

УДК 622.7

*И.Х. Хамидулин, Ю.П. Морозов*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ГЛИНИСТЫХ  
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ**

Семинар № 25

**В** последнее время перед горной промышленностью среди многих весьма остро встала проблема повышения извлечения полезных компонентов из руд и техногенных материалов. Ускорение научно-технического прогресса невозможно без создания передовых технологий и высокоэффективных машин. Для извлечения благородных металлов наибольшее применение нашли гравитационные методы обогащения. В последние годы большое внимание уделяется проблеме извлечения тонкодисперсных частиц благородных металлов и частиц пластинчатой формы.

Большим резервом повышения количества добычи благородных металлов является вовлечение в переработку труднопромывистых золотосодержащих руд.

Для промывки полезных ископаемых применяют бутары, скрубберы, бутары со скруббером в головной части, наклонные и горизонтальные корытные мойки. Для труднопромывистых руд эффективным может быть использование процесса циркуляционной концентрации, обеспечивающей эффективное извлечение благородных металлов из руд и техногенных материалов [1].

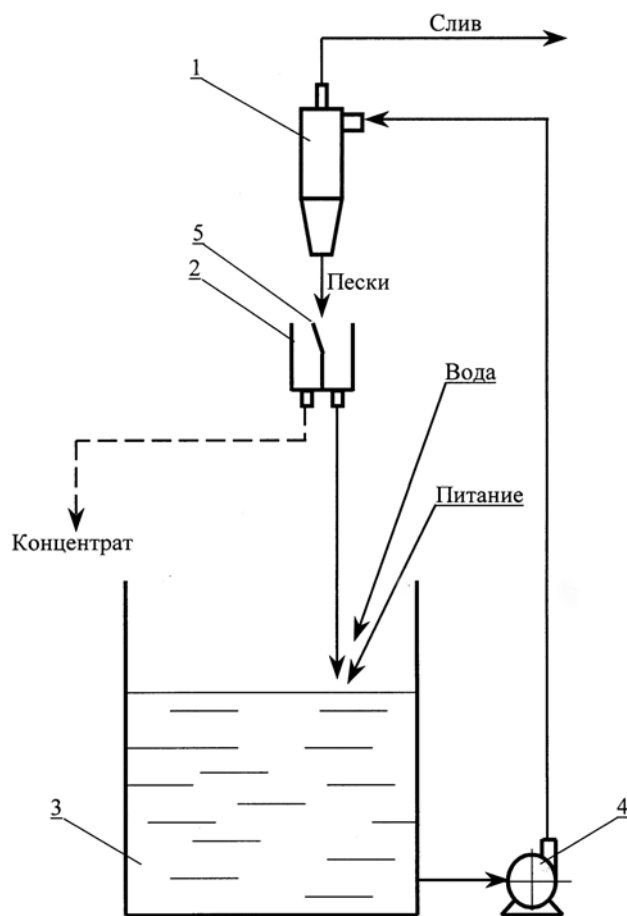
Циркуляционная концентрация, предусматривающая гидравлическую классификацию разделяемого материала с циркуляцией песков, обеспечивает по

сравнению с известными способами обогащения более высокие показатели извлечения благородных металлов и большую степень концентрации благородных металлов в тонких классах крупности. Циркуляционная концентрация позволяет при заданной крупности разделения получать приближенные к идеальным сепарационные характеристики процесса [2].

Циркуляционные установки относятся к аппаратам циклического действия с накоплением песков в зумпфе. Для обеспечения непрерывности промывки исходных песков в зависимости от их промывистости применяются два или три параллельно работающих модуля с последовательным переключением питания с одного на другой.

Исследования циркуляционной концентрации выполнены на установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Циркуляционная концентрация минералов по предложенной схеме осуществляется следующим образом. Первоначально в циркуляционный модуль подается вода. Подача воды в загрузочный зумпф осуществляется таким образом, чтобы её количество равнялось количеству слива гидроциклона. После настройки модуля по воде в зумпф подавали разделяемый материал. При прохождении материала через гидроциклон



**Рис. 1. Принципиальная схема установки циркуляционной концентрации:** 1 – гидроциклон; 2 – пульподелитель; 3 – зумпф; 4 – насос; 5 – переключатель потока пульпы

пески через переключатель потока направлялись в зумпф и циркулировали в установке в течении заданного времени. Слив гидроциклона удаляли из процесса.

По достижению в зумпфе определённого уровня песков подачу материала прекращали и осуществляли циркуляцию песков с одновременной подачей воды для поддержания требуемой плотности пульпы. Оставшийся в схеме после циркуляционной концентрации продукт является концентратом и направляется на дальнейшую переработку. Таким образом, в процессе циркуляционной концентрации, за счёт удаления из про-

цесса слива происходила концентрация благородных металлов в песковой фракции, например, циркуляционной концентрации продукта дражной переработки с массовой долей золота 686 г/т и платины 973 г/т в классе крупности минус 0,071 мм степень концентрации составила: для золота 80,51; для платины – 88,10. Для сравнения, в открытом цикле степень концентрации составила: для золота – 1,76; для платины – 1,90.

