

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА БИНАРНЫХ ЖИДКИХ СМЕСЕЙ В КАПИЛЛЯРАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ В ФОРМЕ УРАВНЕНИЯ АБЕЛЯ

Уварова Л.А.

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Россия, 127055, Москва, Вадковский пер., 3а,
+7(499)972-95-20, uvar11@yandex.ru

Моделирование процессов переноса в пористых средах является весьма актуальной задачей. Актуальность обусловлена большим распространением таких сред в природе и технологиях (в том числе, нанотехнологиях). Большой интерес вызывают многокомпонентные системы. Состав таких смесей позволяет интенсифицировать процессы переноса (в частности, процесс испарения). Как известно, многокомпонентный перенос может быть описан на основе уравнений Максвелла – Стефана. Эти уравнения позволяют учитывать влияние внешних сил, что даёт возможность управления массообменом в той или иной технической системе. В настоящей работе рассматривается массоперенос, обусловленный испарением бинарной жидкой смеси в цилиндрическом капилляре. Испарение и массоперенос происходят под действием внешней силы электромагнитной природы.

Соответствующая система уравнений Максвелла – Стефана имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dc_1}{dx} + \gamma_1 c_1 + \gamma_2 c_2 &= \frac{G_1}{nD_{13}} + \frac{nm_1}{\rho_e kT} c_1 c_2 X_2 \\ \frac{dc_2}{dx} + \gamma_3 c_1 + \gamma_4 c_2 &= \frac{G_2}{nD_{23}} + \frac{nm_2}{\rho_e kT} c_1 c_2 X_1 \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь введены обозначения: G_i – поток молекул, c_i – относительная концентрация летучего компонента, m_i – масса молекулы, D_{ij} – коэффициент диффузии, T – температура, n – суммарная концентрация, X_i – сила электромагнитной природы, k – постоянная Больцмана, плотность $\rho_e \approx const$. Через γ_i обозначены коэффициенты, зависящие от параметров задачи, x – продольная координата, направленная от устья к мениску. Концентрация молекул газа, в который происходит испарение, равна: $c_3 = 1 - c_1 - c_2$.

Сведение системы к одному уравнению и замены $z = \frac{dc_1}{dx}$, $\frac{d^2 c_1}{dx^2} = \frac{dz}{dx} = \frac{dz}{dc_1} z$, $u = 1/z$

приводят его к уравнению Абеля первого рода: $u' = f_0 + f_1 u + f_2 u^2 + f_3 u^3$. Дальнейший анализ позволяет получить приближенные решения для концентрации, а с помощью закона сохранения массы определить время испарения. В частности, показано:

- поведение концентраций может качественно отличаться в зависимости от величин действующих сил, температуры и коэффициентов диффузии;
- скорости испарения компонентов разной летучести становятся одного порядка, если действие электрической силы на менее летучее вещество значительно больше, чем на более летучее. Это влияет на время испарения в целом.