

НАНОМОДИФИКАТОРЫ (Nanomodifiers)

«Внешность обманчива».

Крылатое выражение



Все Вы, наверное, читали книги или смотрели фильмы про шпионов, про то, как они надевают форму противника и гримируются, выходя на задание. А возможно, и Вам самим приходилось подстраиваться под те или иные обстоятельства. Мимикрия присуща не только людям – многие животные используют собственную окраску, ста-

раясь выглядеть незаметно на фоне ландшафта, чтобы подкрасться поближе к жертве и внезапно напасть, или же, наоборот, спрятаться от хищника и стать незаметным во враждебной среде. Вспомните хотя бы хамелеона, изменяющего свой цвет во время охоты, рыб, практически незаметных на фоне камней, богомола, изображающего из себя веточку.

Однако среда может быть враждебной не только в осязаемом мире, но и на наноуровне. Любая частица, попавшая в живой организм, (например, в кровоток или межтканевые жидкости) может быть немедленно атакована клетками-стражами, распознающими опасность, – лимфо- и фагоцитами. Но как же тогда ввести лекарство и тем более доставить его к цели так, чтобы оно осталось незамеченным и, тем самым, неиспорченным защитными системами организма? Тем более, что большинство лекарственных препаратов воспринимаются организмом не иначе, как враждебные тела. Часто для достижения сохранности лекарства применяют **нанокapsулы** – специальные «резервуары», в которых лекарство содержится в емкости, покрытой защитной оболочкой. Однако, возможен и другой подход – каждую частицу можно непосредственно покрыть биосовместимыми молекулами, например, полисахаридами или пептидами, так, чтобы мимикрировать поверхность своеобразным маскхалатом, который будет сигнализировать организму: «я – свой!».

Особенно остро проблема модификации поверхности стоит для применения различных типов магнитных и полупроводниковых **наноструктур** в **наномедицине**. В первую очередь это связано с особенностями синтеза таких наноструктур: для предотвращения агрегации на-

