

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. И. КЛАССЕН и Л. Д. РАТОБЫЛЬСКАЯ

**К ОЦЕНКЕ ФЛОТАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*(Представлено академиком П. А. Ребиндером 23 V 1949)*

Рядом исследователей предлагалось использовать для характеристики флотационной активности минералов такие физико-химические параметры, как краевой угол смачивания, гистерезис смачивания, скорость и прочность прилипания минеральной частицы к пузырьку воздуха. Однако эти попытки не дали окончательного решения вопроса, поскольку ни один из перечисленных параметров не характеризует всей совокупности основных процессов, происходящих при флотационной минерализации воздушного пузырька. Как впервые показано А. Н. Фрумкиным<sup>(1)</sup>, важную роль в данном случае играет кинетика разрушения промежуточных слоев воды между частицей минерала и пузырьком при их сближении (вначале под влиянием внешних сил, затем самопроизвольно).

Величина краевого угла не всегда изменяется параллельно скорости прилипания пузырька к частице, определяемой кинетикой уменьшения толщины внешних слоев диффузных гидратных оболочек частицы и пузырька, стабилизированного адсорбцией гетерополярных молекул вспенивателя<sup>(1)</sup>. Не всегда обязательна также прямая связь между величиной краевого угла смачивания и гистерезисом смачивания<sup>(2)</sup> в силу не совсем одинаковых молекулярных причин, обуславливающих их величины. Краевой угол смачивания и гистерезис смачивания в значительной степени определяют прочность прилипания минеральной частицы к воздушному пузырьку. Но эта зависимость имеет различный характер для случаев вертикального и тангенциального отрыва пузырька от минеральной поверхности.

Скорость прилипания совсем не характеризует его прочности. К тому же последний показатель у пузырька, закрепленного на держателе<sup>(4)</sup> и свободно всплывающего в суспензии, должен быть очень различен. В последнем случае поверхность пузырька, как это установлено скоростной микрокиносъемкой<sup>(5)</sup>, вибрирует с частотой порядка до 1000 колебаний в 1 сек., что обязательно должно сказываться на скорости прилипания. Закрепленный пузырек таких вибраций не имеет.

Однако возможно более точная и простая количественная оценка флотационной активности минералов безусловно необходима для развития флотации, чем и объясняются продолжающиеся искания в данной области.

Нами разработан и применен с положительными результатами следующий метод определения флотационной активности минеральных порошков. На горизонтальную поверхность слоя порошка (получен-

ного осторожным приклеиванием порошка к стеклышку), погруженного в воду, снизу подводится пузырек определенных размеров. Затем площадка медленно, с постоянной скоростью наклонялась до тех пор, пока пузырек не сдвигался с места. Почти во всех случаях пузырек, сдвинувшись с места, совершенно отрывался от шлифа. Зная водоизмещение пузырька и критический угол наклона площадки, легко рассчитать отрывающую силу, направленную параллельно поверхности слоя порошка (рис. 1). Ввиду того что разница величин

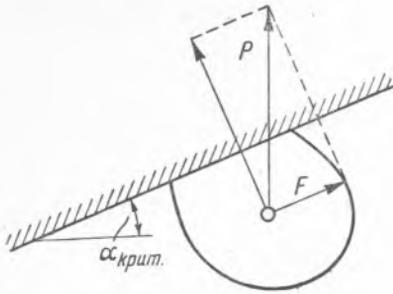


Рис. 1. Схема сил, действующих на пузырек.  $F = P \sin \alpha_{\text{крит}}$

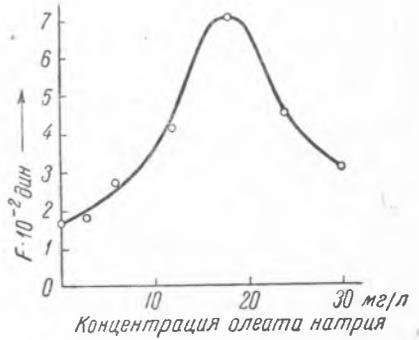


Рис. 2. Влияние концентрации олеата натрия на флотуемость минерала

критических углов наклона колеблется в пределах  $10^\circ$ , изменением расстояния от точки приложения этой силы до порошка можно пренебречь.

