

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР И. Н. ПЛАКСИН и С. В. БЕССОНОВ

**О ПРИЛИПАНИИ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ К ПУЗЫРЬКУ
ВОЗДУХА В ОТСУТСТВИЕ РЕАГЕНТОВ**

Прилипание пузырьков воздуха к поверхности сульфидного минерала, в частности галенита в чистой воде, составляло задачу многих исследований. Изучение причин этого явления необходимо для более глубокого обоснования механизма взаимодействия минералов с реагентом-собираателем. Нельзя обоснованно говорить о характере воздействия флотационных реагентов на минералы, не зная, каким изменениям подвергаются они в жидкой фазе пульпы, в частности в воде.

В ряде исследований (например (1, 8)) отмечалось наличие контакта пузырька воздуха с реагентом в чистой воде. Известны случаи также частичной флотации халькопирита и галенита в воде без реагентов. Суждения о природе данного явления различны.

Наиболее распространено мнение И. Уорка ((9), стр. 44), категорически отрицающего прилипание пузырька воздуха к минералу в чистой воде и объясняющего возможность подобного контакта загрязнением поверхности минерала примесями, попадающими как из воздуха, так и другими путями*.

Однако М. А. Эйгелесом (2) показана возможность прилипания частиц несulfидных минералов и галенита к воздушному пузырьку в воде без собирателя. При этом указано, что явление прилипания связано с различной смачиваемостью поверхности и согласуется с результатами работ П. А. Ребиндера по измерению краевых углов (3).

Нами указано (4-6), что гидрофобизация сульфидных минералов в воде объясняется адсорбцией на их поверхности кислорода. При дальнейшем окислении поверхности смачиваемость ее улучшается и наступает снижение первичной гидрофобности.

В настоящей работе данный вопрос изучался с применением прибора, предложенного В. А. Глембоцким (7) для измерения времени прилипания частиц минералов к пузырьку воздуха.

Исследованы сульфидные минералы: галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, пирротин и арсенопирит. Каждый минерал содержал 96—98% чистого сульфида. Непосредственно перед тонким измельчением куски минерала выкалывались из середины крупных кусков соответствующих минералов. Были испытаны: измельчение на воздухе, раздавливание минерала в воде на мелкие частицы и измельчение под слоем воды в агатовой ступке.

Установлено, что с целью наиболее быстрого** обнажения свежих граней небольшое количество минерала определенной крупности можно приготовить сухим измельчением в агатовой ступке. При этом свойства такой поверхности при погружении ее в воду одинаковы по сравнению

* Вполне вероятно, что закрепление пузырька на большой поверхности минерала в опытах Уорка не позволяло фиксировать возможность прилипания в этих случаях (2).

** В течение 1 мин.

с полученной раздавливанием в воде, что видно по характеру кривых 2 и 3 на рис. 1. Поэтому минерал подготавливался измельчением и просеиванием на воздухе. От начала измельчения до загрузки в воду проходила 1 мин. Для всех минералов принята крупность 0,1—0,07 мм. Небольшое количество измельченного минерала помещалось в 50 мл биде-стиллированной воды*, находящейся в кювете из органического стекла. Шламовая фракция минерала сливалась. Материал ровным слоем разравнивался на дне кюветы специальным гребком**.

Через определенный промежуток времени контакта минерала с водой к поверхности порошка подводился пузырек воздуха и измерялось время прилипания согласно принятой методике⁽⁷⁾. Размер пузырька колебался от 1,8 до 2,0 мм. Факторы, влияющие на время прилипания (характер слоя порошка, расстояние пузырька от поверхности частиц и др.), сохранялись постоянными.

Предварительные опыты показали, что при соблюдении необходимых условий получаются вполне сопоставимые результаты без значительного разброса результатов измерения времени прилипания в параллельных опытах. При определенном времени контакта пузырька с минералом прилипание считалось возможным, если в трех точках поверхности порошка достигалось устойчивое прилипание не менее чем одной частицы принятой крупности***.

