

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТИ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Гравитационные методы обогащения

Лекция 4 Теоретические основы процессов гравитационного
обогащения

Преподаватель: Мотовилов Игорь Юрьевич
доктор PhD. Кафедры «Металлургия и обогащение
полезных ископаемых»

motovilov88@inbox.ru

Содержание

- 1. Научные направления теоретических исследований гравитационных процессов**
- 2. Скоростная гипотеза**
- 3. Энергетическая гипотеза**
- 4. Суспензионная (тяжелосредная) гипотеза**
- 5. Статистические модели процесса отсадки**

Научные направления теоретических исследований гравитационных процессов

В теоретических исследованиях гравитационных процессов определялись два научных направления: **детерминистское** и **вероятностно-статистическое**.

Детерминистское классическое направление позволяет изучить влияние свойства частиц (размера, плотности, формы и др.) на ускорение, скорость и время осаждения, определить их равнопадаемость в различных средах. Однако это направление не рассматривает одно из главных составляющих осаждения – взаимодействие частиц между собой и потому не полностью объясняет процесс гравитационного обогащения.

Вероятностно-статистическое направление получило развитие в последние десятилетия. Оно раскрывает закономерности движения совокупности частиц и процесса формирования слоев, но не учитывает влияние сил, вызывающих перемещение отдельных частиц. Теоретическая интерпретация процесса обычно включает сочетание этих направлений и взаимное дополнение различных гипотез преимущественно применительно к отсадке.

Скоростная гипотеза

Скоростная Гипотеза была выдвинута Риттингером в 1867 году. Он исходил из условий свободного падения двух минеральных частиц одного и того же размера d но разных по плотности $\delta_1 < \delta_2$.

$$G = P - R = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_T - \rho_{\text{ж}}) g \text{ и } F_D = \frac{\pi}{16} \vartheta^2 d^2 \rho_{\text{ж}}$$
$$\vartheta_{01} = \sqrt{\frac{\pi d_1 (\rho_{T1} - \rho_{\text{ж}}) g}{6 \psi_1 \rho_{\text{ж}}}}, \vartheta_{02} = \sqrt{\frac{\pi d_2 (\rho_{T2} - \rho_{\text{ж}}) g}{6 \psi_2 \rho_{\text{ж}}}} \Rightarrow \vartheta_{01} < \vartheta_{02}$$
$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\psi_1 (\rho_{T2} - \rho_{\text{ж}})}{\psi_2 (\rho_{T1} - \rho_{\text{ж}})}$$

Ученными Р. Ричардом, Монроэ, Лященко скоростная гипотеза была развита для условий стесненного падения частиц, что позволило объяснить достигнутую на практике более широкую шкалу классификации исходного материала.

Минерал	Коэффициент равнопадаемости по отношению к кварцу	
	Свободного падения	Стесненного падения
Свинцовый блеск	3,75	5,842
Вольфрамит	3,26	5,155
Касситерит	3,12	4,698
Арсенопирит	2,94	3,737
Пирротин	2,08	2,808
Цинковая обманка	1,56	2,127

Гипотеза различных начальных ускорений:

$$g_0 = \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_T} \right) g$$

Энергетическая гипотеза

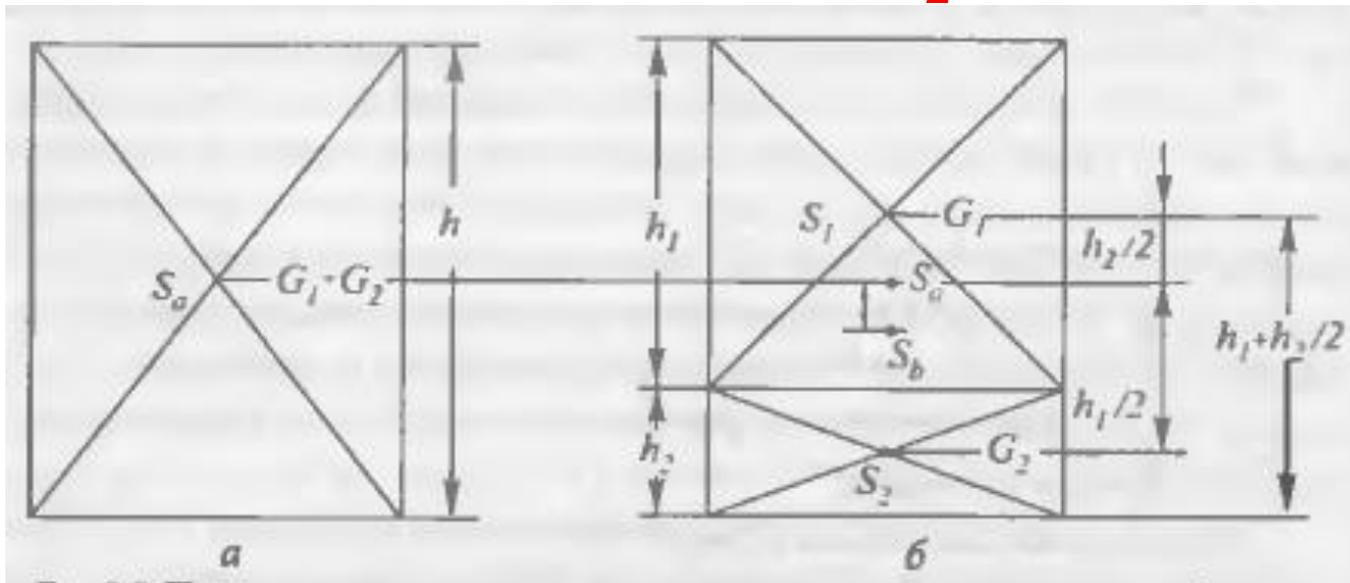
Энергетическая гипотеза была предложена Майером в 1951 году. Объясняется стремлением системы в гравитационном поле занять положение с минимальной потенциальной энергией.

При этом потенциальная энергия E_1 исходной смеси частиц до расслоения будет больше E_2 – после расслоения:

$$E_1 = 0,5(G_1 + G_2)h; \quad E_2 = G_1(0,5h_1 + h_2) + 0,5G_2h_2$$

Разность потенциальной энергии до и после расслоения смеси частиц величина положительная:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{1}{2}(G_2h_1 - G_1h_2)$$



Потенциальная энергия двух минералов:
а – до расслоения, б – после расслоения

Разность центров тяжести частиц до и после их расслоения, т.е. понижение центра тяжести $S = S_a - S_b$ может служить показателем обогатимости смеси.

Суспензионная (тяжелосредняя) гипотеза

Суспензионная (тяжелосредняя) гипотеза предложена Херстом в 1937 году. Механизм разделения частиц различной плотности в отсадочной машине представляется аналогичным разделению в суспензии, плотность которой:

$$\rho_c = 1000 + (\rho_T - 1000)c$$

Отличие взвеси исходного материала от суспензии:

Плотность взвеси **неоднородна** по высоте.

Плотность взвеси **не стабильна по времени** – она изменяется в зависимости от степени разрыхления взвеси в периоды цикла отсадки.

Расчетная плотность взвеси, соответствующая фактической плотности разделения частиц, достигается в очень короткие промежутки времени цикла – **в периоды максимального уплотнения**.

Суспензионная гипотеза не рассматривает способ и параметры псевдооживления материала и потому не позволяет прогнозировать глубину (крупность) эффективного разделения частиц полидисперсного материала.

Статистические модели процесса отсадки

При исследовании кинетики процесса отсадки И.М. Верховским, Н.Н. Виноградовым, О.М. Арутиновым было сделано предположение о пропорциональности количества выделившейся легкой фракции ее количеству, находящемуся в зоне разделения смесей отсадочной машины:

$$\frac{dF_p}{dt} = kF_p$$

Количество фракций выделившейся за время в свой продукт, доли ед. описывается зависимостью

$$F_p = F_{и}(1 - e^{-kt})$$

Аналогичное уравнение кинетики отсадки получено при теоретическом анализе потенциальной гипотезы процесса текущего положения центра тяжести постели:

$$Y_T = \Delta S(1 - e^{-kt})$$

Ученым Э.З. Рафалес-Ламарком предложена математическая модель отсадки на основе уравнения Колмагорова для марковских процессов диффузионного типа, которое также называется уравнением Фоккера-Планка:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{d}{dz} [c(t, z)w] + \frac{1}{2} \frac{d^2}{dz^2} [b(t, z)w]$$