

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. И. КЛАССЕН и член-корреспондент АН СССР И. Н. ПЛАКСИН

**К МЕХАНИЗМУ ДЕЙСТВИЯ АПОЛЯРНЫХ РЕАГЕНТОВ
ПРИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ**

Аполярные реагенты, широко применяемые в качестве собирателей при обогащениях каменных углей и различных руд, оказывают специфическое влияние на флотацию, значительно увеличивая верхний предел крупности флотируемых зерен. До сих пор причины такого действия аполярных реагентов установлены лишь в самом первом приближении. По существующим представлениям, эти реагенты образуют на достаточно гидрофобных минеральных поверхностях пленку, еще более повышающую гидрофобность этих поверхностей. Краевой угол смачивания возрастает и, в соответствии с уравнением Кабанова — Фрумкина ⁽¹⁾, минеральные зерна более устойчиво закрепляются на пузырьках воздуха.

Мы ранее предполагали ^(2, 3), что отмеченное действие аполярных реагентов при флотации может быть связано также с образованием ими «нити» вдоль трехфазного контура прилипания; это явление в общем виде было описано Д. Л. Талмудом и С. Е. Бреслером ^(4, 5). Результаты экспериментальных исследований, приведенные ниже, подтвердили это предположение.

Нами было исследовано взаимодействие керосина и декалина с зернами каменных углей. Реагенты окрашивались в красный цвет аполярным красителем и эмульгировались в воде механическим перемешиванием*. В эмульсию помещались зерна каменного угля средней стадии углефикации и в бинокулярный микроскоп наблюдалось поведение реагента. Опытами установлено следующее.

1. Капельки эмульсии — как керосина, так и декалина, закрепляясь в водной среде на угле, не растекаются по его поверхности и не образуют таким путем видимой пленки. При тонком эмульгировании реагентов и достаточно длительном контакте эмульсии с угольными зернами на поверхности последних образуются скопления мельчайших капелек эмульсий реагентов. Отметим, что такое поведение аполярных реагентов предполагалось и ранее ⁽³⁾.

2. Аполярные реагенты (декалин, керосин и др.) легко образуют в воде устойчивые тонкодисперсные эмульсии. Очевидно, что примененные в опытах реагенты содержат примеси поверхностно-активных веществ-эмульгаторов в количествах, достаточных для придания высокой устойчивости концентрированным эмульсиям. В частности, тонкие эмульсии керосина очень медленно образуют видимую пленку на поверхности воды.

3. Если зерна угля всплывают на поверхность воды, в которой эмульгирован аполярный реагент, то по трехфазному периметру смачивания мгновенно образуется каемка аполярного реагента (см. рис. 2). Эта каемка более интенсивно окрашена вблизи поверхности зерен; такая неравно-

* В экспериментальной работе участвовала Л. Ф. Вартаньян.

мерность окраски сохраняется достаточно долго. Сквозь каемку видны капельки эмульсии реагента в воде на поверхности угля.

4. Если на поверхность воды всплывает группа сближенных зерен угля, то участки поверхности воды между ними затянуты пленкой керосина; окраска этой пленки более интенсивна вблизи трехфазного контакта.

Эти наблюдения показывают, что образование сплошной пленки аполярного реагента при флотации углей имеет место, в основном, вдоль периметра смачивания (см. рис. 1 а).

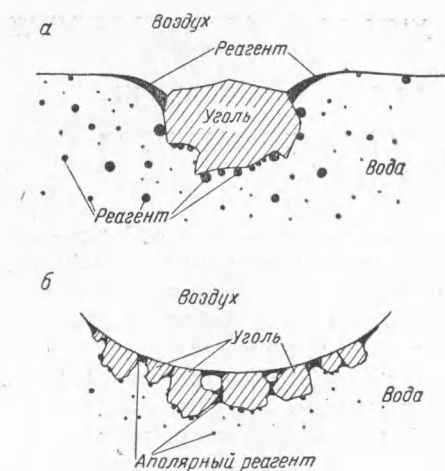


Рис. 1. а — схема закрепления зерна угля на поверхности раздела вода — воздух при участии аполярного реагента; б — схема прилипания группы угольных зерен к пузырьку воздуха в присутствии аполярного реагента

нескольких зерен эта пленка заполняет поверхность пузырька между ними (см. рис. 1 б).

