

УДК622.778(075.8)

## МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Канд. техн. наук *Солоденко А. А.*, асп. *Подковыров И. Ю.*

Кафедра обогащения полезных ископаемых.  
Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)

*Представлены результаты НИОКР по магнито-гравитационному обогащению золотосодержащих концентратов на трёх объектах золотодобычи. На примере золотодобывающих предприятий Северовостока РФ показана возможность снижения потерь благородных металлов на стадии доводки концентратов в 2 – 3 раза. С применением магнитных и магнитожидкостных сепараторов возможно увеличение на 2 – 3 % извлечения металлов платиновой группы на Норильской обогатительной фабрике.*

В технологии доводки гравитационных концентратов важное место занимает операция магнитной сепарации. От эффективности режима проведения магнитного обогащения гравикоцентратов и применяемого при этом оборудования в значительной мере зависят потери благородных металлов из уже извлечённого из недр с большими затратами исходного минерального сырья. [1, 2]. Покажем это на примере предприятий, на которых внедрялись результаты НИОКР, выполненных с участием авторов.

На шлихообогатительной фабрике (ШОФ) с/а «Полярная» (Чукотка) при доводке концентрата гравитационного стола СКО-2 ручным магнитом выделяли магнитные минералы (в основном магнетит). Содержание золота в магнитной фракции составляло в среднем 140 г/т. Магнитную фракцию накапливали, затем измельчали в шаровой мельнице до крупности 0,1 мм и снова обогащали на столе. Тонкий магнетит уходил в хвосты стола, а с ним терялось и более половины золота, расклепанного в тонкие пластинки. При переработке магнитной фракции с применением оборудования комплекса «Шлих-2» по схеме с двухстадийной магнитной сепарацией и магнитожидкостной сепарацией результаты оказались значительно лучше (табл.1). Извлечение золота составило почти 87,8 %, то есть потери его с магнитной

фракцией уменьшились почти в 2 раза. Технологический баланс по металлу при этом рассчитывали по шлиховому золоту. Содержание золота в продуктах обогащения определяли методом амальгамации.

Таблица 1

**Результаты извлечения золота из магнитной фракции**

Продукт	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
Тяжелая фракция МЖ-сепарации	0,013	944000	87,70
Легкая фракция МЖ-сепарации	48,297	23,36	8,06
Сильно- и слабомагнитная фракции магнитной сепарации	51,69	11,48	4,24
Исходная магнитная фракция	100,0	140,0	100,0

Плавка тяжелых фракций МЖ-сепарации в руднотермической печи при температуре 1200 °С позволяла получать слитки с пробностью более 950 при извлечении золота 98–99 % (состав шихты: сода, бура, стекло и селитра). Получаемые после плавки слитки анализировали на содержание золота и сдавали в ЗПК. Содержание золота в шлаках составляло 700–1200 г/т.

По этой же технологической схеме был переработан концентрат стола, полученный при доводке шлюзовых съемов.

Таблица 2

**Результаты магнитной сепарации концентрата стола шлюзовых съемов**

Продукт	Выход, %	Содержание золота, кг/т	Извлечение золота, %
Магнитная фракция	41,35	0,35	0,30
Немагнитная фракция	58,65	81,15	99,70
Концентрат стола	100,0	47,74	100,0

Пробу концентрата стола подвергали магнитной сепарации на двухвалковом магнитном сепараторе при производительности на уровне 30–40 кг/ч. Следует отметить, что потери золота с магнитной фракцией (0,30 %) связаны с сепарацией неклассифицированного материала. При сепарации узких классов крупности потери золота с магнитной фракцией вдвое меньше, но время обработки шлиха при этом существенно увеличивается.

Дальнейшую переработку немагнитной фракции проводили прямой плавкой на слиток сплава Доре и обогащением на магнитожидкостном сепараторе с получением шлихового золота. Себестоимость переработки по обогатительно-металлургической схеме оказалась в несколько раз ниже прямой плавки. Технологическое и экономическое преимущество предложенной технологии и оборудования послужило основанием для принятия его в постоянную эксплуатацию.

