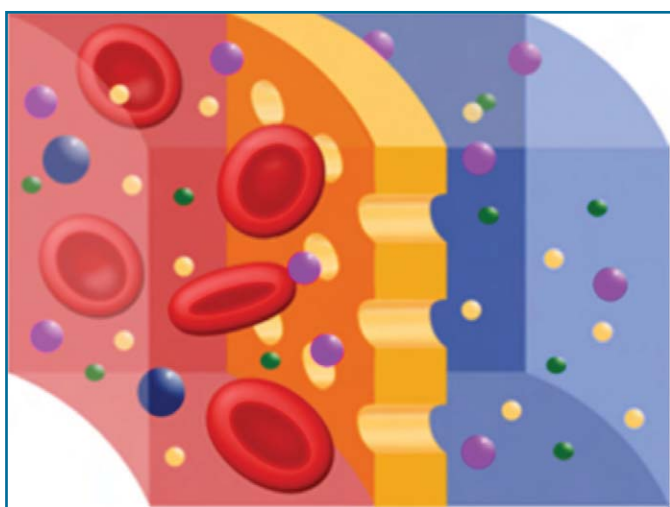


## НАНОМЕМБРАНЫ (Nanomembranes)

*«Всякий раз мы смотрим на вещи не только с другой стороны, но и другими глазами – поэтому и считаем, что они переменялись».*

*Блез Паскаль*



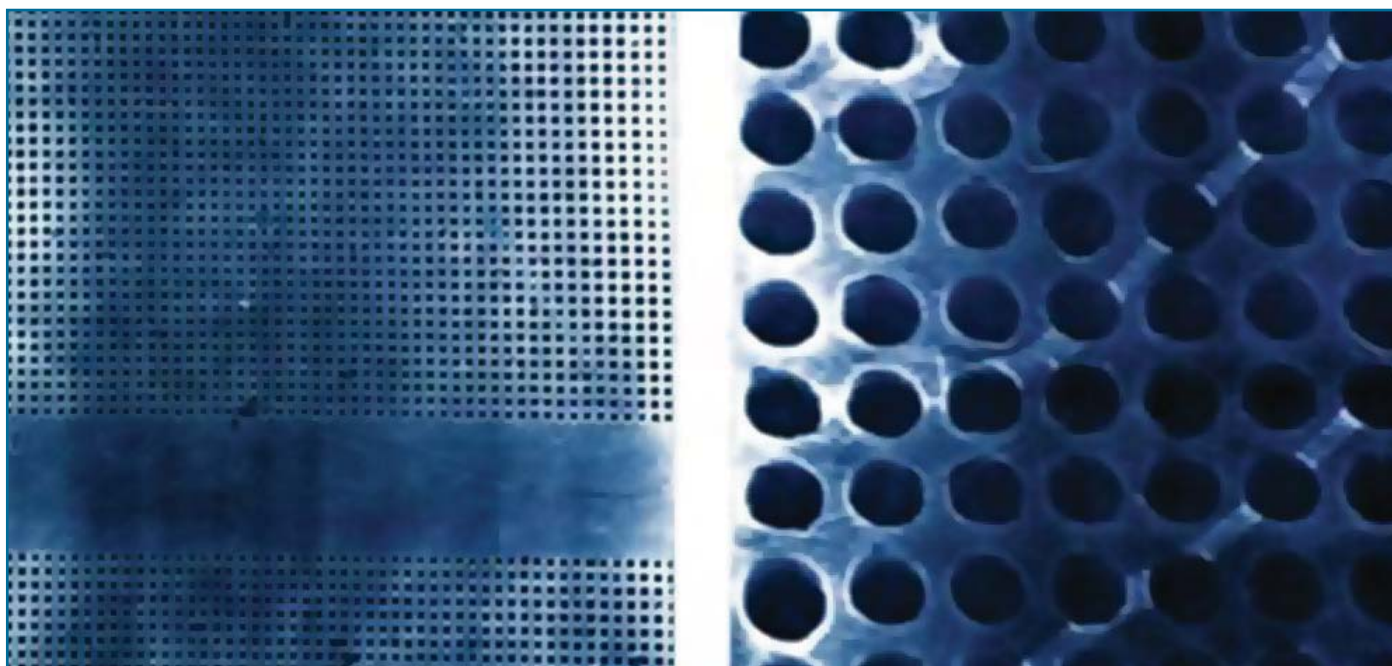
Под мембраной обычно подразумевают тонкую перегородку, разделяющую две среды и выполняющую определенную функцию. Наиболее известны мембраны, имеющие пористую структуру и способные пропускать одни вещества, задерживая другие. Это так называемое свойство полупроницаемости или селективной проницаемости. Впервые это свойство было обнаружено у обычного бычьего пузыря еще в XVI веке. Он способен пропускать молекулы воды, но оказывается непреодолимой преградой для растворенных в воде солей. Если взять стеклянную трубку, дно которой закрыто перегородкой из бычьего пузыря, заполнить ее концентрированным раствором соли и опустить нижним концом в стакан с водой, наблюдается очень интересный эффект: вода из стакана через мембрану проникает в трубку, так что столбик раствора в трубке поднимается высоко над уровнем воды в стакане – это явление носит название «осмоса». Оказывает-

ся, что и каждая клетка живого организма имеет оболочку, обладающую свойством избирательного пропускания веществ, поэтому ее называют клеточной мембраной.

