лишь при обработке обогащённых продуктов. Исходя из вышесказанного, данная работа посвящена исследованию влияния ультразвуковой активации флотационных концентратов перед циклом гидрометаллургии.

Объектом настоящих исследований являются продукты, полученные из мало-сульфидной руды рудопроявления «Золотое» Северо-Енисейского района.

Концентраты были получены из двух проб (ТП-1 и ТП-2), основным рудным минералом которых является пирит в количестве 1-3%, в меньшем количестве встречаются арсенопирит, пирротин и халькопирит. Основным нерудным минералом является кварц, содержание которого в руде более 40%, в значительном количестве присутствуют мусковит и альбит. Распространены среди нерудных минералов также хлорит и кальцит. Редкими являются единичные включения графита, граната, циркона, ильваита, магнетита и шеелита.

Полуколичественным спектральным анализом установлено, что руда обеднена по количеству примесей, за исключением мышьяка, висмута и вольфрама.

Эксперименты по изучению влияния ультразвуковой обработки на процесс цианирования осуществлялись на материале, представляющем собой объединенный продукт, состоящий из легкой фракции концентрационного стола Gemini и флотационного концентрата.

Для обеих проб наработка концентрата осуществлялась по схеме, представленной на рисунке. Флотация руды осуществлялась в классическом реагентном режиме для золотосодержащих руд и предусматривала подачу реагентов: соды в качестве регулятора среды, медного купороса для активации золотосодержащих сульфидов, реагента-собирателя ксантогената, пенообразователя Т-92.

Известно, что результаты цианирования зависят как от характера золота и состава руд, так и от количества покровных образований на поверхности минералов, наличия органических пленок, препятствующих растворению ценного компонента.

Исходя из вышесказанного, были проведены исследования по интенсификации процесса выщелачивания золота с использованием ультразвука. Влияя на процессы массообмена, ультразвук способствует очистке поверхности минералов от покрытий, а в комбинированных технологиях ускоряет растворение обрабатываемых частиц за счет вскрытия капиллярных каналов.

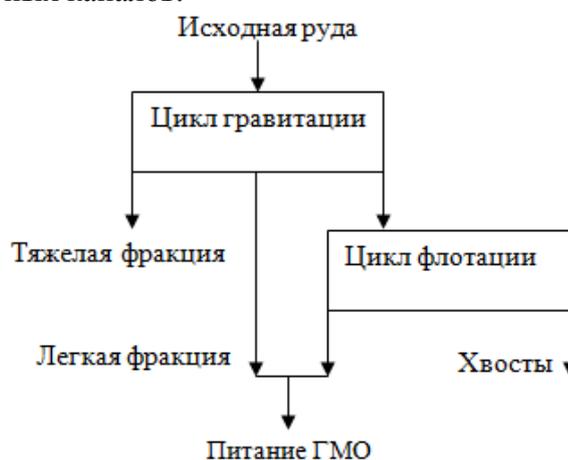


Рисунок – Принципиальная схема наработки концентрата для гидрометаллургических исследований

Нами изучалось влияние двух факторов на процесс: крупность материала и время ультразвуковой обработки.

Для работы использовалась ванна Sonorex super RK1028H с частотой излучений 35кГц и мощностью генератора излучений 300 Вт. После обработки, материал цианировали. Режим цианирования представлен в таблице 1.

Табл. 1. Условия цианирования

Параметр	Значение
Концентрация NaCN, % (мг/л)	0,02 (200)
Расход NaCN, кг/т	1,0
Расход CaO, кг/т	4,0-5,0
рН среды	10-10,5
Вид сорбента	Уголь
Объем сорбента, %	10,5
Объем пульпы, л	0,35
Продолжительность цианирования, час.	24

Определено, что цианирование продуктов в крупности  $-0,05+0$  мм осуществляется более эффективно, в сравнении, когда цианированию подвергается продукт крупностью  $-0,1+0$  мм. Для концентратов полученных как из ТП-1 так и из ТП-2, с уменьшением крупности, извлечение золота в раствор повышается не менее чем на 2 %.

Выяснено, что ультразвуковая обработка концентратов в крупности  $-0,1+0$  мм в течение 20 мин. повышает извлечение золота в цианистый раствор на 8 и 3% для проб ТП-1 и ТП-2 соответственно, что, возможно, объясняется интенсификацией процесса высвобождения рудных частиц от поверхностных минеральных покрытий, пленок вторичных образований, удаление которых неэффективно традиционными механическими методами по сравнению с обработкой в акустическом поле.

Исследования по озвучиванию продуктов, обработанных повышенным расходом ксантогената (300г/т), показали:

- растворение золота цианидом из концентратов без дополнительной обработки ксантогената проходит более полно;
- с увеличением времени воздействия ультразвуком (для концентратов, обработанных ксантогенатом) наблюдается значительное снижение эффективности процесса цианирования: извлечение снижается на 19-28 %.

Предположительно, вместо деградации реагента под действием акустических колебаний произошла пассивация поверхности минералов. Одной из возможных причин этого явления может послужить возникновение диксантогената в результате образования ковалентной связи между молекулами ксантогената в присутствии солей железа, меди и других металлов.

В связи с вышеуказанным, дальнейшие исследования были направлены на изучение состояния и свойств реагента-собираателя, подвергнутого озвучиванию в ультразвуковом поле ванны Sonorex super RK1028H и аппарата УЗТА 0,4/22-ОМ с мощностью 400 Вт и интенсивностью ультразвукового воздействия не менее 10 Вт/см<sup>2</sup>. Методика проведения эксперимента предполагала обработку 0,001% раствора реагента ультразвуковыми колебаниями и последующее измерение его концентрации на спектрофотометре Shimadzu PharmaSpec UV-1700 при длине волны 301 нм.

Выяснено, что при большей мощности генератора излучений процесс разложения ксантогената идет интенсивнее. Графическая информация, полученная при измерении растворов, обработанных на аппаратах УЗТА 0,4/22-ОМ и Sonorex super RK1028H, свидетельствует о повышении концентрации сероуглерода - одного из продуктов разложения ксантогената. Оптическая плотность сероуглерода, соответствующая длине волны 206,5 нм, увеличилась на 10,5% и 30% соответственно. Следует отметить, что необработанный раствор также содержал некоторое количество сероуглерода, что объясняется нестабильностью водных растворов реагента при малых концентрациях ксантогената.

С целью определения доли ксантогената, сорбированного минеральной поверхностью и десорбированного после ультразвуковой обработки использовали спектрофотометр Shimadzu PharmaSpec UV-1700. При этом фиксировали остаточную концентрацию ксантогената в жидкой фазе. Установлено, что при подаче собирателя в камеру флотомашины 45,5% ксантогената сорбируется на поверхность минералов. Ультразвуковая обработка пульпы в диапазоне времени от 5 до 20 мин. приводит к увеличению остаточной концентрации на 25-34%. Следует предположить, что при ультразвуковой обработке происходит «оттирка» физически сорбированного ксантогената.

Для подтверждения вышеуказанного предположения, выполнены анализы твердой фазы флотационного процесса методом ИК-спектроскопии с использованием аналитического прибора Tensor 27 производства BRUKER AXS Microanalysis GmbH (Германия). В докладе будут представлены данные о состоянии гидрофобной поверхности минералов до и после ультразвуковой обработки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы», РНП 2.1.2/4741.