ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

КОЧНЕВ В.Г.
Директор
ООО «ТТД»,
канд. техн. наук

ГРУШИНСКАЯ О.В.
Заместитель
директора
ООО «ТТД»

В статье представлена технология обогащения отвальных хвостов фабрик, которая с некоторыми усовершенствованиями может использоваться для переработки сырья других техногенных объектов, а также первичных россыпных месторождений золота.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ

На рис. 1 приведена схема цепи аппаратов установки производительностью 450–500 т/ч для извлечения мелкого и тонкого золота из хвостов обогатительной фабрики (технические данные предоставлены потенциальным заказчиком).

С помощью заборного устройства земснаряда (рис. 2) материал сначала попадает в зумпф землесоса (1) производительностью 1 500 м^3/час и напором 50 м и далее поступает в центробежный дезинтегратор (3), см. рис. 3.

Интенсивная дезинтеграция в аппарате (3) достигается за счет кавитации и истирания. Преимущество этого метода состоит в простоте освобождения тонкодисперсного золота, находящегося в микроскопических складках сопутствующих минералов.

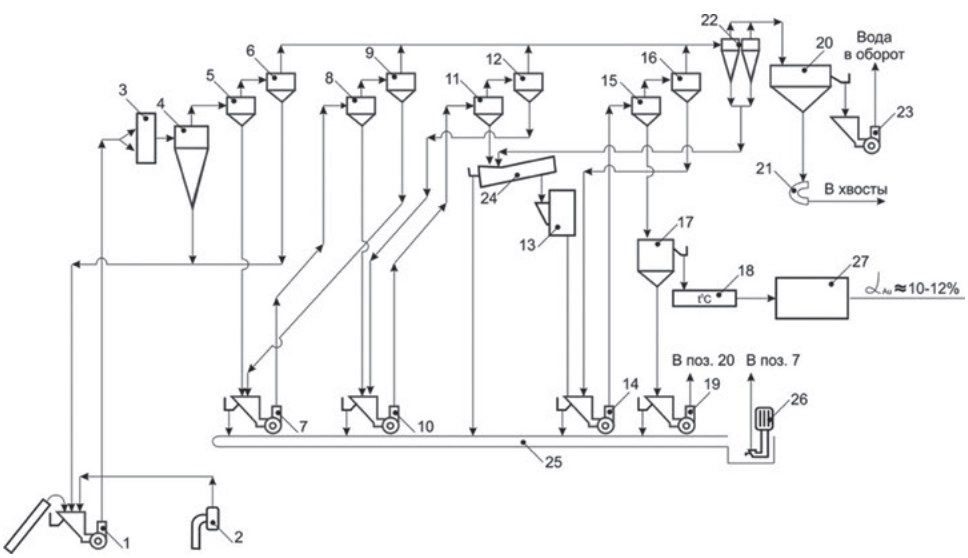

Рисунок 1. *Схема цепи аппаратов обогатительной установки*

Рисунок 2. *Плавучий земснаряд*

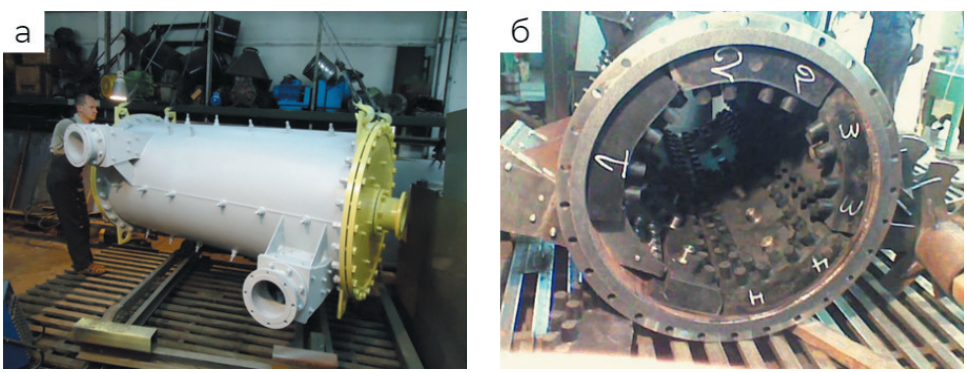

Рисунок 3. *Гидравлический центробежный дезинтегратор «ГЦД-800» (а); футеровка дезинтегратора «ГЦД-800» из износостойкой резины (б)*

Далее дезинтегрированный материал подается в классифицирующий гидроциклон (4) диаметром 1 000 мм. Благодаря настройкам он обеспечивает выход порядка 50 % в слив продукта крупностью преимущественно менее 120 мкм, в котором в основном и концентрируется золото.

