

УДК 622.7

В.В. Кармазин, В.А. Измалков, М.М. Раджабов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЛАИВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ
В ГРАВИТАЦИОННО-СЕГРЕГАЦИОННОМ
КОНЦЕНТРАТОРЕ**

Рассмотрен новый гравитационный процесс виброционного-сегрегационного расслаивания в тонком слое частиц различной плотности. Приведен анализ результатов испытаний на искусственных на специальной установке смесях с устойчивыми режимами.

Ключевые слова: шлиходоводка, тонкий слой, сегрегация, вибро-колебания, тонкослойный сегрегационный концентратор, искусственная смесь, амплитуда колебаний.

В научно-техническом центре МГТУ — «Горно-обогатительные установки» (НТЦ — ГОМУ) под руководством д.т.н., профессора В.В. Кармазина с середины 90-х годов проводятся научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по созданию эффективных обогатительных процессов и аппаратов, позволяющих повысить извлечение золота мелких классов при первичном обогащении песков россыпных месторождений, при повторной переработке техногенных отвалов, а также в операциях доводки промпродуктов и доизвлечения ценных самородных металлов высокой плотности из хвостов ЗИФ, ШОУ и ШОФ. Это магнитофлокуляционные концентраторы — приставки типа КГМФ, сегрегационно-диффузионный концентратор, магнитный сепаратор для шлиходоводки ВПБСц. Указанные разработки успешно прошли промышленную проверку на золотодобывающих предприятиях Республики Бурятия, Читинской, Амурской, Магаданской областей и Чукотки. Ха-

рактерной особенностью этих технологий и устройств является их экологичность, так как в их основе лежат экологически чистые — гравитационные и магнитные методы обогащения.

Одним из объектов последних исследований НТЦ ГОМУ является новый процесс гравитационной концентрации как результат сегрегации в тонком слое и разработка на его основе аппарата для шлиходоводочных операций, способного составить конкуренцию широко применяемым в настоящее время концентрационным столам, центробежным концентраторам, магнитожидкостным сепараторам. Новый способ и устройство отличается простотой, отсутствием движущихся частей.

Известно, что скорость процесса сегрегации — расслаивания зерен полиминеральных смесей по высоте слоя в зависимости от крупности и плотности можно повысить изменяя ряд действующих на процесс факторов, в том числе уменьшая толщину слоя и увеличивая интенсивность вибраций. Это положение явилось отправной точкой в данной работе.

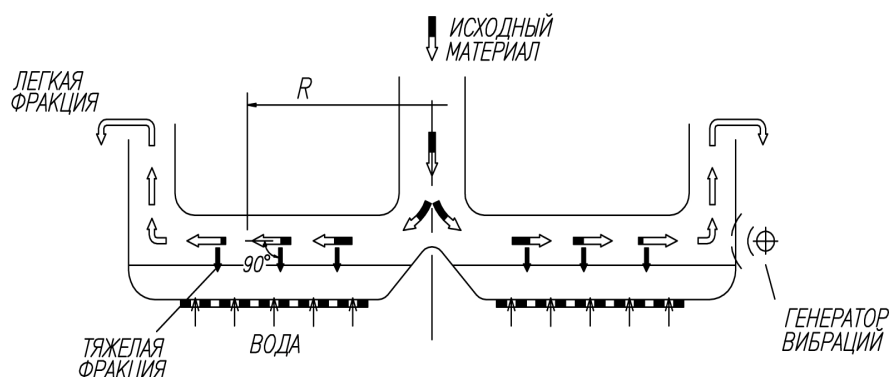


Рис. 1. Схема движения материала тонким слоем с разделением на фракции

Исследуемый новый способ осуществляется следующим образом (рис. 1). Материал в виде густой водной суспензии, подается вертикально вниз по оси концентратора в его придонную область, где он затем поступает в рабочую зону расходящимся горизонтальным потоком в кольцевом зазоре малой толщины. В этот тонкий слойдвигающегося горизонтально материала, снизу вертикально подается вода для его разрыхления. Материал переходит из состояния густой водной суспензии в состояние разжиженной водной суспензии, при этом на весь объем материала накладываются колебания (вибрации). Таким образом в рабочей зоне частицы обогащаемого материала находятся во взвешенном состоянии, при этом создаются условия для ускорения (интенсификации) процесса их расслаивания по крупности и плотности под действием силы тяжести.

Горизонтальная скорость частиц материала при его движении в кольцевом зазоре рабочей зоны от центра устройства к внешнему диаметру естественно уменьшается вследствие увеличения площади зазора, которая пропорциональна радиусу R . Частицы повышенной плотности в результате сегрегационного расслаивания миг-

рируют вниз слоя и концентрируются в углублениях на нижней поверхности, ограничивающей рабочую зону. Поток материала, состоящий уже преимущественно из частиц низкой плотности выводится из рабочей зоны сначала горизонтально, затем вертикально в кольцевом зазоре между внешней и внутренней стенками корпуса и разгружается в виде легкой фракции (хвостов).