Переменными факторами могут быть состав минерального порошка и подготовка его поверхности путем добавления к водной среде различных поверхностно-активных веществ.

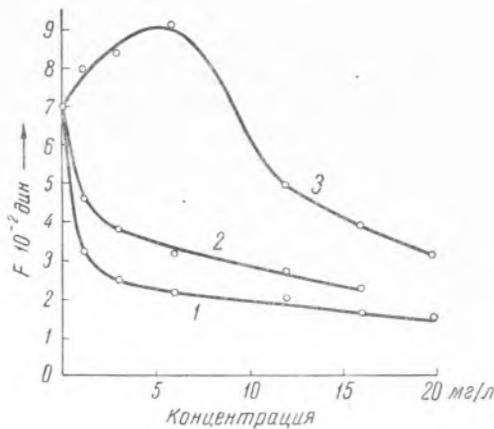


Рис. 3. Влияние различных электролитов на флотуемость минерала олеатом натрия: 1 — жидкое стекло, 2 — хлористое железо, 3 — сода

Приведем в качестве примера результаты подбора реагентов для флотации одного природного кальцийсодержащего силиката. Во всех случаях получены очень характерные кривые, обычные при флотации данного типа минералов указанными реагентами. Олеат натрия — типичный собиратель — дает кривую с одним максимумом (рис. 2). Не менее характерны кривые для соды и для электролитов-подавителей (рис. 3). Флотация данного минерала в лабораторных условиях

с применением этих реагентов привела к хорошо совпадающим результатам.

Это может быть объяснено тем, что принятая методика опытов фиксирует изменение нескольких основных факторов, определяющих элементарный акт флотации. В данном случае прочность прилипания зависит от величины краевого угла смачивания (главным образом у отступающего участка пузырька) и гистерезиса смачивания. Оба эти фактора определяются в конечном итоге, при прочих равных условиях, толщиной остаточного гидратного слоя под прилипшим пузырьком. Связь последней величины с краевым углом смачивания установлена теоретически<sup>(1)</sup> и экспериментально<sup>(3)</sup>.

По предположению одного из авторов этой статьи, гистерезис смачивания при флотации определяется сопротивлением „деформации сдвига“ гидратных слоев на поверхности минерала (под пузырьком и вне его). Это сопротивление также возрастает при уменьшении толщины остаточного гидратного слоя, т. е. в случае приближения плоскости сдвига к твердой фазе. Гистерезисные явления носят кинетический характер и при тангенциальном действии отрывающих сил наиболее полно моделируют отрыв частиц в реальных условиях. При постоянных условиях приготовления препарата порошка основным фактором, определяющим явление, оказывается гидратированность минеральных поверхностей, обуславливающая их флотационную активность.

Очень важно также, что принятая методика исключает необходимость подсушивания порошка (обычного при определении гистерезиса смачивания нанесением капли на поверхность), что не может не искажать его флотационных свойств. Равным образом передвижение капли воды по сухому порошку, очевидно, хуже моделирует условия флотационного процесса, чем передвижение пузырька в водной среде.

Основным недостатком описанной методики является то, что она не оценивает кинетики — минимального времени контакта частицы с пузырьком, необходимого для их слипания. Правда, значение этого недостатка уменьшается тем, что во многих случаях при флотации во флотационных машинах слипание осуществляется в результате образования на частице пузырька выделением воздуха из раствора<sup>(7)</sup>.

Поступило  
17 V 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Н. Фрумкин, Физико-химические основы флотации, изд. АН СССР, 1932; ЖФХ, в. 4, 5—6 (1938). <sup>2</sup> П. А. Ребиндер, М. Е. Липец и М. М. Римская, Статья в сб. Исследования в области поверхностных явлений, 1936. <sup>3</sup> Б. Кабанов и Н. Иванищенко, Изв. АН СССР, сер. хим., 755 (1936). <sup>4</sup> М. А. Эйгелес, Цветные металлы, № 5 (1944). <sup>5</sup> Eng. and Min. Journ., 149, № 7, 95, July (1948). <sup>6</sup> Б. Кабанов и А. Фрумкин, ЖФХ, 4, в. 5 (1933). <sup>7</sup> В. И. Классен, Вопросы теории аэрации и флотации, 1949.