

**И.К. МЛАДЕЦКИЙ, П.И. ПИЛОВ** д-ра техн. наук,

**И.В. АХМЕТШИНА**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

**Э.М. ПАЙВА**

(Ангола, Предприятие "Катока")

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ УТЯЖЕЛИТЕЛЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗДЕЛЕНИЯ В ГИДРОЦИКЛОНАХ

Обогащительное предприятие "Катока" (Ангола) применяет тяжелосредное выделение крупных кимберлитовых образований (тяжелосредная установка – ТСУ). Установка хорошо себя зарекомендовала и ее применение совершенствуется. Одно из направлений такого совершенствования, является повышение рентабельности. Это связано со снижением потерь утяжелителя при его регенерации и стабилизацией режимных параметров при разделении в гидроциклонах. Утяжелителем является ферросилиций крупностью 100% Кл. -0,05 мм. Средняя крупность  $\bar{d}_y = 0,03 \text{ мм}$ . Это магнитожестький ферромагнетик, а поскольку еще из частиц малого размера, то после регенерации в барабанных магнитных сепараторах, он имеет значительную остаточную намагниченность. Плотность ферросилиция –  $\delta_y \approx 7 \text{ кг/дм}^3$ .

Одним из главных физических параметров, который способствует разделению в тяжелосредных гидроциклонах, является вязкость суспензии  $\mu_c$ . Этот параметр для разделяемого материала крупностью  $\bar{d}_y < d$  зависит от крупности утяжелителя и объемной его концентрации  $C_V$ :

$$\mu_c = \mu \frac{1}{1 - \sqrt[3]{(1 + \lambda S)c_v/k_y}}, \quad (1)$$

где:  $k_y$  – предельная объемная концентрация суспензии, когда промежутки свободной дисперсионной среды между частицами становятся равными нулю, т.е. при некоторой критической концентрации, при которой  $1 - \sqrt[3]{(1 + \lambda S)c_{vкк}/k_y} = 0$ ;  $\lambda S$  – параметр крупности несущей среды;  $S$  – удельная поверхность частиц утяжелителя;  $\lambda$  – толщина неподвижного пограничного слоя несущей среды вокруг частицы (чем больше  $\lambda S$ , тем крупнее частицы);  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости несущей среды (воды).

Данная зависимость носит характер, который близок к параболическому и для различной крупности утяжелителя показана на рис. 1. Как следует из рис.1 достижение определенного значения вязкости суспензии наступает тем быстрее, чем меньше крупность частиц утяжелителя. А это значит, что чем меньше концентрация утяжелителя, тем лучше будет идти разделение в тяжелосредных **Збагачення корисних копалин, 2013. – Вип. 53(94)**

## Гравітаційна сепарація

гідроциклонах. Отсюда также следует, что необходимо добиваться минимального значения  $C_V$  при заданной крупности утяжелителя.

