

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. С. ВОЮЦКИЙ, К. А. КАЛЬЯНОВА, Р. М. ПАНИЧ и Н. М. ФОДИМАН

**О МЕХАНИЗМЕ ОТФИЛЬТРОВЫВАНИЯ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ
ЭМУЛЬСИЙ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 27 V 1953)

Процесс отфильтровывания дисперсной фазы эмульсий отличается рядом существенных особенностей от процесса фильтрования суспензий.

1. При фильтровании эмульсий на поверхности фильтра обычно не образуется фильтрующего слоя из частиц дисперсной фазы. Глобулы эмульсии либо отлагаются в глубине фильтра на поверхности элементарных волоконцев, что в конце концов приводит к заполнению капилляров дисперсной фазой и к прекращению фильтрования, либо, если эмульсия не слишком агрегативно устойчива, глобулы коалесцируют и дисперсная фаза стекает с фильтра в виде капель.

2. Полнота отфильтровывания дисперсной фазы эмульсии от среды, в отличие от фильтрования суспензий, не зависит от размера капилляров, а почти целиком обуславливается количеством фильтрующего материала, приходящегося на единицу поверхности фильтра. На примере эмульсии воды в технической смеси углеводов нами показано, что если на единицу фильтрующей поверхности приходится достаточно большое количество фильтрующего волокнистого материала, то толщина фильтра, т. е. его плотность, практически безразлична. Это, конечно, можно объяснить только тем, что для фильтрования эмульсии существенно не расстояние между элементарными волокнами фильтрующего слоя, а внутренняя поверхность фильтра.

3. При фильтровании, как мы показали, существует критическая скорость фильтрования. При скоростях больших, чем критическая, сквозь фильтр начинает проходить не одна дисперсионная среда, но вся эмульсия в целом. Это можно объяснить либо тем, что быстро движущаяся по капиллярам среда не позволяет глобулам дисперсной фазы прилипнуть к поверхности волокна, либо тем, что малого времени, в течение которого глобула находится в фильтре, недостаточно для того, чтобы она встретилась с поверхностью волокна и прилипла к нему.

Перечисленные выше особенности фильтрования эмульсий могут быть объяснены, если отказаться от аналогии с процессом фильтрования суспензий и принять, что процесс фильтрования эмульсий определяется в основном поверхностными силами. Для такого взгляда на механизм фильтрования эмульсий имеется достаточно оснований.

В самом деле, в случае фильтрования эмульсий обе фазы способны проходить через капилляры фильтра и, следовательно, действие фильтра как механического сепаратора здесь невозможно. Силами, удерживающими глобулы дисперсной фазы в этих условиях, очевидно, могут явиться только молекулярные силы, обуславливающие прилипание и избирательное смачивание.

С целью подтверждения этого взгляда на механизм фильтрования эмульсий нами была исследована сорбция волокном глобул нестойкой эмульсии воды в технической смеси углеводов. Эмульсия эта получалась нами на специальной установке без применения какого-нибудь специального эмульгатора, и диаметр ее частиц колебался в пределах от 0,5 до 20 μ .

На рис. 1а (на вклейке стр. 1115) приведено микрофото препарата эмульсии, в которую была введена хлопчатобумажная вата. Как можно видеть, глобулы воды не только прилипли к волокну, но и в некоторой степени растеклись по нему, образовав вполне измеримый краевой угол. На рис. 1б приведено микрофото эмульсии, в которую было введено шерстяное волокно. В этом случае все водяные глобулы также прилипли к волокну, хотя их деформации, указывающей на смачивание водой поверхности волокна, здесь не наблюдается.

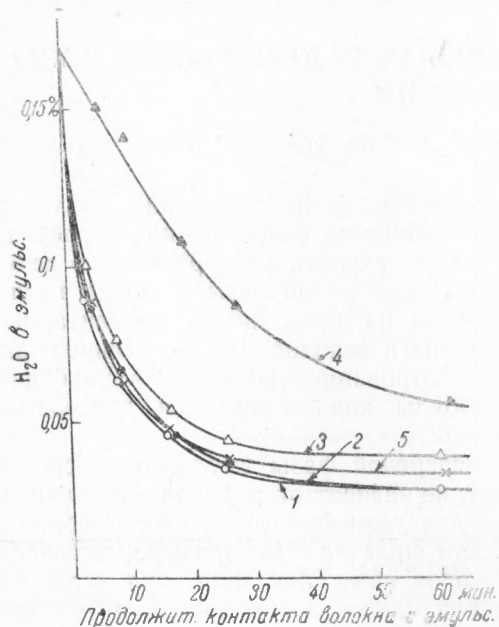


Рис. 2. Влияние природы волокна на разрушение эмульсии воды в углеводородах в зависимости от времени взаимодействия волокна и эмульсии. 1 — хлопчатобумажное волокно; 2 — вискозное волокно; 3 — капроновое волокно; 4 — шерстяное волокно; 5 — контрольный опыт (без волокна)

Количественные опыты по разрушению волокном эмульсии воды в углеводородах также показали, что в этом случае имеет место сорбционный процесс: увеличение навески волокна, т. е. увеличение введенной в эмульсию поверхности, всегда приводило к резкому ускорению ее разрушения. Однако разрушение эмульсии волокном не может быть сведено к термодинамической адсорбции глобул воды на поверхности волоконца. Во-первых, процесс сорбции оказался полностью необратимым; во-вторых, процесс шел непрерывно, вплоть до полного разрушения эмульсии, и равновесной концентрации эмульгированной воды в системе достигнуть было невозможно.