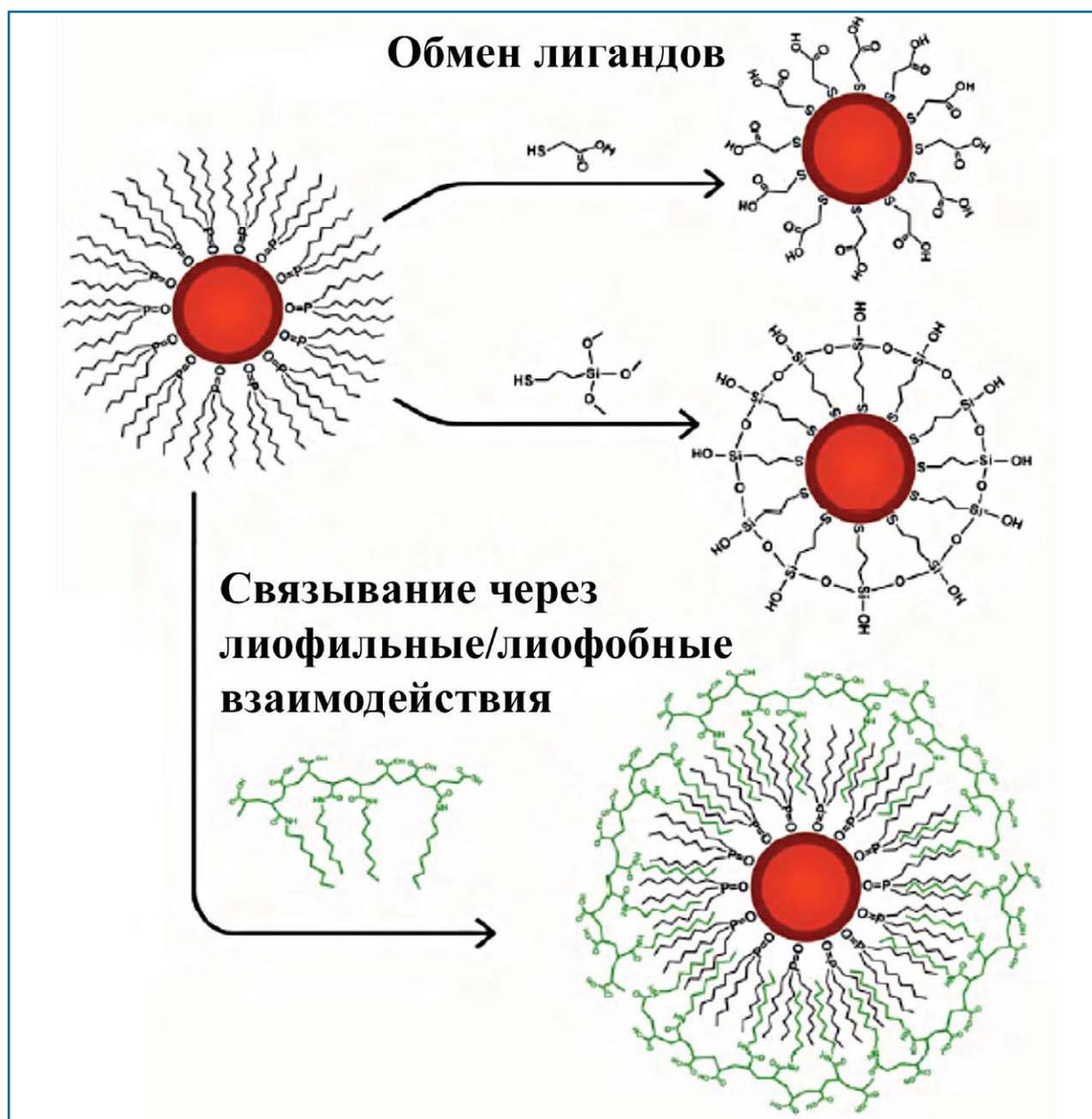


Рис. 1. Методы модификации поверхности наночастиц

ночастицы покрывают оболочкой *поверхностно-неактивного вещества*, причем на внешней поверхности частицы остаются гидрофобные углеводородные цепи ПАВ, торчащие наружу. Такие частицы не растворимы в воде и других полярных растворителях без дополнительной поверхностной модификации.

Поверхностную модификацию наночастиц и называют наномодификацией, а соответствующие агенты, биологические полимеры или поверхностно-активные вещества – наномодификаторами. Все методы, применяемые для наномодификации поверхности частиц, можно разделить на две большие группы (рис. 1):

1. Замену молекул ПАВ, сорбированных на поверхности частиц и имеющих гидрофобную и гидрофильную части, на бифункциональные молекулы;

2. «Обволакивание» частиц дополнительным слоем *амфифильных веществ*, связанным с первичным слоем ПАВ посредством Ван-дер-Ваальсовых взаимодействий между лиофильными (лиофобными) частями молекул. Таким образом, получаемые наночастицы гидрофилизуются за счет полярных (аминных, гидроксильных, карбоксильных) функциональных групп на внешней поверхности дополнительного слоя ПАВ.

Процедуру наномодификации приходится проводить в любой ситуации, когда необходимо изменить сродство поверхности частицы к молекулам растворителя, то есть для перевода гидрофобных частиц в водные растворы или растворения гидрофильных частиц в органических растворителях. При этом обычно предпочтение отдают второму методу, поскольку получаемые частицы оказываются более стабильны, чем те, у которых «родная» оболочка была заменена. Затем возможна дальнейшая функционализация наночастиц, например, с помощью присоединения к поверхностным группам биомолекул – полисахаридов, ферментов или белков. Так, «одевая» наночастицы в «шубы» из органических, биосовместимых молекул и «пришивая» к шубам антитела, селективные к определенным типам клеток, ученые разрабатывают *нанолекарства* для целе-

вой доставки в пораженные органы и лечения на клеточном уровне.

Спектр практического использования приемов наномодификации поверхностей не ограничивается разработкой «нанолекарств». Модифицированные материалы используют в качестве биоматериалов (имплантатов, покрытий медицинских зондов), химических сенсоров и биосенсоров, носителей ферментов, защитных (в том числе и антикоррозионных) и самоочищающихся покрытий, катализаторов и т.д. При этом под защитной оболочкой из полимера может скрываться металлический нанопровод (см. *Нановолокна*), а под мягкой гидрофильной оболочкой *амфифильного вещества* – сверхпрочный наноалмаз, сильный наноманит или люминесцирующее стекло. Вот уж, действительно, внешность – обманчива!

Литература:

1. Bailey R.E., Smith A.M., Nie S. Physica E. 2004. Vol. 25. P. 1–12.
2. Neuberger T., Schoepf B., Hofmann H., Hofmann M., Rechenberg B. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2005. Vol. 293. P. 483–496.