

§ 116. Поверхностноактивные вещества

Как было пояснено, свободная энергия жидкой поверхности стремится принять возможно меньшее значение. Эта свободная энергия, как мы видели, выражается произведением поверхностного натяжения на величину поверхности. Каждый из этих множителей стремится уменьшиться, поскольку к этому представляется возможность. В § 114 были приведены примеры, когда уменьшается поверхность; теперь рассмотрим случай, когда уменьшается поверхностное натяжение.

Вода имеет большое поверхностное натяжение (около 70 *дин/см* при комнатной температуре); поверхностное натяжение многих других жидкостей меньше (около 20—40 *дин/см*). Примешаем к воде другую жидкость с меньшим поверхностным натяжением. Тогда молекулы этой второй жидкости заменят собой молекулы воды в поверхностной пленке, которая и будет состоять главным образом (а может быть, и целиком) из молекул примешанного вещества; в итоге свободная энергия уменьшится на значительную величину.

Вещество, которое, будучи примешано к жидкости, уменьшает поверхностное натяжение этой жидкости, называется *поверхностноактивным* по отношению к этой последней.

Наиболее обычный пример поверхностноактивного вещества представляет собой мыло. Вода, в которой растворено мыло, покрыта поверхностной пленкой, целиком состоящей из молекул мыла. Молекула мыла, имеющая довольно сложный химический состав (например, $C_{18}H_{35}KO_2$), представляет собой как бы длинную цепочку из атомов углерода, окаймленную по всей ее длине атомами водорода и оканчивающуюся с одной стороны тремя атомами водорода, с другой стороны — группой из атомов кислорода и калия (или натрия). Водородный конец «слаб» — он не обнаруживает заметного притяжения к другим атомам; наоборот, кислородно-калиевый (или натриевый) конец «силен» — он энергично притягивается, например, к атомам водорода, входящим в состав воды. В результате оказывается, что молекулы мыла как бы стоят на поверхности воды, погружаясь в нее своим «сильным», или, как говорят, *полярным* концом. Толщина поверхностной пленки мыла равняется длине одной молекулы (около 10^{-7} *см*). Такое строение поверхностной пленки было обнаружено американским физиком Ленгмюром; оно показано схематически на рис. 233.

В противоположность поверхностноактивным веществам многие вещества (сахар, различные соли) увеличивают поверхностное натяжение воды. Если на чистой водной поверхности плавает лег-

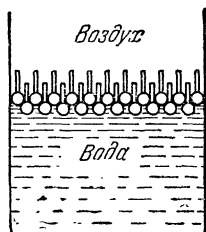


Рис. 233. «Ленгмюровский частокол» на поверхности раствора.

кий несмачиваемый ею порошок (тальк, ликоподий) и если поблизости прикоснуться к поверхности воды куском сахара, то плавающие тельца притягиваются к сахару вследствие того, что подсахаренная вода имеет большее поверхностное натяжение, чем чистая (если вместо сахара прикоснуться куском мыла, то плавающие тельца, наоборот, убегают от него).

Контраст в поведении веществ, понижающих поверхностное натяжение воды, и веществ, повышающих его, приводит к тому, что вещество второй категории, будучи прибавлено к водному раствору поверхностноактивного вещества, выталкивает еще новые количества этого последнего вещества на поверхность. Поэтому в технике мыловарения прибавляют соль к мыльному раствору, чтобы выделить из него мыло (такая операция называется высаливанием). Этиловый эфир имеет очень небольшое поверхностное натяжение (при комнатной температуре 16 *дин/см*) и потому по отношению к воде является поверхностноактивным. Если достаточное количество эфира примешать к воде, то прежде всего вода вытолкнет на поверхность слой эфирных молекул. Но вследствие слабости притяжения между молекулами эфира и молекулами воды здесь нет необходимости прибегать к высаливанию, чтобы отделить эфир от воды: жидкость сама разделится на два резко отграниченных слоя, причем в верхнем слое будет эфир с примесью малого количества воды, а в нижнем слое — вода с примесью небольшого количества эфира.