Слив поступает на блок коротконусных гидроциклонов (ГЦ) диаметром 500 мм с углом конусности 90 градусов (5, 6). Пески первого ГЦ (5) являются концентратом, второго (6) — циркулирующим продуктом. Слив второго ГЦ (6) считается практически отвальным, но тем не менее в дальнейшем контролируется с помощью батарейного гидроциклона (22).

С целью повышения концентрации золота пески ГЦ (5) проходят еще две перечистки — в ГЦ (8, 9) и ГЦ (11, 12), см. рис. 4; перекачивание осуществляется с помощью насосов «ГРАТ700/40» (7) и «ГРАТ350/40» (10).

Рисунок 4. *Гидроциклоны на обогатительной установке*

Песковый продукт ГЦ (промежуточный концентрат) производительностью ориентировочно 1,0–1,2 т/ч (11) поступает в планетарную мельницу «МП-1» (13) с целью измельчения до 99 % класса менее 20 мкм. Полученный материал направляется на очередной блок короткоконусных гидроциклонов (15, 16); песковый продукт ГЦ (15) является концентратом с содержанием золота до 8–12 %.

Технология построена так, что каждая стадия уменьшает количество концентрата. Простой расчет показывает, что при исходной производительности 450 т/ч производительность по концентрату, направляемому на магнитную сепарацию, составляет 2 кг/ч. Таким образом, общее сокращение по схеме оценивается в 211 500 раз; концентрация золота увеличивается пропорционально и достигает 169 200 г/т (0,8×211 500), или 169,2 кг/т (16,9 %).

При наличии магнитных минералов — а иногда в гравитационном концентрате их накапливается до 30–50 % — используется мокрый магнитный сепаратор (17), с помощью которого можно увеличить концентрацию золота в два и более раз.

Если магнитные минералы в песковом продукте ГЦ (15) отсутствуют, он сразу же поступает через обезвоживающий аппарат (на схеме не показан) на окончательную доводку (27), см. рис. 5, которая состоит из схемы селективного измельчения в планетарной мельнице и обогащения в короткоконусных гидроциклонах небольшого диаметра (50–75 мм). В этом случае концентрация золота составляет не менее 30 %, что позволяет отправлять концентрат после сушки на аффинажный завод без каких-либо существенных потерь. По многочисленным экспериментальным данным, извлечение драгоценного металла крупностью минус 70+20 мкм достигает 94–96 %.

С целью формирования и использования оборотной воды в схеме предусмотрен пакетный сгуститель (20). Для вывода сгущенных хвостов в отдельное хвостохранилище применяется перистальтический насос (21), который позволяет транспортировать с большой производительностью и на дальнее расстояние продукт низкой влажности.

Для некоторых технологических схем компания «ТТД» предлагает в качестве сгустителя использовать осадительные центрифуги отечественного и импортного производства.

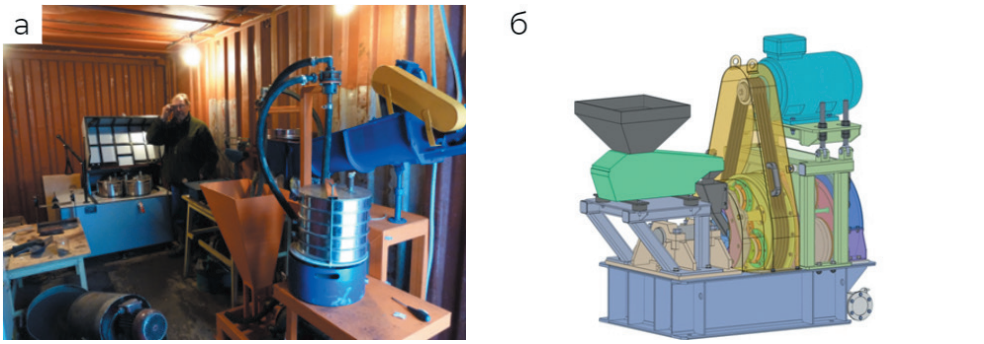

Рисунок 5. *Установка для извлечения мелкого золота производительностью 20–26 кг/ч на базе планетарной мельницы периодического действия «МПП-2-1К» (а); мельница непрерывного действия «МП-0» производительностью (в составе комплекса) 120–180 кг/ч (б)*

Опытная установка с центрифугой, построенная компанией на берегу хвостохранилища, показала великолепные результаты на материале реальных хвостов: полученный сгущенный продукт можно было транспортировать с помощью самосвалов и сгружать туда, куда необходимо для размещения и формирования конфигурации нового сухого хвостохранилища. Экономический расчет (см. табл.) показал, что этот вариант значительно выгоднее стандартного, даже несмотря на то, что объект располагается в 10 км от фабрики.