Другим примером эффективного применения магнитной сепарации является использование этого метода при внедрении шлихообогатительной установки, разработанной с участием авторов для золотодобывающей компании ОАО «Дальзолото» (г. Хабаровск).

Схема цепи аппаратов шлихообогатительной установки во многом аналогична набору оборудования сепарационного комплекса «Шлих-2». Оборудование шлихообогатительной установки разместили на двух уровнях в специально построенном здании летнего типа с металлическим каркасом и деревянными стенами (рис.1).

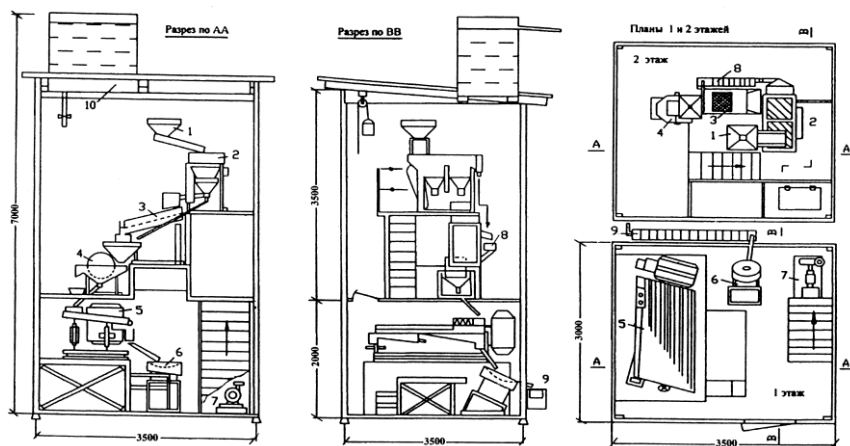


Рис. 1. Общие виды шлихообогатительной установки.

Высота здания позволила обеспечить самотечное сопряжение следующих аппаратов: 1 – приемный бункер, 2 – отсадочная машина, 3 – виброгрохот, 4 – магнитный сепаратор, 5 – концентрационный стол, 6 – центробежный концентратор, 7 –

центробежный водяной насос, 8 – подшлюзок 0,2x1,2 м, 9 – шлюз мелкого наполнения размером 0,3x2,5 м. Для обслуживания оборудования предусмотрены рабочие площадки, переходы, лестницы и люки.

Подачу воды на ШОУ осуществляли центробежным насосом типа К 20/18 из ручья в установленный на крыше здания водонапорный бак емкостью 2,2 м<sup>3</sup>. Электроснабжение ШОУ осуществляли от трехфазной сети promучастка с напряжением 380 В. Общая мощность электродвигателей аппаратов ШОУ не превышает 20 кВт. ШОУ смонтирована на территории золотоприемной кассы. Рядом с ЗПК организовано хвостохранилище емкостью 35 м<sup>3</sup>.

Схема цепи аппаратов ШОУ укомплектована оборудованием отечественного производства. Для гравитационного обогащения шлихов установлена диафрагмовая отсадочная машина МОД-0,2 и концентрационный стол СКО-2, выпускаемые Новосибирским машиностроительным заводом «Труд» (г. Новосибирск). Для магнитного обогащения шлихов в схеме установки предусмотрен барабанный магнитный сепаратор типа ПБМ конструкции НПП «Геос», с постоянными магнитами из редкоземельных металлов сплава неодим-железо-бор.

Комплекс установленного оборудования позволяет перерабатывать на ШОУ шлихи с производительностью до 1 т/ч. В зависимости от вещественного состава шлихов установка позволяет перерабатывать их по разным схемам. При доводке шлихов сложного вещественного состава, содержащих мелкое и тонкое золото, задействуют все установленное оборудование. При доводке простых по вещественному составу шлихов часть оборудования с целью сокращения потерь золота и уменьшения времени доводки выводят из технологической цепочки. Для изменения схемы достаточно перенаправить пульповоды, соединяющие аппараты. Окончательную доводку шлихов осуществляют в ЗПК с помощью двухвалкового магнитного и магнитожидкостного сепараторов конструкции ООО «НПП Геос».