На неодинаковой величине молекулярного притяжения друг к другу различных веществ (что, между прочим, проявляется в неодинаковом смачивании различных твердых тел различными жидкостями), а также на влиянии примеси различных солей на поверхностное натяжение растворителя основаны *флотационные*¹⁾ процессы, играющие важную роль в технике обогащения различных руд и в разделении различных металлов друг от друга.

Основная схема флотации дается следующим простым опытом. Нужно взять два маленьких полых стеклянных шарика, которые были бы немного тяжелее вытесняемой ими воды; один из шариков несколько тяжелее другого. Поверхность более тяжелого шарика нужно покрыть тонким слоем жира. Если затем опустить этот шарик в стакан с водой, содержащей много растворенного газа (годится содовая вода), то на шарик начнут оседать в большом количестве газовые пузырьки, которые в конце концов поднимут шарик на поверхность воды. Другой, более легкий, шарик нужно чисто вымыть мылом; опущенный в ту же воду, он будет все время оставаться на дне.

На практике флотационный процесс осуществляется так. Руда, состоящая частью из ценных металлов и соединений металлов с дру-

¹⁾ От французского *flotter* — п л а в а т ь.

гими элементами (как пирит FeS_2 , свинцовый блеск PbS и т. д.), частью из ничего не стоящих каменных пород (известняк, кварцит и т. п.), размалывается в порошок (размер крупинок 0,1—0,01 мм); затем этот порошок взбалтывается (мешалкой или струей сжатого воздуха) с водой и с небольшим количеством какого-нибудь маслянистого вещества, нерастворимого в воде.

При взбалтывании эта смесь вбирает большое количество мелких воздушных пузырьков, которые вместе с жидкими составными частями смеси образуют пену; эта пена равномерно перемешана с твердыми частицами. Если теперь эту пенистую смесь оставить в покое, то каменные и металлические частицы начинают вести себя совершенно различно. Первые лучше смачиваются водой, чем маслом; поэтому они постепенно осядут на дно сосуда, содержащего пену. Металлические же частицы лучше смачиваются маслом, чем водой; благодаря покрывающей эти частицы масляной пленке они крепко пристают к воздушным пузырькам и вместе с ними постепенно всплывают на поверхность, несмотря на свой большой удельный вес. Таким образом, разделение частей руды произведено.

Если разделяемая руда содержит несколько металлов, то, вводя в ванну небольшое количество тех или других химических веществ, можно добиться того, чтобы всплывали кверху только частицы, содержащие определенный металл; таким образом легко разделить данную смесь на части, из которых каждая будет содержать лишь один металл.

Флотацию применяют также к разделению смесей неметаллических веществ.

Схема одного из флотационных аппаратов показана на рис. 234. В камере R пульпа (т. е. взмученная в воде измельченная порода) перемешивается быстро вращающимися винтовыми мешалками r , засасывающими в пульпу большие количества воздуха; образующаяся пена переходит в воронкообразные сосуды S , где каменная порода может спокойно осесть на дно, а всплывшие рудные частицы переходят постепенно через A в отстойные сосуды. Через a вводятся масло и химические вещества.

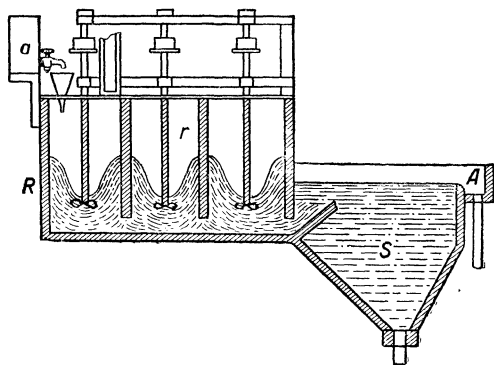


Рис. 234. Схема флотационного аппарата.