Нами выполнены исследования на труднопромывистой золото-содержащей руде с массовой долей золота 5 г/т. Выполнено сравнение эффективности промывки руды по сравнению с эффективностью промывки в бутаре. Установлено, что при использовании циркуляционной концентрации энергетические затраты на промывку снижаются в два раза при повышении массовой доли золота в промытом продукте.

Разработанное техническое решение позволяет реализовать циркуляционную концентрацию при использовании стандартного оборудования с низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

Циркуляционные промывочные установки представляют собой комплекс классифицирующего аппарата с зумпфом и насосом. В качестве классифици-

рующего аппарата с зумпфом и насосом. В качестве классифици-

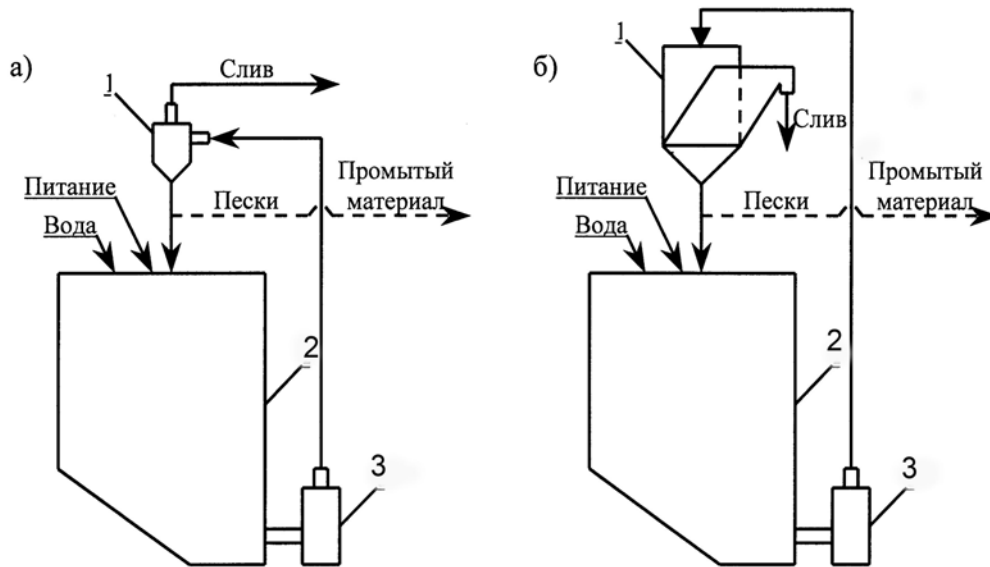


Рис. 2. Циркуляционные установки для промывки труднопромывистых песков с гидроциклоном (а) и с тонкослойным гидравлическим классификатором (б): 1 – гидроциклон или тонкослойный гидравлический классификатор; 2 – зумпф; 3 – насос

рующего аппарата для грубозернистого промываемого материала используются гидроциклоны, для тонкозернистого материала – тонкослойные гидравлические классификаторы. Принципиальные схемы установок приведены на рис. 2.

Расчёт циркуляционных промывочных установок заключается в определении производительности и количества классифицирующих аппаратов, времени промывки и объёма зумпфов.

Для расчёта гидроциклона или тонкослойного гидравлического классификатора в циркуляционной установке необходимо определить крупность разделения  $d_{pc}$ , которая существенно выше крупности разделения, получаемой при работе аппаратов в открытом цикле при той же объёмной производительности.

Это объясняется тем, что из песковой фракции в слив циркуляционного модуля удаляются практически все частицы, которые формируют засорение слива.

На рис. 3 принципиально показаны сепарационные характеристики классифицирующего аппарата в открытом цикле и при циркуляции песков.

Экспериментально установлено, что в зависимости от свойств промываемого материала (крупности, плотности, формы зёрен) отношение  $d_p/d_{pc}$  составляет 1,5–2,5.

Для обеспечения заданной крупности разделения  $d_{pc}$  расчёт классифицирующего аппарата должен выполняться по крупности разделения  $d_p$  в 1,5 – 2,5 раза меньше заданной крупности разделения  $d_{pc}$ . В таком случае расчёт гидроциклона или тонкослойного классификатора осуществляется по методикам расчёта аппаратов, работающих в открытом цикле.

Продолжительность цикла промывки  $T$  в циркуляционном модуле зависит от промывистости материала, заданной степени промывки и эффективности промывки материала  $e_u$ .

