ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В ГЕЛЯХ

Покусаев Б.Г.

*Университет машиностроения
07023, Россия, Москва, ул. Большая Семеновская, д.38*

Различные гели широко используются во многих областях техники, нефтедобыче, медицине и биотехнологиях. Гель – специфическая дисперсная система, состоящая из жидкой дисперсионной среды и связанной за счет межмолекулярных сил в местах контакта высокомолекулярной дисперсной фазы [1,2]. Внешне гель представляется макрооднородной непрерывной средой, однако имеет отличные от нее свойства. Например, на макро масштабах гель является вязкоупругой средой, поскольку проявляет свойства упругости и способен сохранять свою внутреннюю структуру при незначительных механических напряжениях, когда они не превышают межмолекулярные силы сцепления молекул, формирующих дисперсную фазу. При больших напряжениях, когда межмолекулярные связи разрушаются, гель ведет себя как вязкая среда, но способен восстанавливать свою структуру после окончания механического воздействия. При этом механические свойства геля не остаются постоянными во времени, а могут существенно изменяться за счет внутренних процессов перекоагуляции и перекристаллизации, приводящих к самопроизвольному уплотнению дисперсной фазы [3]. Как принято считать, принципиальным отличием переноса вещества в гелях от однородных жидких сред является его перемещение только за счет диффузионного механизма по микроканалам сложной формы и структуры, обгибая макромолекулы дисперсной фазы, взаимодействие с которыми также оказывает влияние на скорость распространения переносимого вещества. В последнее время растет понимание, что законы массопереноса в микроструктурированных средах описываются закономерностями, отличными от закона Фика, даже при использовании его с эффективным коэффициентом диффузии.

В работе экспериментально установлено, что при нестационарном переносе вещества в горизонтальных каналах, заполненных однородной жидкостью, скорость массопереноса существенно превышает вызванную чистой диффузией и зависит от ширины канала. Причина указанного явления обуславливается продольным конвективным движением жидкости в канале со средней скоростью, сопоставимой со скоростью диффузии и убывающей со временем. Это движение вызвано продольным градиентом давления, возникающим за счет превышения плотностью диффундирующего вещества плотности среды переноса. Показано, что при нестационарном массопереносе в горизонтальных каналах с однородной средой переноса наличие открытой поверхности влияет на скорость процесса, особенно на его на чальной стадии. Причина – наличие поверхностных сил, возникающих за счет концентрационно капиллярного эффекта и способных изменить скорость конвективного течения жидкости в канале. Экспериментально получено, что при нестационарном массопереносе в горизонтальных каналах, заполненных микроструктурированной средой (гелем), имеют место те же закономерности, связанные с зависимостью скорости перемещения изоконцентрационных поверхностей от ширины канала, что и для однородной жидкости. Такая аналогия позволяет предположить, что при массопереносе в гелях помимо диффузии имеет место и конвективный перенос. Однако для гелей он заметно меньше, чем для однородной жидкости, из-за высокого гидравлического сопротивления микроструктурированной дисперсной фазы. Визуализация нестационарного заполнения горизонтального тонкого слоя подсушенного геля инертным окрашенным веществом позволила обнаружить фрактальную структуру первоначально сформированного концентрационного фронта. Установлена возможность формирования в геле в начальный момент массопереноса неоднородных объемных зон с различной концентрацией переносимого вещества.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 15_19_00177).

Список литературы:

1. Gels: structures, properties, and functions. Fundamentals and applications / Eds. Tokita M., Nishinary K. //Progress of Colloid and Polymer Science. V. 136. 2009.
2. Pokusaev B.G., Karlov S.P., Vyazmin A.V., Nekrasov D.A. Peculiarities of diffusion in gels // Thermophysics and Aeromechanics. 2013. V. 20. № 6. P. 749.
3. Mitchell J.R. The rheology of gels // Journal of Texture Studies. 1980. V. 11. № 4. P. 315.