

гравитационными методами // Наукові праці Донецького національного технічного університету: Серія гірничо-електромеханічна. – 2008. – Вип. 15(131), – С. 98-104.

3. Исаев И.Н. Концентрационные столы: Монография. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 100 с.

4. Оборудование для обогащения угля: Справ. пособие / Под ред Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1979. – 335 с.

5. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения. – М.: Недра, 1979. – 296 с.

6. Применение вибрационных пневматических сепараторов веерного типа при обогащении углей / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, А.Н. Корчевский и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45(86). – С. 66-70.

7. Гарковенко Є.Є., Корчевський О.М., Назимко О.І. Модульна установка переробки вуглевмісних матеріалів // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36(77)-37(78). – С. 17-22.

8. Simulation of the Coal and Rock Particle Interaction Kinetics During the Dry Separation / O.I. Nazymko, E.E. Garkovenko, A.N. Corchevsky et al. // Proceedings of XVI ICCP. – USA, 2010. – P. 581-586.

9. Исследование работы вибрационного пневматического сепаратора / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, А.Н. Корчевский и др. //Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45(86). – С. 78-84.

© Корчевский А.Н., 2013

*Надійшла до редколегії 14.07.2013 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*

УДК 622.75/77

**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

котрого характеризується дзета-потенціалом. Крім цього, молекули води можуть взаємодіювати між собою посредством водородних зв'язей і утворювати довгі ланцюжки, сродні полімерним.

Вивчаючи фільтрування води через тонкодисперсні суспензії, автор розрахував, що товщина гідратної плівки на поверхні мінералів може перевищувати 11 мкм [3]. По-видимому, схожий механізм утворення відомого в гідродинаміці пограничного шару, товщина якого може досягати десятків мікрометрів [2]. При розрахунку швидкості руху в воді частинок дрібною менше 100 мкм застосовується формула Стокса без урахування форми зерен. Це можна пояснити тим, що гідратна оболонка, що рухається разом з частинкою, згладжує нерівності поверхні, і форма частинки наближається до сферичної. Звичайно, товщина оболонки повинна залежати від швидкості і характеру її обтікання водою, від фізико-хімічних властивостей поверхні і іонного складу розчину, від температури і т.д. Однак в будь-якому випадку необхідно враховувати наявність такої оболонки при розрахунку гравітаційних процесів збагачення корисних копалин.

Для спрощення розрахунків розглянемо сферичну частинку діаметром  $d$ , покритую гідратною оболонкою товщиною  $\delta$ . Середню щільність такого комплексу визначимо виразом:

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

де  $\gamma_{cp}$ ,  $\gamma_m$ ,  $\gamma_{ж}$  – щільності середня, твердої і рідкої фаз відповідно, кг/м<sup>3</sup>.

Взявши товщину гідратної оболонки рівною 5 мкм, щільність води рівною 1000 кг/м<sup>3</sup>, розрахуємо середню щільність комплексів для мінералів кварцу, родохрозита і магнетиту, щільність яких дорівнює 2700, 3700 і 5400 кг/м<sup>3</sup> відповідно.

Графічно результати розрахунків у вигляді залежності щільності комплексів частинка – гідратна оболонка від діаметра частинки представлені графічно на рис. 1. Як випливає з малюнка, при дрібності частинок 50 мкм щільність комплексів значно менше щільності твердої фази. При зменшенні розміру частинок середня щільність наближається до щільності води. Так, середня щільність частинок розміром 5 мкм, що відповідає прийнятій товщині гідратної оболонки, незначно відрізняється від щільності води. Отже, такі частинки будуть рухатися разом з потоком води незалежно від впливу на них гравітаційних або інерційних сил.

Однак навіть для порівняно великих частинок магнетиту розміром 0,5 мм зменшення середньої щільності дорівнює 4,7% при прийнятій товщині оболонки, що необхідно враховувати при технологічних розрахунках.