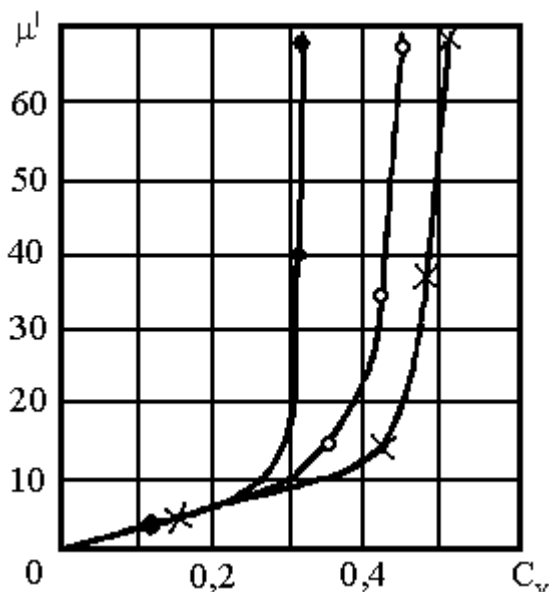


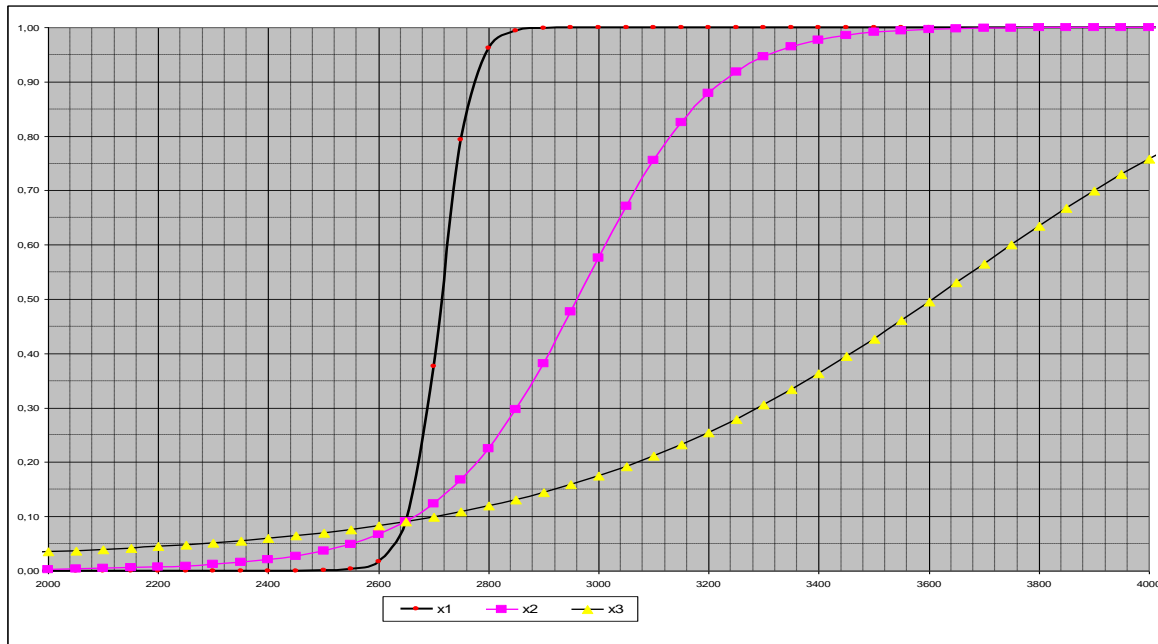
Рис. 1. Залежність відносної в'язкості магнетитової суспензії  $\mu'$  від об'ємної концентрації твердої фази  $c_v$  при значеннях  $\lambda S$ :  
1 – 0,8; 2 – 0,35; 3 – 0,19.

Регенерація утяжелителя приводить до намагнічування частиць за счет чого, по виході з магнітного поля, частиці об'єднані в флокули, розмір яких  $d_\phi > \bar{d}_y$ . В результаті чого зменшується значення  $\mu_c$  і показателі розділення погіршуються. Крім того, при регенерації втрачається частина утяжелителя і це сприяє зменшенню  $C_V$ , що знову направлено на зменшення  $\mu_c$ . Таким чином, в процесі роботи ТСУ необхідно контролювати  $\bar{d}_y$  і  $C_V$ .