Программа исследований включала три этапа:

1 — разработка и изготовление экспериментального образца вибрационно-сегрегационного концентратора,

2 — испытания концентратора с отработкой оптимального технологического режима на искусственных смесях,

3 — технологические испытания на золотосодержащем сырье (шлихи магнито-флокуляционного концентратора, промпродукт и хвосты ЗИФ). В настоящее время выполнены два этапа.

Результаты предварительных исследований.

На первом этапе были разработаны рабочие чертежи и изготовлены узлы и детали устройства. На рис. 2, а изображен вертикальный разрез экспери-

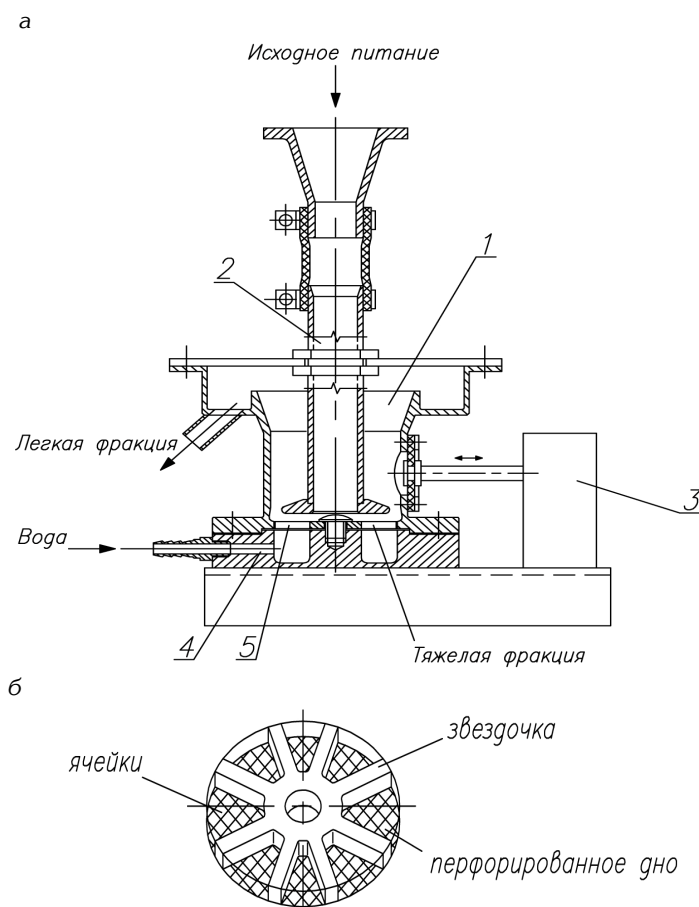


Рис. 2, а. Концентратор — экспериментальная модель: 1 — корпус, 2 — патрубок питающий, 3 — вибратор, 4 — узел подачи, 5 — накопитель тяжелой фракции; б — накопитель тяжелой фракции

ментального сегрегационного концентратора. Аппарат включал цилиндрический корпус 1; расположенную по его оси питающую трубу 2; вибратор 3, передающий вибрации в объем материала посредством упругой мембраны; систему подвода воды 4 и узел накопления тяжелой фракции 5. Рабочая зона концентратора в виде виде горизонтальной круговой щели образовывалась наконечником на питающей трубе и нижней поверхностью придонной зоны с углублениями

для тяжелой фракции, имеющими перфорированное дно для подачи разрыхляющей воды.

Последний узел изображен отдельно на рис. 2б. В качестве источника вибраций использовался виброток питателя, амплитуда колебаний которого регулировалась ПАТРОм. Следует отметить, что вследствие малых размеров самого устройства активная длина его рабочей зоны составляла в радиальном направлении менее 15 мм. Зазор между верхней и нижней поверхностями рабочей зоны и соответственно толщина горизонтального потока материала была приблизительно в 5 раз больше максимального размера частиц материала (4 — 5,5 мм).

В лаборатории НТЦ был собран испытательный стенд, который кроме концентратора включал раму, водяной коллектор с вентилями, емкости для продуктов разделения.