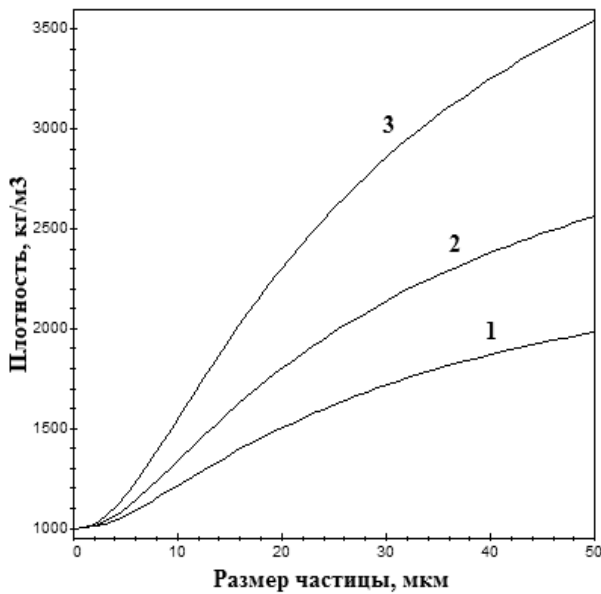


Рис. 1. Зависимость средней плотности комплекса частица – гидратная оболочка от диаметра частицы:  
1 – кварц; 2 – родохрозит; 3 – магнетит

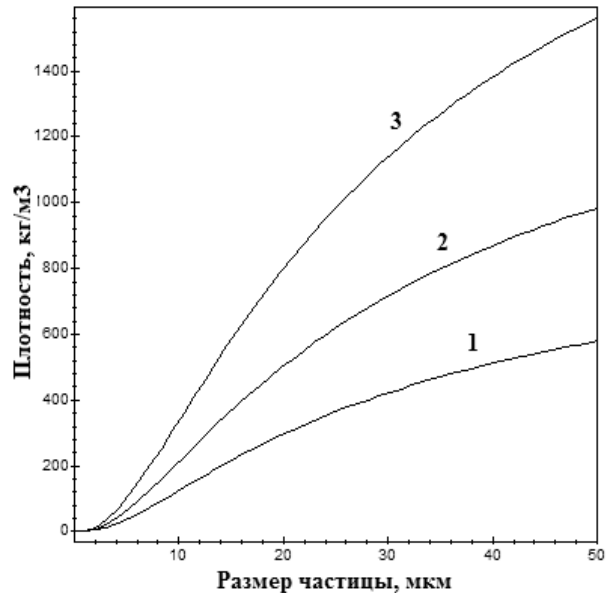


Рис. 2. Зависимость разности плотностей минералов в воде от их размера:  
1 – родохрозит-кварц; 2 – магнетит-родохрозит; 3 – магнетит-кварц

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<sup>3</sup>. Для сепарации в тяжелых средах эта величина должна быть не менее 120 кг/м<sup>3</sup>. Даже для разделения в тяжелых жидкостях разность плотностей должна превышать 60 кг/м<sup>3</sup>. 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  $\Delta\gamma_{cp}$ ,  $\gamma_{m1}$ ,  $\gamma_{m2}$  – разность плотностей минералов, плотности первого и второго минералов соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

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/м<sup>3</sup>, 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 осуществляют 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*

УДК 622.7

**В.И. КРИВОЩЕКОВ**, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

**Л.А. НОВИКОВ**

(Украина, Днепропетровск, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины)

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ СМЕЖНЫХ ПОТОКОВ ДВУХФАЗНОЙ СРЕДЫ

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* Перспективным направлением по повышению эффективности разделения водоминеральных суспензии в гидроциклоне является формирование новой структуры течения двухфазной среды с использованием тех или иных гидродинамических эффектов. При этом всю область течения можно условно представить в виде совокупности локальных зон с индивидуальным полем скоростей и концентраций твердых частиц.

Обтекание конструктивных элементов гидроциклона сопровождается

возникновением местных потерь давления двухфазной среды, величина

которых определяется геометрическими параметрами течения, концентрацией