

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ

Батиюков С.В.

Кафедра теоретических основ электротехники  
 Научный руководитель: Шилин Л.Ю., декан ФИТУ, д.т.н., профессор  
 e-mail: batiukov@bsuir.by

**Аннотация** — проанализирована модель процесса обогащения калийной руды устанавливающая зависимость между входными и выходными параметрами процесса

**Ключевые слова:** математическая модель, флотация, технологический процесс.

## Введение

Этап основной флотации является определяющим в процессе обогащения калийной руды. Поэтому модель технологического процесса в целом во многом зависит от выбранной модели процесса флотации.

## А. Модель процесса флотации

Рассмотрим модель на основе физического подхода. Положим, что частицы руды имеют одинаковый размер, а концентрация полезного минерала не превышает 20%. При этом скорость выноса частиц в пену пропорциональна концентрации воздушных потоков и минеральных частиц [2]:

$$\frac{dC}{dt} = KN^m C^n, \quad (1.1)$$

где  $C$  – концентрация частиц,

$K$  – константа кинетики,

$N$  – концентрация воздушных пузырьков,

$m, n$  – порядок флотации по твердому веществу и воздуху. Так как в флотационных аппаратах недостатка свободной поверхности жидкость-газ не ощущается, то изменением концентрации пузырьков можно пренебречь. Наиболее вероятно столкновение одного пузырька с одной частицей, поэтому можно положить  $n=1$ . При этом выражение (1.1) примет вид:

$$\frac{dC}{dt} = -KC. \quad (1.2.)$$

Из уравнения (1.2) можно получить выражение для степени извлечения  $\varepsilon$  в конечный концентрат:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = K[1 - \varepsilon(t)]. \quad (1.3)$$

Проинтегрировав (1.3) это уравнение при граничном условии  $\varepsilon(0)=0$ , получим известное уравнение Белоглазова [1]:

$$\varepsilon(t) = 1 - e^{-kt}. \quad (1.4)$$

Однако на практике никогда не выполняется допущение об идентичности свойств флотируемых зерен, которые отличаются по содержанию полезного компонента, крупности, форме и т.д. [3]. Если руду можно представить как совокупность зерен различной

крупности, не влияющих на процессы парциальной флотации, то уравнение (1.4) можно обобщить как

$$\varepsilon(t) = \sum_{i=1}^N a_i (1 - e^{-K_i t}), \quad (1.5)$$

где  $a_i$  – константа, характеризующая удельный вес  $i$ -й фракции,  $N$  – число различных классов крупности.

На практике распределение зерен по крупности имеет не дискретный характер, как принято в формуле (1.5), а непрерывный; при этом частицы могут находиться как в свободном состоянии, так и образовывать сгустки. Поэтому знак суммы в (1.5) следует заменить интегралом:

$$\varepsilon(t) = \int_0^{\infty} \varphi(K) (1 - e^{-Kt}) dK \quad (1.6)$$

где  $\varphi(K)$  – функция распределения вещества в зависимости от константы кинетики. Совершенствование модели (1.6) связано с использованием вероятностной функции распределения частиц вещества по флотационности  $\gamma(k)$ , а также введением функции  $\beta(k)$ , характеризующей зависимость содержания ценного компонента в частицах от их флотируемости. Степени извлечения всего твердого и ценного компонента определяется по следующими соотношениями:

$$\varepsilon^*(t) = 1 - \int_0^{\infty} \gamma(k) e^{-kSt} dk, \quad (1.7)$$

$$\varepsilon_{\beta}(t) = 1 - \frac{1}{\beta} \int_0^{\infty} \gamma(k) \cdot \beta(k) \cdot e^{-kSt} dk. \quad (1.8)$$

## Заключение

Основной проблемой (практического использования модели (1.7)–(1.8) является определение функций  $\gamma(k)$  и  $\beta(k)$ , а также значений констант. Поэтому для автоматизации технологических процессов чаще применяют модели, не подробно описывающие происходящие при флотации процессы на физическом уровне, а устанавливающие зависимости между входными и выходными величинами [4, 5].

[1] Глембоцкая, Т.В. Возникновение и развитие флотации / Т.В. Глембоцкая. – М.: Наука, 1984. – 112 с.

[2] Глембоцкий, В.А. Флотационные методы обогащения: Учебник для вузов по спец. «Обогащение полезных ископаемых». – М.: Недра, 1981. – 304 с.

[3] Минерализация пузырьков во флотационном процессе / Кондратьев С. А. // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 2004. – № 1. – С. 99-107.

[4] Исследование процесса флотации с использованием компьютерных методов анализа / GongWei-jin, CaiJian-an, LiLing//Gongyeyongshuiyufeishui // Ind. WaterandWastewater. – 2004. – № 6. – С. 60-62. – Кит.; рез. англ