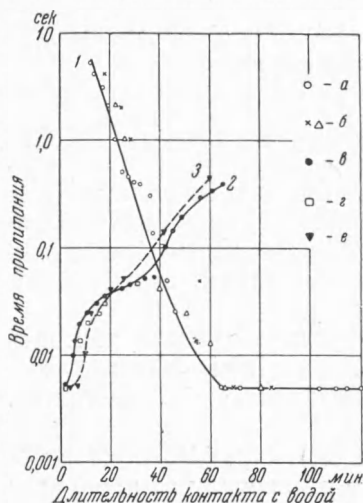


Рис. 1. Изменение времени прилипания частиц галенита и халькопирита к пузырьку в чистой воде. 1 — халькопирит: а — основной опыт, б — результаты поверочных опытов; 2 — галенит: в — дробление в воде, г — то же, результаты поверочных опытов; 3 д — галенит, измельчение на воздухе в течение 1 мин.

Результаты опытов с галенитом и халькопиритом приведены на рис. 1. Как следует из этих данных, галенит и халькопирит ведут себя различно.

Частицы халькопирита в первый момент смачиваются водой и в течение первых 12 мин. нахождения в воде прилипания пузырька в пределах контакта до 5 сек. не отмечается. Через 12 мин. время прилипания равно 5 сек., затем

уменьшается, достигая через 1 час 0,005 сек., что соответствует флотационному времени прилипания. В данном случае частицы предельно гидрофобны. В течение 2-часового контакта с водой время прилипания не изменяется. Галенит, наоборот, вначале обнажения предельно гидрофобен, и частицы легко прилипают к пузырьку воздуха. Но в дальнейшем время прилипания быстро увеличивается вследствие большей активности галенита к кислороду. Галенит, раздробленный в обескислороженной воде (см. рис. 2), так же как и халькопирит, обнаруживает повышение гидрофобности в результате адсорбции вначале малых количеств кислорода. Понижение гидрофобности галенита (правая часть кривой на рис. 2) происходит более медленно (ср. с рис. 1).

Исследование прилипания частиц галенита, пирита, халькопирита, сфалерита, пирротина и арсенопирита к пузырьку при нахождении измельченного минерала в воде и на воздухе в течение длительного времени показало, что наиболее быстро гидрофилизуется поверхность

* Содержание кислорода в воде 6 мг/л; рН 6,8; температура 20°.

** При расколе галенита под водой крупные частицы скребком удалялись к боковой стенке кюветы.

*** Крупность прилипших частиц определялась по сетке окуляра прибора.

частиц пирита (через 30 мин. контакта в воде время прилипания равно 1 сек.). Порядок возрастания устойчивости гидрофобности следующий: галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин и арсенопирит. Так, частицы арсенопирита и пирротина даже после 8 суток нахождения в воде прилипают к пузырьку воздуха при контакте в 0,005 сек. Отметим особенность пирротина, состоящую в способности сохранять гидрофобность, хотя его считают легко окисляемым минералом. Резкое повышение времени прилипания наблюдается при контакте галенита с водой в пределах до 2 час.: у сфалерита начинается по истечении 24 час., у халькопирита — по истечении 5 суток. На воздухе все минералы дольше сохраняют гидрофобность. Частицы галенита (крупностью 0,1—0,074 мм) после контакта с воздухом в течение 5 мес. прилипают к пузырьку за 0,1 сек. *. Частицы халькопирита той же крупности после 5 мес. контакта с воздухом прилипают к пузырьку за 0,010 сек.

Если порошок минерала (например, халькопирита) непрерывно перемешивать в воде и периодически определять время прилипания, то (см. рис. 3) идет аналогичный, но более быстрый процесс гидрофобизации, что объясняется большей скоростью выравнивания концентрации кислорода. После 2 час. перемешивания через воду пропускается ток кислорода **. Через 10 мин. после начала подачи кислорода к пузырьку устойчиво прилипают по 2—3 частицы,

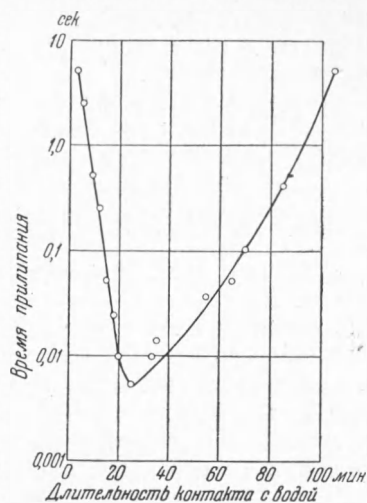


Рис. 2. Изменение времени прилипания частиц галенита к пузырьку в обескислороженной воде