Искусственные мембраны могут быть симметричными однослойными, пронизанными системой соединяющихся однородных пор, и асимметричными двух- или многослойными, представляющими собой крупнопористую высокопроницаемую подложку-перегородку, на которую нанесен тонкий мелкопористый слой (или несколько таких слоев). Мембраны изготавливают из стекла, металла, керамики, полимеров в виде пленок, пластин, трубок и полых нитей.

Отдельную группу составляют ионообменные мембраны. В их структуре содержатся прочно связанные анионные или катионные группы, а соответствующие небольшие по размеру противоионы могут свободно перемещаться сквозь мембрану. Такая перегородка селективно пропускает либо катионы, либо анионы (причем определенного типа) и, соответственно, проводит электрический ток. Ионообменные мембраны применяются в химических источниках тока и в электролизе – чтобы разделить продукты реакции. Например, при электролизе водного раствора поваренной соли с одной стороны мембраны образуется раствор щелочи, а с другой – выделяется хлор.

Наномембранами называют мембраны, которые содержат поры диаметром в доли микрона и менее. В частности, материалы, в которых размер пор строго контролируем и составляет от 2 до 50



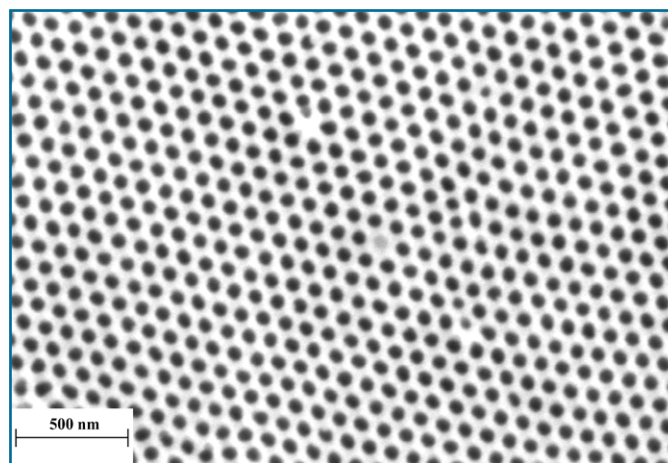
**Рис. 1.** Трековая лавсановая наномембрана с регулярной системой пор диаметром 300 нм. Увеличение 2000х (слева) и 20 000х (справа)

нм, называются *мезопористыми молекулярными ситами*. Мелкие поры способны задерживать очень малые твердые частицы, а также микробы, вирусы, отдельные клетки и даже молекулы. В настоящее время наномембраны эффективно используют для глубокой очистки воздуха и газов, питьевой воды и других жидкостей от твердых частиц и микроорганизмов. Особое применение наномембраны находят в медицине. С помощью них можно выделять вирусы и белки, проводить гемодиализ – разделять компоненты крови, стерилизовать растворы (путем отфильтровывания микроорганизмов), выполнять микробиологический анализ воды. Интересное потенциальное применение связано с биоимплантатами. Клеточную структуру имплантата можно изолировать от остального организма замкнутой наномембраной. Тогда обмен между имплантатом и организмом необходимыми веществами будет осуществляться через нанопоры, а антитела, разрушающие инородные клетки, не смогут проникнуть через мембранный барьер.

Современный способ получения высокоэффективных наномембран – облучение сплошных полимерных пленок ускоренными тяжелыми ионами или продуктами распада радиоактивных элементов. Это так называемые трековые нано-

мембраны (рис. 1). Высокоэнергетические частицы, пролетая через слой полимера, оставляют треки – сквозные каналы диаметром около 10 нм, заполненные продуктами разрушения (деполимеризации) материала. В результате последующей обработки растворителем (процесс травления) на месте каналов образуются поры, диаметр которых можно регулировать в широком интервале от 30 до 1000 нм.

Существует много других методов получения наномембран. Мембраны на основе оксида алюминия с упорядоченными нанопорами создают



**Рис. 2.** Анодированный алюминий – мембрана на основе оксида алюминия с высокоупорядоченными нанопорами (ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова)

анодным окислением поверхности алюминиевой пластины (рис. 2). Нанопоры в пленке кремния образуются в результате кратковременной термической обработки сплошного слоя аморфного кремния. Наномембраны также формируют путем полимеризации органического соединения из раствора или в присутствии поверхностно-активного вещества. В результате ассоциации

молекул последнего образуются цилиндрические каналы диаметром в несколько нанометров, пронизывающие насквозь полученную пленку. Ионообменные мембраны получают из ионообменных полимеров (смола), а также из некоторых неорганических соединений, обладающих ионной проводимостью (диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, оксид висмута и др.).

#### *Литература:*

1. Трековые мембраны нового поколения. В мире науки. 2005. № 12. С. 35. (<http://www.sciam.ru/2005/12/Sciencerf1.shtml>).
2. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 514 с.