

Загадки мембран из оксида графена разгаданные и неразгаданные

Чумакова Н.А., лаборатория 0154

Оксид графена (ОГ) – слоистый материал переменного состава с соотношением углерод/кислород в интервале 1.5-3.5. Графеновые плоскости ОГ декорированы различными кислородсодержащими группами (эпоксидными, гидроксильными, карбонильными, и др.), поэтому материал легко набухает в полярных жидкостях и образует устойчивые дисперсии в воде и спиртах. Дисперсия ОГ является отправной точкой для изготовления мембран из оксида графена (МОГ) – слоистых структур, образованных ламелями (слой-пакетами), содержащими от 30 до 150 окисленных графеновых слоев. МОГ обладают уникально селективной проницаемостью для полярных жидкостей близкой природы. Так, скорости прохождения сквозь мембрану воды и этанола могут различаться на несколько порядков. Однако, несмотря на высокую перспективу промышленного применения этого эффекта, механизм прохождения жидкости внутри мембраны до сих пор остается неясным. Также неясно, каким образом влияет на функциональные свойства мембран их внутренняя структура (архитектура), а именно, степень изгиба (рельеф) окисленных графеновых слоев и их ориентационная упорядоченность. Отсутствие фундаментальных знаний о природе селективности МОГ не дает возможности разработать технологию изготовления мембран, обладающих заданными характеристиками.

Настоящая работа посвящена комплексному изучению ОГ и МОГ с использованием спектроскопии ЭПР в варианте методики спинового зонда и сканирующей электронной микроскопии в сочетании с технологией машинного обучения. К настоящему времени удалось установить, что жидкость, интеркалированная в пространство между окисленными графеновыми слоями, может существовать одновременно в виде трех фракций с существенно различной молекулярной подвижностью. Наиболее подвижная (жидкоподобная) фракция воды оказывается существенно закисленной (рН менее 2.0), очевидно, по причине

депротонирования гидроксильных групп, локализованных на внутренней поверхности материала. Также выяснилось, что ориентационная упорядоченность ламелей в МОГ значительно превышает ориентационную упорядоченность окисленных графеновых слоев, что, по-видимому, объясняется значительным изгибом слоев.

Разработанные нами уникальные методики впервые позволили сопоставить архитектуру МОГ с их функциональными свойствами. Показано, что ориентационная упорядоченность слоев в мембранах коррелирует с селективностью их проницаемости для воды, этанола и ацетонитрила. Наиболее упорядоченные мембраны могут быть получены из дисперсий ОГ, представляющих собой нематические жидкие кристаллы.