В качестве искусственной смеси I использовалась смесь кварцевого песка крупностью — 1,0 мм с магнетитом крупностью также — 0,8 мм. Магнетит был выбран в качестве материала, имитирующего тяжелую фракцию, т. к. он вдвое тяжелее кварца ($5,2$ против $2,6 \text{ г/см}^3$), а также для выделения его при испытаниях из продук-

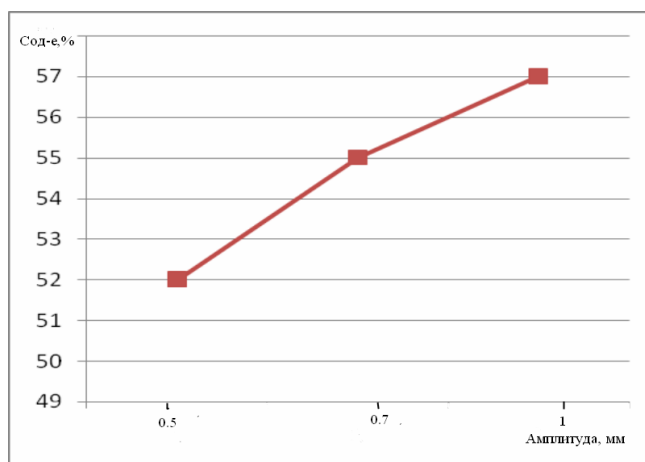


Рис. 3. Зависимость извлечения тяжелой фракции (%) от амплитуды вибраций (мм) (смесь I, два цикла концентрации)

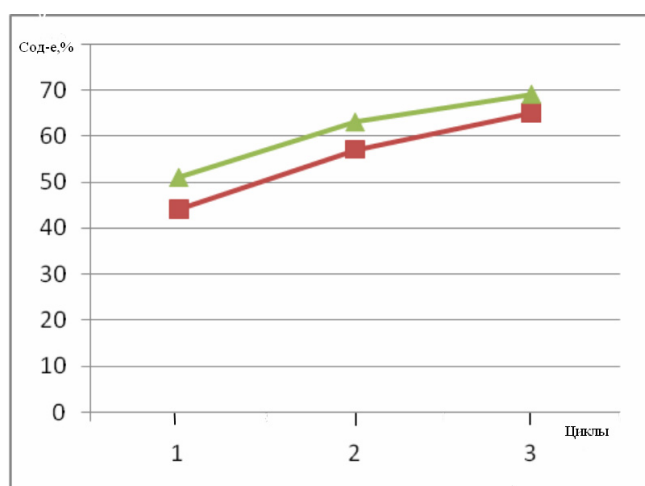


Рис. 4. Зависимость извлечения тяжелой фракции от числа циклов концентрации: I — смесь I (нижняя кривая), II — смесь II (верхняя кривая)

тов обогащения с помощью сухой магнитной сепарации в слабом поле. Анализ гранулометрического состава магнетита в исходном материале показал, что 85 % материала находилось в классе — 0,5 мм, 42 % в классе — 0,25 мм и 6 % в классе — 0,1 мм.

В качестве искусственной смеси II использовалась смесь кварцевого песка крупностью — 1,0 мм с вольфрамитом

крупностью — 0,4 мм. Вольфрамит почти втрое тяжелее кварца ($\sim 7,0 \text{ г/см}^3$), а его слабомагнитные свойства позволяют извлекать его в сильном магнитном поле. Анализ гранулометрического состава вольфрамита в исходном материале показал, что 86 % материала находилось в классе — 0,25 мм и 20 % в классе — 0,1 мм.

При исследованиях использовались сухие магнитные сепараторы: ручной дисковый разработки НТЦ (слабое поле) и лабораторный роликовый электромагнитный (сильное поле) для выделения тяжелой фракции (магнетита и вольфрамита) из продуктов обогащения.

При проведении исследований масса материала составляла 1—1,5 кг, частота вибраций — 100 Гц, расход воды 6—8 л за один цикл концентрации, который по времени составлял 15—20 минут. После завершения концентрации подача питания и воды прекращалась, включался вибратор, от концентратора отсоединя-

лась нижняя часть с накопителем тяжелой фракции, продукты смывались, сушились, сепарировались, взвешивались, рассеивались для ситового анализа.

В начале были получены зависимости, позволяющие оценить влияние амплитуды вибратора на извлечение, которая изменялась с помощью ЛАТРа и составляла 0,5; 0,75 и 1,0 мм. При

Таблица 1

Результаты испытаний тонкослойного гравитационного концентратора на искусственных смесях (три цикла концентрации)

Вид смеси	Выход концентрата, %	Содержание тяж. фракции в к-те, %	Извлечение тяж. фракции в к-т, %
Кварцевый песок с магнетитом (2,67 %, смесь I)	~ 6,0	29,1	65
Кварцевый песок с вольфрамитом (3,2 %, смесь II)	6,4	34,5	69

