

А.А. БЕРЕЗНЯК, канд. техн. наук,

Е.А. БЕРЕЗНЯК

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ГИДРАТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПРИ ГРАВИТАЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОБОГАЩЕНИЯ

При погружении твердой частицы в воду на ее поверхности образуется гидратная оболочка, движущаяся вместе с частицей. Детально механизм образования оболочки пока не выяснен из-за большого количества факторов, влияющих на этот процесс. На поверхности твердой фазы имеются нескомпенсированные ионные и ковалентные связи, благодаря которым поверхность селективно заряжается относительно воды зарядами того или иного знака. Большинство минералов в воде несут отрицательный заряд. Полярные молекулы воды закрепляются на этих зарядах, образуя наиболее прочно удерживаемый поверхностью адгезионный слой. К этим молекулам прикрепляются другие молекулы, к ним – следующие и т.д. Таких слоев может образовываться более сотни [1]. В этих слоях находятся гидратированные ионы, заряд которых противоположен заряду твердой поверхности, так называемые противоионы. Образуется двойной электрический слой, величина которого характеризуется дзета-потенциалом. Кроме этого, молекулы воды могут взаимодействовать между собой посредством водородных связей и образовывать длинные цепочки, сродни полимерным.

Исследуя фильтрование воды через тонкодисперсные суспензии, автор рассчитал, что толщина гидратной пленки на поверхности минералов может превышать 11 мкм [3]. По-видимому, сходный механизм образования известно-го в гидродинамике пограничного слоя, толщина которого может достигать десятков микрометров [2]. При расчете скорости движения в воде частиц крупностью менее 100 мкм применяется формула Стокса без учета формы зерен. Это можно объяснить тем, что гидратная оболочка, движущаяся вместе с частицей, сглаживает неровности поверхности, и форма частицы приближается к сферической. Конечно, толщина оболочки должна зависеть от скорости и характера ее обтекания водой, от физико-химических свойств поверхности и ионного состава раствора, от температуры и т.д. Однако в любом случае необходимо учитывать наличие такой оболочки при расчете гравитационных процессов обогащения полезных ископаемых.

Для упрощения расчетов рассмотрим сферическую частицу диаметром d , покрытую гидратной оболочкой толщиной δ . Среднюю плотность такого комплекса определим выражением:

$$\gamma_{cp} = \left(\frac{d}{d+2\delta}\right)^3 \cdot (\gamma_m - \gamma_{жс}) + \gamma_{жс},$$

Гравітаційна сепарація

где γ_{cp} , γ_m , $\gamma_{ж}$ – плотности средняя, твердой и жидкой фаз соответственно, $кг/м^3$.

Приняв толщину гидратной оболочки равной 5 мкм, плотность воды равной $1000 кг/м^3$, рассчитаем среднюю плотность комплексов для минералов кварца, родохрозита и магнетита, плотность которых равна 2700, 3700 и $5400 кг/м^3$ соответственно.

Графически результаты расчетов в виде зависимости плотности комплексов частица – гидратная оболочка от диаметра частицы представлены графически на рис. 1. Как следует из рисунка, при крупности частиц 50 мкм плотность комплексов значительно меньше плотности твердой фазы. При уменьшении размера частиц средняя плотность стремится к плотности воды. Так, средняя плотность частиц размером 5 мкм, что соответствует принятой толщине гидратной оболочки, незначительно отличается от плотности воды. Следовательно, такие частицы будут двигаться вместе с потоком воды независимо от воздействия на них гравитационных или инерционных сил.

Однако даже для сравнительно крупных частиц магнетита размером 0,5 мм уменьшение средней плотности равно 4,7% при принятой толщине оболочки, что необходимо учитывать при технологических расчетах.