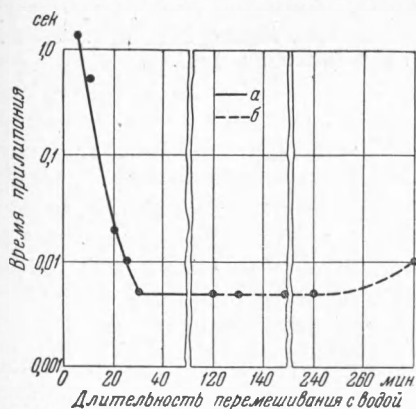


Рис. 3. Изменение времени прилипания частиц халькопирита к пузырьку при перемешивании минерала с водой. а — перемешивание в воде, б — перемешивание в воде с подачей O_2

а через 1 час — по 8—9 частиц, что характерно только в присутствии собирателя. Затем количество прилипающих частиц стало снижаться, но даже после 2-час. пропускания кислорода фиксировалось устойчивое прилипание одиночных частиц за 0,005 сек. Лишь после 3-часового воздействия кислорода время прилипания увеличилось до 0,010 сек., а после 4-часового — до 0,015 сек. После этого в воду с минералом было введено 5 мл 30% раствора H_2O_2 . Через 2 мин. после введения окислителя время прилипания возросло до 1 сек., а после 30 мин. контакта минерала с окислителем частицы не прилипали к пузырьку воздуха даже при времени контакта в 1 мин.

Для выяснения специфичности влияния кислорода в кювету во время опыта пропускался газ. Если стандартную воду продуть чистым аргоном и затем поместить в нее свежемельченый халькопирит, продолжая пропускать газ, то прилипания частиц к пузырьку при контакте в 0,005 сек. не отмечается в течение длительного времени. После замены аргона кислородом появляется устойчивое прилипание.

* Но при 12-часовом контакте с водой время прилипания увеличилось до 1 мин.

** Концентрация кислорода в воде при этих условиях была около 30 мг/л.

Состав и структура минерала влияют на время прилипания частиц к пузырьку воздуха. В опытах В. Л. Длугош показано, что для галенита ряда месторождений изменение времени прилипания частиц к пузырьку воздуха в воде неодинаково, однако характер зависимости во всех случаях сохраняется.

Результаты исследования показывают, что кислород, растворенный в воде, действуя на поверхность частиц сульфидных минералов, в первый момент способствует резкому ускорению прилипания к пузырьку свежесобранной поверхности. В этом случае частицы сульфидов прилипают к пузырьку воздуха даже при малом времени соприкосновения. Дальнейшее окисление поверхности повышает смачиваемость; прилипание к пузырьку, если и возможно, то при значительно большем времени контакта. Характер изменения свойств поверхности специфичен для каждого минерала. Поверхность частиц ряда сульфидов в течение длительного времени нахождения в воде мало изменяется и сохраняет гидрофобные свойства. Еще медленнее соответствующие изменения происходят при контакте сухих сульфидных частиц с воздухом. Приведенные результаты подтверждены нами флотацией в воде вышеуказанных минералов в специальной бескислородной установке ⁽⁶⁾.

Институт горного дела
Академии наук СССР

Поступило
22 III 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. С. Богданов, С. Д. Суховольская, М. Ш. Филановский, Сборн. Вопросы теории флотации, 1941. ² М. А. Эйгелес, Основы флотации несulfидных минералов, 1950. ³ П. А. Ребиндер, Физико-химия флотационных процессов, 1933. ⁴ И. Н. Плаксин, С. В. Бессонов, Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1948). ⁵ И. Н. Плаксин, ДАН, 66, № 1 (1949). ⁶ С. В. Бессонов, И. Н. Плаксин, Изв. АН СССР, ОТН, № 1 (1954). ⁷ В. А. Глембоцкий, Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1953). ⁸ A. F. Taggart, T. C. Taylor, C. R. Ince, Am. Inst. Mining Met. Eng., Trans. Milling Methods, 285 (1930). ⁹ И. Уорк, Принципы флотации, 1943.