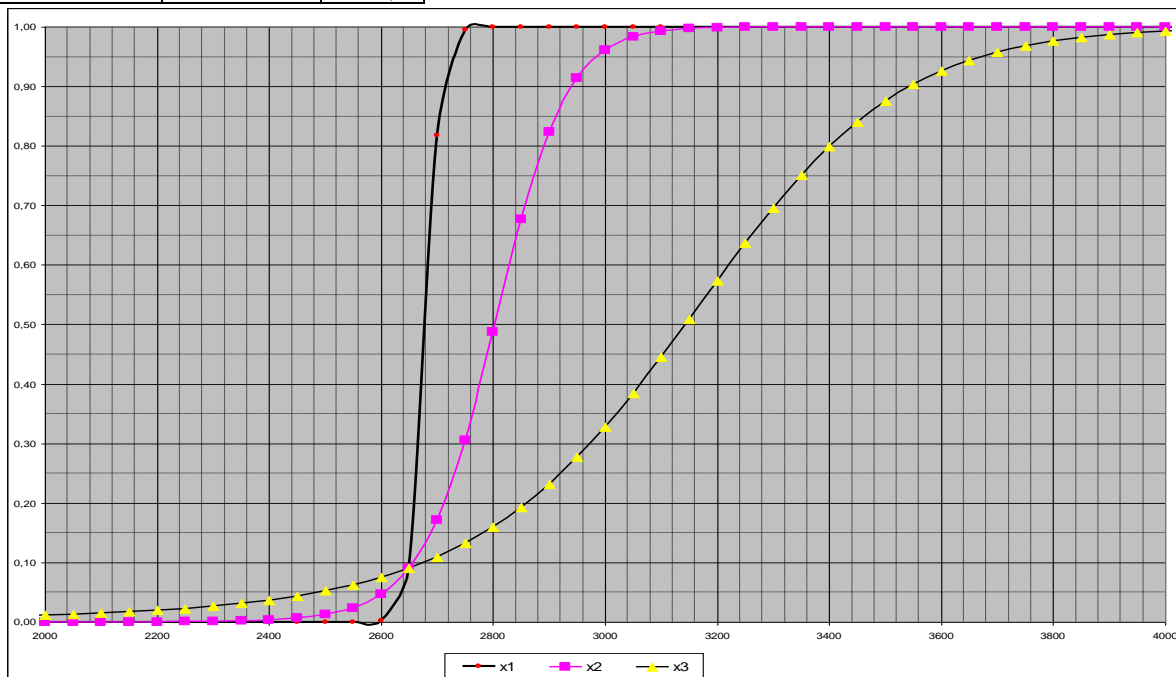
Розглянемо вплив зміни  $\bar{d}_y$  на показателі розділення. Дослідження будемо проводити чисельно з допомогою моделей, близьких до детермінованих, з тим, щоб можна було б зафіксувати малі зміни [1]. Модель доведена до технологічного розрахунку показателів розділення в гідроциклонах. Для застосування до інших типів гідроциклонів і режимним параметрам вимагається деяка підстройка двох параметрів. Розрахунок побудований за класичною схемою. Відомі входні функції розкриття важкої фракції і розподілення за розмірами. З допомогою математичної моделі визначаються розділювальні числа (сепараційна характеристика) для заданої розмірності і густоти частинок. Визначають кількість частинок цієї фракції і розмірності перешедших в слив і піски. Після перебору всіх фракцій і розмірностей отримують технологічні показателі розділення в гідроциклоні. На рис. 2а,б показані графіки зміни ймовірностей вилучення частинок цінного мінерала

## Гравітаційна сепарація

ла в крупний продукт (пески) для двох значень показателя крупності частиц утяжелителя ( $\lambda S$ ). Особливо заметно влияние крупності утяжелителя на извлечение крупных частиц ценного минерала. Откуда следует, что увеличение крупності частиц суспензии ухудшает показатели разделения.



Характеристика суспензії	$C_V$	0,3
	$\lambda S$	0,5
	Вязкость	0,0132
	Плотность	2650,0



Характеристика суспензії	$C_V$	0,3
	$\lambda S$	0,05
	Вязкость	0,0063
	Плотность	2650,0

X1 = 1 мм  
X2 = 2 мм  
X3 = 5 мм

Рис. 2. Зависимости вероятностей извлечения ценного минерала в пески от плотности суспензии

## Гравітаційна сепарація

Для количественного определения Известно, что объемные и массовые соотношения в твердой и жидкой фазах в пульпе выражают очевидным равенством

$$V_{II}\delta_{II} = V_T\delta_T + V_B\delta_B.$$

Так как объемное содержание твердого представляет отношение  $c_V = \frac{V_T}{V_{II}}$ ,

а массовое содержание твердого  $c_P = \frac{P_T}{P_{II}}$ , то можно получить два соотношения

для определения плотности пульпы

$$\delta_{II} = c_V(\delta_T - \delta_B) + \delta_B \text{ и } \delta_{II} = \frac{\delta_B\delta_T}{\delta_T - c_P(\delta_T - \delta_B)},$$

на основании которых, находим соотношение между содержаниями массовым и объемным:

$$c_P = \frac{c_V\delta_T}{\delta_B + c_V(\delta_T - \delta_B)}, \quad c_V = \frac{c_P\delta_B}{\delta_T - c_P(\delta_T - \delta_B)}.$$

Поскольку обычно готовят консистенцию пульпы по массовому содержанию твердого.