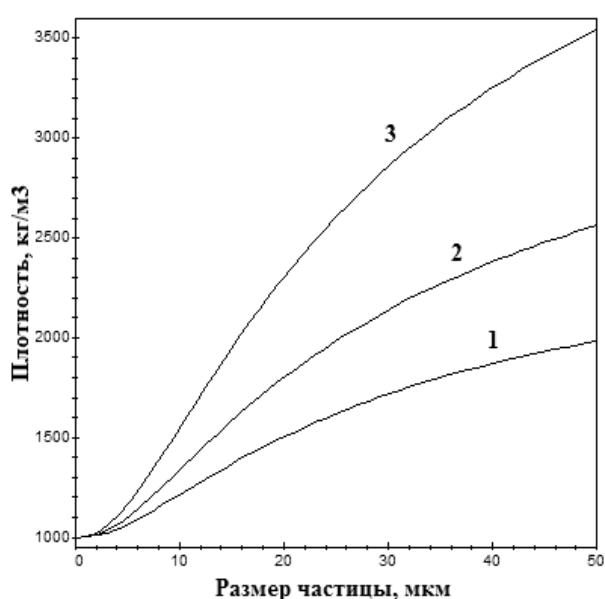


Рис. 1. Зависимость средней плотности комплекса частица – гидратная оболочка от диаметра частицы:
1 – кварц; 2 – родохрозит; 3 – магнетит

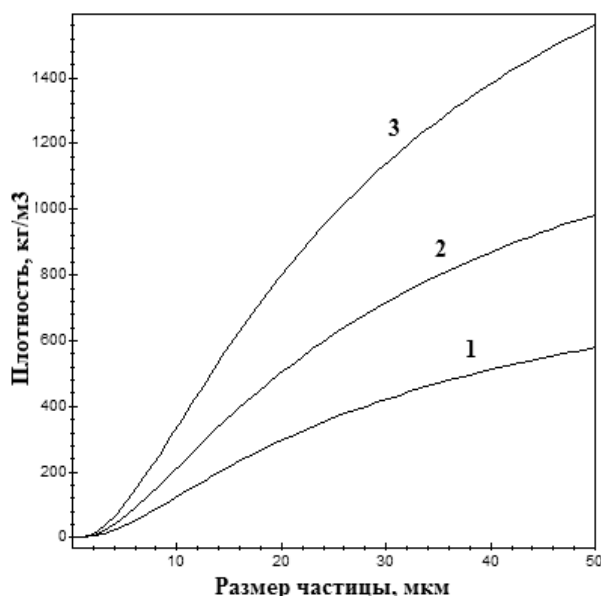


Рис. 2. Зависимость разности плотностей минералов в воде от их размера:
1 – родохрозит-кварц; 2 – магнетит-родохрозит; 3 – магнетит-кварц

Для обогащения минералов гравитационными методами необходима разность их плотностей, минимальная величина которой зависит от конкретного способа и конструкции аппарата. Например, при обогащении способом отсадки разность плотностей должна быть более $200 кг/м^3$. Для сепарации в тяжелых средах эта величина должна быть не менее $120 кг/м^3$. Даже для разделения в тяжелых жидкостях разность плотностей должна превышать $60 кг/м^3$. Разность

плотностей минералов, находящихся в водной среде, с учетом наличия гидратной оболочки, можно определить из выражения:

$$\Delta\gamma_{cp} = \left(\frac{d}{d + 2\delta}\right)^3 \cdot (\gamma_{m1} - \gamma_{m2}),$$

где $\Delta\gamma_{cp}$, γ_{m1} , γ_{m2} – разность плотностей минералов, плотности первого и второго минералов соответственно, кг/м³.

Зависимость разности плотностей минералов с учетом толщины гидратной оболочки от их размера приведена на рис. 2. Как видно, разность плотностей комплексов минерал – оболочка уменьшается с уменьшением размера частиц и для частиц крупностью менее 5 мкм становится меньше 100 кг/м³, что делает практически невозможным их обогащение гравитационными методами. Исключение составляют минералы с очень большой плотностью, такие как самородное золото. Но и в этом случае сепарация частиц крупностью менее 1 мкм невозможна.

Ранее отмечалось, что на толщину гидратной оболочки влияет наличие двойного электрического слоя. Следовательно, изменяя величину дзета-потенциала, можно управлять средней плотностью комплекса частица – оболочка. Если осуществлять такое изменение селективно, то можно увеличить контрастность разделительного признака для минералов в диапазоне крупностей от 10 до 200 мкм.

В дополнение следует заметить, что наличие оболочки на тонких частицах увеличивает силу сопротивления перемещения их в среде, что уменьшает скорость движения частиц. В результате это приводит к снижению производительности обогатительного оборудования.

Список литературы

1. Вода в дисперсных системах / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, Ф.Д. Овчаренко и др. – М.: Химия, 1989. – 288 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
3. Березняк А.А. Исследование кинетики фильтрования через слой антрацита крупностью 40-50 мкм // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2007. – Вип. 29(70)-30(70). – С. 78-80.

© Березняк А.А., Березняк Е.А., 2013

*Надійшла до редколегії 16.09.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*