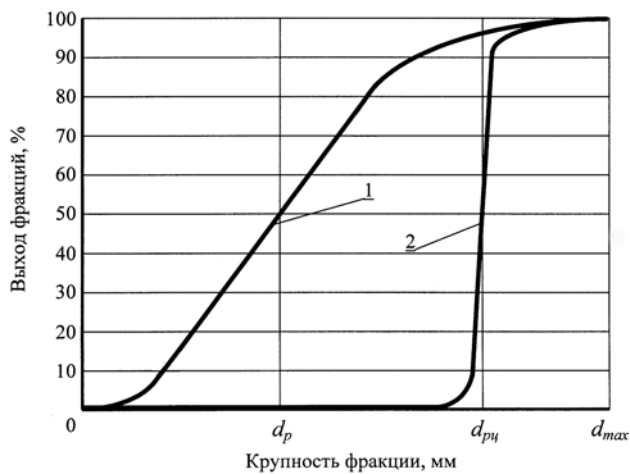


Рис. 3. Сепарационные характеристики классифицирующего аппарата при работе в открытом цикле (1) и при работе циркуляции песков (2):  $d_p$  — крупность разделения в открытом цикле;  $d_{pц}$  — крупность разделения при циркуляции песков

Эффективность промывки  $e_u$  можно определить по эффективности промывки эталонной руды в циркуляционном модуле  $e_3$  с учётом коэффициента промывистости  $k_n$

$$e_u = e_3 k_n, \text{ т/(кВт·ч)}. \quad (1)$$

Производительность циркуляционного модуля  $Q_u$  определяется по формуле

$$Q_u = N \eta e_u, \text{ т/ч}. \quad (2)$$

Тогда продолжительность промывки  $t$  определится по формуле

$$t = G_1 / Q_u = G_1 / (N \eta e_u), \text{ ч}, \quad (3)$$

где  $G_1$  — количество промываемого за один цикл материала, т.

Количество промываемого за один цикл материала  $G_1$  связано с режимом работы установки и объёмом накопительного зумпфа.

Режим работы включает периоды работы с накоплением песков в зумпфе продолжительностью  $t_n$ , период промывки песков без подачи исходного материала продолжительностью  $t_n$  и период разгрузки промытых песков  $t_p$ . Очевидно, что

$$t_n + t_n = t, \text{ ч}. \quad (4)$$

Суммарная продолжительность одного цикла

$$T = t_n + t_n + t_p, \text{ ч}. \quad (5)$$

Объём зумпфа  $V_3$  зависит от производительности классифицирующего аппарата по пескам  $v_n$  и продолжительности накопления песков  $t_n$

$$V_3 = v_n t_n k_3, \quad (6)$$

где  $k_3$  — коэффициент запаса, равный 1,2–1,3.

Объёмная производительность по пескам  $v_n$  определяется из расчёта водно-шламовой схемы работы классифицирующего аппарата.

Задаваясь продолжительностью накопления материала в зумпфе  $t_n$  можно рассчитать необходимый объём зумпфа  $V_3$  и, наоборот, задаваясь  $V_3$  можно найти  $t_n$ .

Продолжительность промывки песков без подачи исходного питания  $t_n$  определяется из разницы необходимой продолжительности промывки  $t$  и продолжительности накопления  $t_n$

$$t_n = t - t_n, \text{ ч}. \quad (7)$$

Продолжительность разгрузки промытых песков  $t_p$ , при разгрузке песков классифицирующего аппарата

$$t_n = t_p = v_p / (v_g k_p) \quad (8)$$

При разгрузке насосом циркуляционного модуля продолжительность разгрузки  $t_{p2}$  определяется производительностью насоса, которая должна быть равна объёмной производительности клас-

сифицирующего аппарата по исходному питанию  $v_{num}$ .

$$t_p = v_3 / (v_{num} k_3). \quad (9)$$

В случае, когда зумпф циркуляционного модуля используется в качестве питающей ёмкости для последующего обогатительного аппарата,  $t_p$  будет определяться объёмной производительностью этого аппарата  $v_a$ .

$$t_p = v_3 / (v_a k_3). \quad (10)$$

Для обеспечения непрерывной подачи исходного материала на промывку необходимо иметь не менее

двух циркуляционных модулей с пульподелителем, для которых продолжи-

тельность накопления одного  $t_{n1}$  должна быть больше продолжительности промывки  $t_{n2}$  и разгрузки  $t_{p2}$  другого

$$t_{n1} > t_{n2} + t_{p2}, \text{ ч.} \quad (11)$$

Циркуляционные установки отличаются близкой к идеальной сепарационной характеристикой, эффективно работают на мелких труднопромывистых песках, обеспечивают высокую степень промывки с минимальными потерями тонкодисперсных частиц тяжёлых минералов или металлов. Процесс циркуляционной концентрации является эффективным для промывки труднопромывистых руд.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамидулин И.Х. Развитие процесса циркуляционной концентрации. Магистерская диссертация. Екатеринбург. – 2006. – 73 стр.

2. Морозов Ю.П. Теоретическое обоснование и разработка новых методов и аппаратов извлечения тонкодисперсных благородных металлов из руд техногенного сырья. Дисс... докт. техн. наук. Екатеринбург. – 2004. **ИДБ**

#### Коротко об авторах

Хамидулин И.Х., Морозов Ю.П. – Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 25 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. А.А. Абрамов.