Специфичность поведения капелек аполярных реагентов на границе раздела трех фаз, выражающаяся в мгновенном образовании ими нити вдоль периметра смачивания, была подвергнута теоретическому анализу Л. Э. Гуревичем ⁽⁵⁾. Из этого анализа, в частности, следует, что вытягивание капли всегда должно происходить в том случае, если реагент не растекается полностью по поверхностям, ограничивающим линию трехфазного контакта. В принципе линейное вытягивание капли имеет место при любых значениях угла, образованного этими поверхностями. Но при острых углах (т. е. в случаях более слабого прилипания зерен в пузырькам) вытягивание капелек происходит лучше.

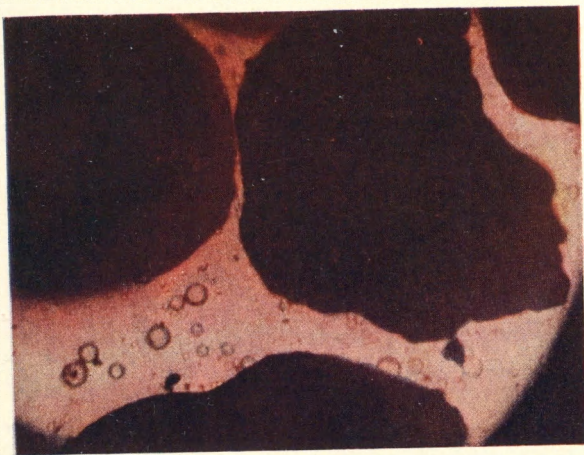
В литературе указывалось, что при флотации крупных зерен решающую роль играет прочность закрепления зерна на пузырьке ⁽²⁾; именно последняя определяет возможность и вероятность флотации крупных зерен. При увеличении величины зерен прочность их прилипания возрастает пропорционально первой степени линейных размеров зерен, отрывающие же силы — пропорционально пятой степени этих размеров.

Наличие пленки аполярного реагента вдоль трехфазного периметра контакта значительно повышает прочность прилипания зерна к пузырьку. Это может быть связано с образованием большего краевого угла смачивания аполярным реагентом с минеральной поверхностью в зоне трехфазного контакта. Возможно также, что известную роль играет увеличение эластичности поверхности пузырька и гистерезиса смачивания.

Флокулирующее действие аполярных реагентов приводит к образова-

зует круглой «нити», по мере удаления от поверхности постепенно утоньшается. Уменьшение интенсивности окраски может скорее всего явиться следствием именно такого утоньшения пленки и не может быть связано ни с диффузией краски к поверхности угля (изменение цвета возникает в момент образования пленки и достаточно устойчиво во времени), ни с образованием мениска воды вблизи зерна угля (в горизонтальный микроскоп видно, что размеры такого мениска и участков пленки с разной интенсивностью окраски не совпадают).

Указанные наблюдения, очевидно, справедливы для случаев закрепления зерен на плоской и на изогнутой границах раздела вода — воздух. Следовательно, в случае прилипания угольных зерен к пузырькам воздуха при пенной флотации вокруг площади прилипания образуется пленка реагента. При прилипании



a



б



в

Рис. 2. Микрофотографии зерен угля, закрепившихся на поверхности воды, после контакта с эмульсией аполярного реагента (окрашенного в красный цвет).
a, в — $\times 500$; *б* — $\times 300$

нию на поверхности пузырька устойчивой корки, состоящей из отдельных зерен угля. Такая «флокулярная» флотация также способствует извлечению в пену более крупных зерен.

Наблюдения по влиянию аполярных реагентов на флотацию самых различных минералов — самородной серы, молибденита, гидроборацита, фосфатов и др. — позволяют считать, что описанный механизм действия этих реагентов имеет достаточно общий характер.

Поступило
30 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. Кабанов, А. Фрумкин, ЖФХ, 4, в. 5 (1933). ² В. И. Классен, В. А. Мокроусов, Введение в теорию флотации, 1953. ³ В. И. Классен, Элементы теории флотации каменных углей, 1953. ⁴ Д. Талмуд, ЖФХ, 2, в. 5 (1931). ⁵ Д. Л. Талмуд, С. Е. Бреслер, Поверхностные явления, 1934.