Отдельно следует сказать о доводочной операции с использованием селективного измельчения в планетарных мельницах.

Работы по селективному измельчению золотосодержащих концентратов изучались компанией «ТТД» около 20 лет. Способность золота разного размера сохранять свою крупность при измельчении в планетарной мельнице, а сопутствующих минералов, включая сульфиды, — интенсивно измельчаться, позволила наладить производство эффективных, простых и надежных в эксплуатации доводочных установок.

Весьма характерный пример — внедрение доводки в одной из артелей старателей в 2017 году. С тех пор прошло уже семь рабочих сезонов, и за это время установка практически ни разу не потребовала ремонта. Она работает без цианидов и других реагентов, позволяет получать конечный концентрат с содержанием золота 10–15 %, а дополнительные работы по магнитной сепарации увеличивают концентрацию до 30–35 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенная схема обогащения хвостов обогатительной фабрики отличается технологичностью и высоким извлечением золота по сравнению с известными технологиями: **извлечение золота крупностью минус 70+20 мкм составляет 94–96 % при производительности установки 450 т/ч и содержании драгоценного металла в концентрате 30–35 %.**

2. Предложенную технологию **возможно распространить на другие виды техногенных образований,** например на хвосты после промывки песков и после кучного выщелачивания; также она будет прекрасно работать на первичных россыпных месторождениях.

Предварительный экономический расчет

Показатель	Значение	
Производительность, т/ч	450,00	
Установленная мощность, кВт	2 250,00	
Расход электроэнергии, кВт-ч/т	5,00	
Содержание золота, г/т	0,80	
Получено золота в час, г	360,00	
Время работы за сезон (11 месяцев), ч	7 200,00	
Получено золота в год, г	2 592 000,00	
Получено золота в год при извлечении 94 %, г	**2 436 480,00**	
	Рублей	**Долларов США**
Стоимость 1 г на 11.06.2024	6 611,74	74,2976
Доход за сезон	**16 109 372 275,20**	**181 024 522,70**
Капитальные затраты	**252 570 528,00**	**2 838 190,00**
Эксплуатационные затраты за сезон, в том числе:	**152 697 052,80**	**1 715 890,02**
стоимость энергозатрат	*97 200 000,00*	*1 092 257,56*
Количество обслуживающего персонала, чел.	21,00	
средняя з/п с учетом налогов, в мес.	*120 000,00*	*1 348,47*
Время работы, мес.	12,00	
затраты на содержание обслуживающего персонала	*30 240 000,00*	*339 813,46*
затраты на запасные части и расходные материалы	*25 257 052,80*	*283 819,00*
Общие затраты по фабрике, в год	**405 267 580,80**	**4 554 080,02**
Себестоимость по фабрике, за 1 г	**166,33**	**1,87**
Себестоимость по фабрике, за 1 унцию	**5 172,96**	**58,13**
Курс доллара США на 11.06.2024	**88,99**	
Период окупаемости, мес.	**0,30**	
Доход, в мес.	**1 342 447 689,60**	**15 085 376,89**

3. Практически все представленное в схеме оборудование является **творческой разработкой компании «ТТД»,** что подтверждается патентами, в том числе Канады и США, или прошло полноценные испытания на полупромышленной установке. Часть оборудования успешно внедряется с 1982 года, и продолжает работать по сей день.

4. Такие показатели, как себестоимость (1,9 доллара за 1 г золота) и окупаемость (0,3 месяца), **на сегодняшний день недостижимы для традиционных технологий.** Отработка нескольких десятков проб массой до 15 т на полупромышленной установке неоднократно подтвердила указанные показатели; их закономерность подкрепляется результатами анализа некоторых концентратов с тысячами золотин.

ООО «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ»

Russian Innovative Company TTD Российская Инновационная Компания

+7 (921) 930-8711
v.cochnev@yandex.ru
www.ttd.spb.ru