На рис. 2 представлены кинетические кривые разрушения 0,20% эмульсии воды в технической смеси углеводов при введении в 1 л этой эмульсии эквивалентных по удельной поверхности количеств различных волокон — 1,4 г вискозного волокна, 1,0 г гигроскопической ваты, 3,0 г штапельного капронового волокна, 2,30 г шерстяного волокна. Относительная гидрофильность этих волокон f , определенная по методу В. А. Пчелина (1, 2), составляла, соответственно, 14,8; 14,7; 3,4; 2,6.

Как можно видеть, эмульсия разрушалась тем быстрее, чем гидрофильнее волокно. Очевидно, глобулы полярной воды налипают на поверхность волокна тем лучше, чем последняя полярнее. Подобная же зависимость была получена нами не только в статических, но и в динамических условиях сорбции, когда эмульсия пропусклась через рыхлый слой волокна. Наконец, аналогичные результаты были получены с хлопчатобумажным волокном, гидрофилизированным отваркой в растворе щелочи и гидрофобизированным путем веланизации или обработки танидами. Волокно всегда разрушало эмульсию тем лучше, чем оно было гидрофильнее.

Вывод, что эмульсия разрушается тем энергичнее, чем гидрофильнее волокно, имеет, понятно, силу только для эмульсий II рода. В случае эмульсий I рода должны иметь место обратные соотношения.

Все приведенное выше подтверждает, что процесс разрушения эмульсий волокном, лежащий в основе фильтрования эмульсий, заключается в необратимой сорбции дисперсной фазы волокном, причем эта сорбция носит весьма своеобразный характер. Можно думать, что процесс сорбции сводится к столкновению находящихся в броуновом движении глобул воды дисперсной фазы с волокном, к прилипанию глобул к поверхности волоконца и разрыву защитной оболочки глобул и, наконец, к коалесценции глобул с образованием макрокапель.

Впрочем, можно допустить, что процессу сорбции дисперсной фазы волокном предшествует сорбция волокном стабилизаторов, содержащихся в эмульсии.

Положительные результаты проведенных нами опытов по выяснению возможности сорбции смол различными видами волокон как будто подтверждают возможность этого второго механизма в случае фильтрования сквозь волокно эмульсий воды в технических углеводородах.

В заключение всего сказанного о механизме фильтрования эмульсий необходимо остановиться на процессе стекания отфильтрованной дисперсной фазы с фильтра — «самоочищения» фильтра.

Исходя из общих представлений о смачивании, можно сделать предположение, что в случае эмульсий II рода высокая гидрофобность волокна должна способствовать стеканию воды с фильтра, т. е. его самоочищению. В случае эмульсий I рода отношения, очевидно, должны быть обратными.

Эксперимент полностью подтвердил правильность этих предположений. В табл. 1 приведены результаты наших опытов по вытеснению технической смесью углеводородов воды из набитых в трубки хлопчатобумажных волокон, подвергнутых различным гидрофобизирующим обработкам. Поскольку в результате обработки была изменена только природа поверхности волокна, а структура его оставалась одинаковой, результаты этих опытов вполне сравнимы.

Как можно видеть, по мере уменьшения гидрофильности волокна количество воды, вытесняемой смесью углеводородов из волокна, заметно возрастает.

К подобным же выводам привели и опыты, поставленные нами с волокном различной природы. Так например, количество воды, вытесненное из гидрофильного хлопчатобумажного волокна и сильно гидрофобного шерстяного, составляло, соответственно, 43,5 и 61,8%.

Несмотря на способность фильтров из гидрофобных волокон лучше освобождаться от воды, было бы неправильным брать для изготовления самоочищающихся фильтров, сквозь которые фильтруются эмульсии II рода, наиболее гидрофобное волокно. Поскольку для наилучшей сорбции глобул воды и, следовательно, для лучшего разрушения эмульсии фильтрующий материал должен обладать наибольшей гидрофильностью, материал такого фильтра должен обладать некоторой средней гидрофильностью, достаточно высокой для того, чтобы к волокну хорошо прилипали глобулы воды, и достаточно низкой для того, чтобы происходило самоочищение фильтра от скапливающейся в нем воды.

Таблица 1

Волокно	Относит. гидрофильность волокна f (по В. А. Пчелину)	Кол-во вытесней. воды в %
Необработанное хлопчатобумажное волокно	14,7	43,5
То же волокно, подвергнутое обработке танидами	8,2	47,0
То же волокно, подвергнутое обработке веланом	5,6	54,6

В заключение приносим благодарность В. Ф. Калинин за ценные советы и указания при проведении настоящей работы.

Московский институт
тонкой химической технологии
им. М. В. Ломоносова

Поступило
22 IV 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. Пчелин, ЖФХ, 10, в. 3, 458 (1937). ² В. А. Пчелин, Журн. колл. хим., 4, в. 2—3, 241 (1938).