Показательным примером значимости магнитной сепарации является использование её при извлечении золота и

металлов платиновой группы (МПП) из руд, обогащаемых на фабриках «ГМК «Норильский никель», обогащаемых с применением центробежных 48-ми и 20-ти дюймовых концентраторов Knelson. Эти аппараты, работающие в две стадии, позволяют из исходной руды крупностью менее 2 мм выделять до 60 % благородных металлов при степени концентрации на уровне 6000 раз. В результате получают гравитационный концентрат, содержащий от 0,1 до 0,3 % суммы МПП.

Специалистами ООО «НПП Геос» с участием авторов разработана технология доводки гравиконоцентрата до продукта, качество которого (содержание суммы МПП на уровне 2 %) позволяет перерабатывать его в Металлургическом цехе Компании ( $\epsilon_{\text{МПП}} = 99,5 \%$ ), что снижает потери платиноидов до 5 % (абс.) за счет исключения из технологической цепочки переработки Медного завода ( $\epsilon_{\text{МПП}} = 93\text{--}94 \%$ ).

Извлечение МПП из класса крупности ( $-0,4 + 0,05$ ) мм осуществлено по магнитно-гравитационной схеме: двухстадиальная магнитная сепарация-обогащение в концентраторе «Итомак» (немагнитной фракции) и концентрационном столе (магнитной фракции)-сушка-магнитная сепарация-магнитожидкостная сепарация (немагнитной фракции).

Из исходного гравиконоцентрата грохочением выделен материал крупностью  $-0,4 + 0,05$  мм в количестве 78,2 % и подвергнут гравитационной поликаскадно-противоточной сепарации. В результате была получена тяжёлая фракция с выходом 32 % от исходного материала, содержащая 675 т суммы металлов платиновой группы (МПП) с извлечением их от исходного на уровне 74 %. В результате магнитной сепарации тяжёлой фракции с применением двухвалкового магнитного сепаратора получены немагнитная фракция с содержанием МПП, равным 11276,4 г/т и извлечением на уровне 48 %. После доработки магнитной фракции на концентрационном столе и немагнитной фракции на МЖ сепараторе достигнуты показатели, представленные в табл.3.

Таблица 3

**Результаты доводки гравитационного концентрата ОФ «Норильск-1»**

Продукт	Выход, %		Содержание МПП, г/т	Извлечение, %	
	от операции	от исходного		от операции	от исходного
Концентрат МЖС	2,65	0,030	251120,0	59,58	25,80
Концентрат стола	1,63	0,50	9636,0	62,50	16,50
Магнитная фракция	8,13	0,10	12264,0	8,84	4,20
Итого концентрат		0,63	21552,4		46,50
Хвосты гидросепаратора	59,12	46,25	16,80	3,47	2,66
Хвосты стола	93,49	28,75	84,30	31,44	8,30
Промпродукт стола	4,88	1,50	311,50	6,06	1,60
Класс +0,4 мм	4,30	4,30	79,80	1,18	1,18
Класс +0,05 мм	17,47	17,47	372,0	22,26	22,26
Хвосты МЖ- сепарации	97,35	1,10	4645,50	40,42	17,50
Итого хвосты		99,37	157,20		53,50

Как видно из представленных данных, в результате комбинации гравитационных и магнитных методов поставленная задача достигнута: получен концентрат с содержанием суммы МПП более 2 % при извлечении 46,5 %. Согласно расчёту внедрение разработанной гравитационно-магнитной технологии обеспечит прирост сквозного извлечения платиноидов на 2,8 %.

Таким образом, использование магнитных методов обогащения в технологии доводки концентратов цветных и благородных металлов во многих случаях эффективно и перспективно. Поэтому задача совершенствования магнитных сепараторов для доводки концентратов является весьма актуальной. С учетом описанных результатов НИОКР, а также

---

ранее выполненных исследований разработана схема (рис. 2), которую можно рекомендовать для доводки концентратов разного состава и качества.

