

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООСМОСА В МИКРО- И НАНО ПЛЕНКАХ

А.С. Потапов¹, А.В. Беляев¹, С.Р. Мадуар^{1,2}, О.И. Виноградова^{1,2}

¹Лаборатория физико-химии модифицированных поверхностей ИФХЭ РАН, 119071, Москва, Ленинский проспект, д.31, корп.4; e-mail: alexandrows@mail.ru

²МГУ им. М.В. Ломоносова Физический факультет, 119992, Москва, Воробьевы горы, д.1 стр.2

Микро- и наножидкая механика рассматривает поведение потоков жидкостей в каналах и пленках, она находит применение в различных областях – от струйной печати до молекулярной биологии и создания «лабораторий-на-чипе». Одним из перспективных направлений наножидкой механики на сегодняшний день являются устройства логики, такие как наножидкие диоды и биполярные транзисторы, которые используются для направленного переноса ионов. В подобных физических системах вязкость и поверхностные явления преобладают над объемными, и возрастает роль межфазных транспортных явлений. Так, вблизи заряженной поверхности, помещенной в раствор электролита, жидкость приходит в движение под действием тангенциальной компоненты внешнего электрического поля. Это явление, называемое электроосмосом, используется для создания течений жидкости в микроканалах без приложения чрезмерного градиента давления.

Также перспективна комбинация электроосмоса с гидрофобным скольжением, которая может привести к существенному увеличению скорости течения. Ранее было установлено, что граница между жидкостью и гидрофобным твердым телом предполагает наличие разреженного (газового) слоя толщиной несколько нанометров, который и обуславливает проскальзывание жидкости при течении, причем граница жидкость-газ может быть электрически заряженной.

В данной работе представлена континуальная теория течения жидкости в тонких пленках, основанная на уравнении Стокса: $\eta \nabla^2 \vec{U} = -\rho_e \vec{E}$, учитывающая влияние подвижности поверхностного заряда на электроосмотическое течение вблизи гидрофобной границы. Методом диссипативной динамики частиц (DPD) доказана справедливость континуальной теории, предполагающей наличие дополнительной электрической силы на межфазной границе, для широкого диапазона параметров физической системы. Установлено, что подвижность поверхностного заряда может существенно уменьшать скорость электроосмоса вблизи границы жидкость-газ при отсутствии трения, а так же увеличивать его при конечной длине проскальзывания. Исследовано влияние плотности поверхностного заряда, толщины экранирующего дебаевского слоя и длины гидрофобного скольжения на профиль скорости жидкости в пленке электролита для микро- и нано каналов. Кроме того, обнаружен новый эффект, заключающийся в обращенном течении электролита вблизи заряженной границы жидкость-газ при достаточно большой плотности поверхностного заряда.