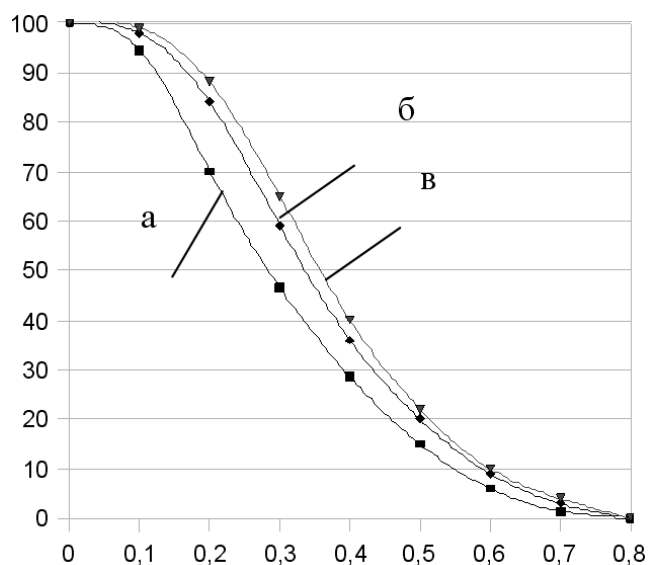


Рис. 5. Кривые ситового анализа тяжелой фракции (смесь I): а — в исходном; б — в концентрате после одного цикла; в — в концентрате после двух циклов

увеличении амплитуды отмечался заметный рост извлечения (рис. 3).

Из-за малых размеров концентратора и соответственно малой длины рабочей зоны (~ 15 мм), моделирование процесса было не полным, около половины количества тяжелой фракции не успевало переместиться вниз слоя и выносилось в хвосты. Для более полного моделирования процесса сегрегационной концентрации в тонком слое легкая фракция повторно

загружалась в концентратор, тем самым увеличивался путь проходимый материалом и время нахождения его в рабочей зоне. На графиках, изображенных на рис. 4, виден рост извлечения тяжелой фракции при увеличении числа циклов концентрации с одного до трех.

В табл. 1 приведены результаты испытаний концентратора на смесях двух типов. Обращает на себя внимание более высокая величина извлечения тяжелой фракции в концентрат для смеси II несмотря на большее количество мелких классов, что можно

объяснить более высокой плотностью вольфрамитов.

На рис. 5 приведены кривые ситового анализа тяжелой фракции в исходном продукте — кривая «а» (смесь I) и в концентрате после одного и двух циклов концентрации, соответственно — кривые «б» и «в». В концентрате наблюдается естественное уменьшение содержания мелких классов по сравнению с исходным, по классу — 0,25 мм разница составляет

20 % (42 % в исходном и 22 % в концентрате первого цикла концентрации). Сравнивая кривые ситового анализа тяжелой фракции в концентратах можно сделать вывод, что с каждым повторным циклом концентрации эта разница уменьшалась, так после второго цикла разница составляла уже 14 % (42 % в исходном и 28 % в концентрате второго цикла концентрации). Это еще раз подтверждает вывод о том, что увеличение длины рабочей зоны, т. е. увеличение диаметра концентратора позволит увеличить как качественные показатели — содержание, так количественные — извлечение тяжелой фракции, в том числе и в гравитационно «упорных» мелких классах крупности.

Выводы

Результаты технологических испытаний экспериментального вибрационно-сегрегационного концентратора на искусственных смесях позволяют положительно оценить перспективы нового процесса гравитационного обогащения, который был предложен и проходит проверку в НТЦ МГТУ «Горно-обогатительные установки». Эти перспективы связаны в первую очередь с обогащением шлиховых материалов для выделения минералов и самородных металлов высокой плотности, в том числе золота и платиноидов.

Повышение показателя контрастности по плотности минералов приводит к увеличению извлечения тяжелого минерала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахимов С.Н. Диссертационная работа «Извлечение мелкого и тонкого золота из отвальных продуктов золотодобычи на основе сегрегационно-диффузионной концентрации»
2. Мязин В.П., Татауров С.Б. разработка и совершенствование технологий и обогащения по извлечению золотосодержащей амальгамы и токсичных соединений ртути из техногенных образований. М., МГТУ, ГИАБ №1, 1997.
3. Кармазин В.В., Мязин В.П., Рыбакова О.И., Измалков В.А., Татауров С.Б. Золотодобыча России XIX-XX веков и современные технологии ликвидации причиненного ею экологического ущерба. Москва 2000 г.
4. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения. учеб. для вузов — М.: МАКС Пресс, 2006
5. Тихомиров В.И. Гидравлический классификатор. // Советская золотопромышленность. 1932. -№2—3. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кармазин В.В. — доктор технических наук, профессор,
Раджабов М.М. — аспирант,
Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru,
Измалков В.А. — кандидат технических наук, ОАО Магнетит.