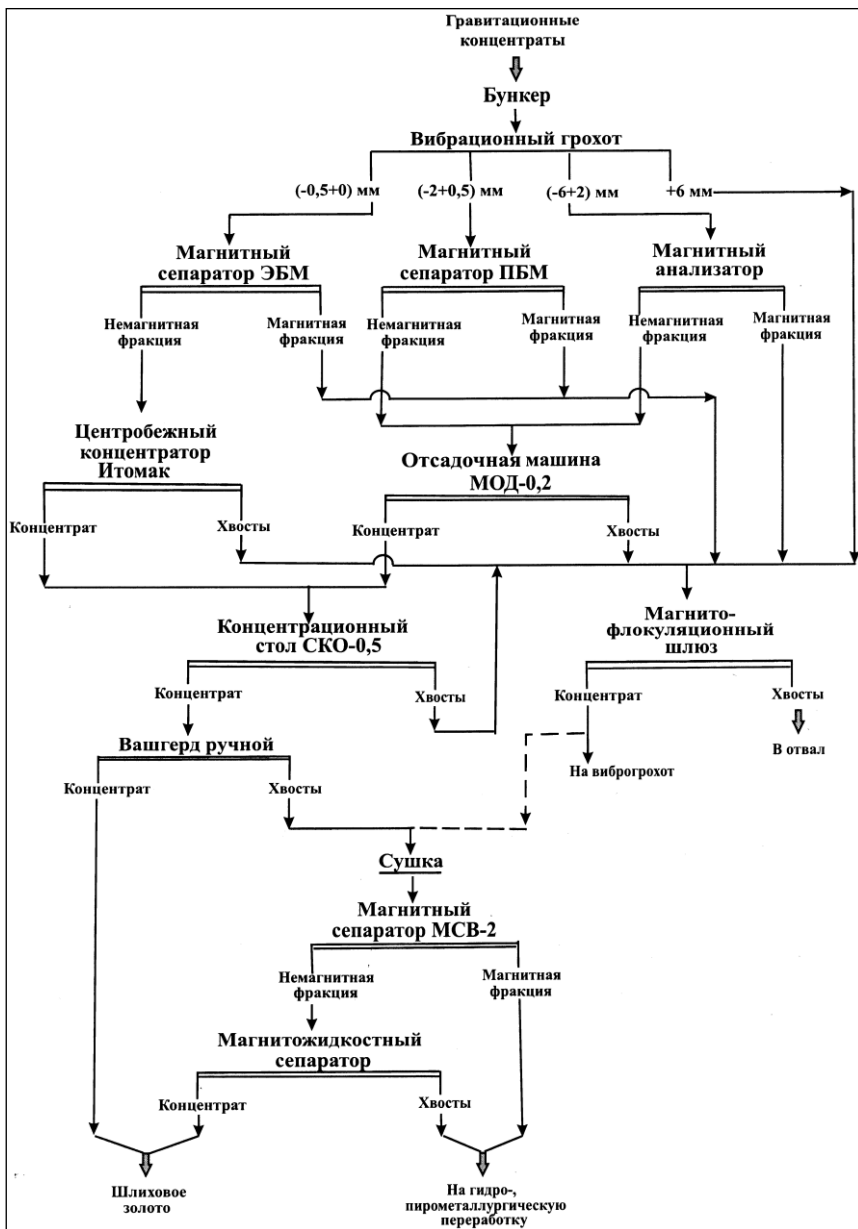


Рис. 2. Рекомендуемая схема доводки золотосодержащих концентратов.



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Солоденко А. Б., Евдокимов С. И., Казимиров М. П.* Обогащение россыпей золота. Владикавказ, ООО НПКП «МАВР», 2001. 368 с.
2. *Лопатин А. Г., Гирдасова З. М.* Разработка технологической схемы для полного выделения свободного золота из проб золотосодержащих песков // Исследование вещественного состава, технология обогащения и анализ золотосодержащего сырья // В кн.: Труды ЦНИГРИ. М., 1971. Вып. 97. С. 33–40.