

О влиянии (де)гидратации примеси на селективность мембраны

Вадим Поляков

Институт гидромеханики НАН Украины, г. Киев

Юрий Змиевский

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

Твердые частицы с гидрофильной поверхностью способны удерживать на ней весьма значительное количество воды. Прочность соответствующей пленки существенно зависит от ее толщины и от условий в окружающей частицу водной среде. При ощутимом силовом воздействии извне пленка может утоньшаться вплоть до исчезновения. Если величина негидратированной частицы соразмерна с диаметром пор мембраны, а примесь содержит значительное число подобных частиц, то существует реальная возможность скачкообразного изменения ее избирательности по отношению к такой примеси. С одной стороны рост размеров взвешенных частиц вследствие гидратации может оказаться достаточным для их задержки на входе в мембрану. Очевидно, что тогда селективность мембраны возрастет в соответствии с относительным содержанием таких частиц. С другой стороны степень гидратации некоторых частиц при интенсивном внешнем воздействии будет снижаться настолько, что ранее задерживаемые теперь они будут в состоянии пройти сквозь мембрану. Достаточное для значимой дегидратации частиц воздействие в принципе способны оказывать другие подобные частицы благодаря их броуновскому движению. Очевидно, что с увеличением концентрации взвеси, температуры воды частота столкновений частиц будет расти и эффект от ее дегидратации, как следствие, усиливаться, что выразится в ухудшении селективности мембраны. Отмеченные суждения нашли убедительное подтверждение в исследованиях ряда авторов, а также в собственных экспериментальных исследованиях. Так, из рисунка видно, что селективность обратноосмотической мембраны РМ НаноТех (Россия) резко снижается при достижении концентрации раствора хлорида натрия до значения 40 г/л и выше. Учитывая сказанное ранее, можно предположить, что при этих условиях размер частиц за счет дегидратации уменьшается до величин, которые позволяют им свободно проникать сквозь мембрану. Если размеры ионов хлорида натрия можно считать одинаковыми, то размеры пор мембраны, как правило, имеют определенный разброс. Таким образом, может наблюдаться явление, когда часть пор утрачивают свои селективные свойства, а часть остаются непроницаемыми для частиц.

Наряду с предварительными экспериментальными исследованиями проведен также и теоретический анализ явления (де)гидратации взвешенных частиц и его влияния на пропускную способность мембраны. При моделировании ее избирательного действия по отношению к легко гидратируемой и дегидратируемой примеси при сопоставимых размерах

частиц и пор ключевое значение приобретает закон (де)гидратации. Он описывает изменение объема связанной воды в зависимости от концентрации примеси.

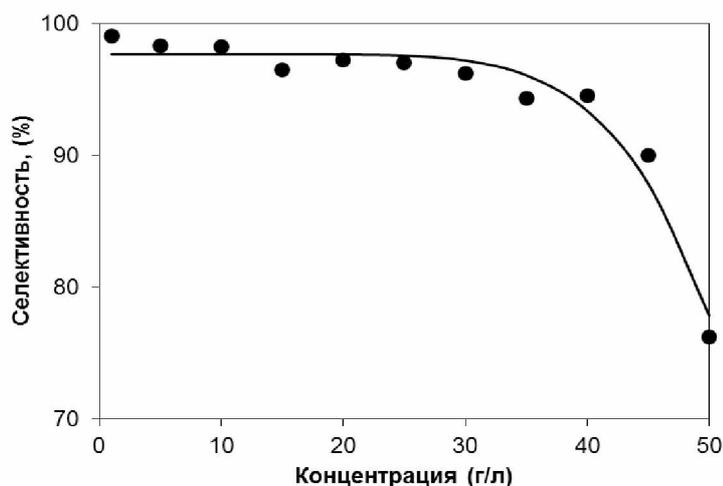


Рисунок Зависимость селективности обратноосмотической мембраны РМ НаноТех от концентрации раствора хлорида натрия. Рабочее давление 4 МПа, температура 25 °С.

Предполагается указанный закон установить путем многократного повторения описанного выше эксперимента при целенаправленно меняющихся условиях его проведения (концентрациях, размерах частиц и пор, температуре и пр.), а попутно найти значение критической концентрации, при достижении которой селективность будет изменяться скачкообразно. Пока же в проведенных аналитических методах исследования *a priori* принималась линейная форма вышеупомянутого закона. В их основе лежит уравнение установившегося вертикального конвективно-диффузионного массопереноса в пределах диффузионного пограничного слоя, которое дополняется традиционными граничными условиями. Решение поставленной математической задачи получено в виде обратной интегральной функции и позволяет с помощью пакетов программ математического анализа (Mathcad и пр.) просто рассчитывать распределение гидратированной взвеси в пределах указанного слоя и в том числе ее концентрацию на поверхности мембраны. Вместе с тем выполнена оценка времени достижения на данной поверхности критической концентрации растворенных веществ, когда следует ожидать резкого ухудшения селективности мембраны. С целью иллюстрации выведенных расчетных зависимостей был рассчитан ряд тестовых примеров. Предметом вычислений стали критическая и поверхностная концентрации. Также оценивалось влияние на (де)гидратацию примеси различных механизмов ее переноса. В целом, судя по уже полученным результатам, можно утверждать, что процессы гидратации и дегидратации дисперсных и растворенных примесей при определенных условиях в состоянии оказывать серьезное влияние на разделение жидких систем мембранными технологиями.