Фактор крупности частиц утяжелителя зависит от средней крупности частиц в соответствии с данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость среднего размера частиц от фактора крупности частиц

Фактор крупности частиц $\lambda S$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Размер частиц, мм	0,2	0,125	0,09	0,07	0,063	0,058	0,052	0,05	0,046	0,043

Преобразовав выражение (1) для определения необходимого объемного содержания твердого, в зависимости от крупности и требуемой вязкости, получаем выражение

$$c_V = \frac{(1 - \frac{\mu}{\mu_c})^3 k_y}{1 + \lambda S}.$$

Исследование по принятой математической модели дали возможность определить зависимость извлечения частиц ценного минерала в тяжелосредном гидроциклоне от изменения фактора крупности утяжелителя. Результаты ис-

следования приведены на рис. 3.

Далее определим, в каком соответствии должны находиться величины, характеризующие вязкость суспензии

*Таблица 2*

Расчетные значения параметров, определяющих вязкость суспензии

$\lambda S$ фактор крупности	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$c_V$ объемная концентр.	0,21	0,19	0,175	0,165	0,15	0,143	0,135	0,128	0,12	0,115
$\delta_{II}$ , кг/дм <sup>3</sup> плотность суспензии	2,1	2,09	1,962	1,9	1,82	1,79	1,74	1,7	1,67	1,632
$V_T$ , м <sup>3</sup> требуемый объем твердого	6,3	5,7	5,25	4,95	4,5	4,3	4,05	3,84	3,6	3,45
$P_T$ , т.масса твердого	40,95	37,05	34,13	32,17	29,25	27,75	26,3	24,85	23,4	22,4
Размер частиц, мм	0,2	0,125	0,09	0,07	0,063	0,058	0,052	0,05	0,046	0,043

Анализируя показатели табл. 2 (две последние строки) можно сделать вывод, что малейшее увеличение крупности частиц суспензии (на 3 мкм) приводит к тому, что требуется увеличить объем утяжелителя более 1 т.

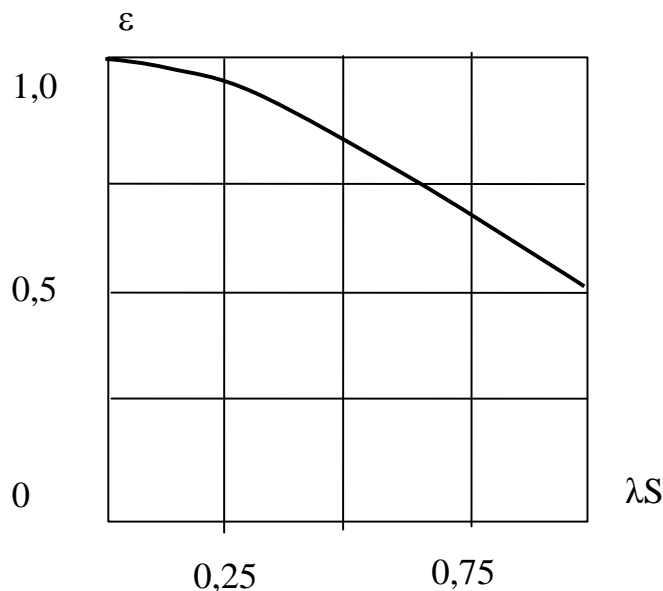


Рис. 3. Зависимость извлечения тяжелой фракции частиц ценного минерала от изменения крупности частиц утяжелителя

Увеличение размера частиц происходит под действием остаточной намагниченности [2]. И малые изменения намагниченности приводит к существенному увеличению крупности флоккул, поэтому операция размагничивания при-

## **Гравітаційна сепарація**

обретает первостепенное значение в случае применения тяжелосредного обогащения полезных ископаемых

### **Список литературы**

1 Пилов П.И. Научные основы сепарации и водопотребления при обогащении руд: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Д.: НГАУ, 1996.

2. Младецкий И.К., Пайва Э.М. Размер частиц магнитного утяжелителя после выхода из магнитного поля // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 48(89). – С. 77-82.

© Младецкий И.К., Пилов П.И., Ахметшина И.В., Пайва Э.М., 2013

*Надійшла до редколегії 15.04.2013 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*