



# СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ

Авторы: А. Ф. Пожарский

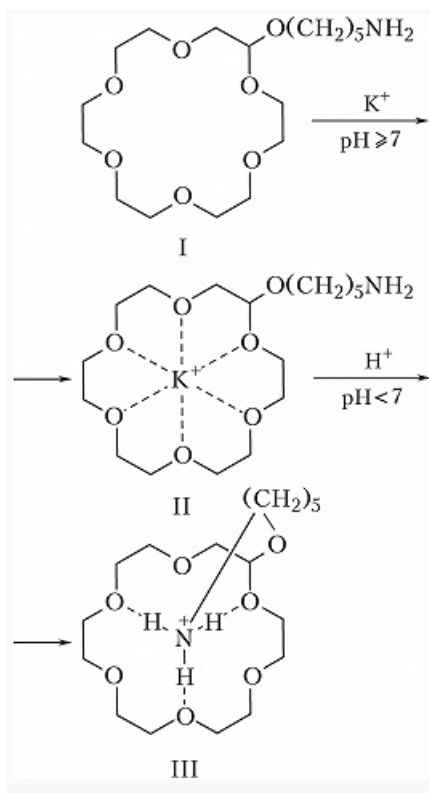
СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ, изучает образование, структуру и свойства частиц, формирующихся в результате избирательной ассоциации двух и более молекул или разл. фрагментов одной и той же молекулы за счёт невалентных взаимодействий: водородных связей, электростатических, дисперсионных и гидрофобных сил, образования металлокомплексов, π-стэкинга, инкапсуляции одной молекулы др. молекулами и т. д. Такие частицы (могут содержать сотни миллионов атомов) называются супрамолекулярными ансамблями. Т. о., термин «С. х.» (букв. – надмолекулярная химия) относится к области знаний, лежащей за пределами молекулярной (классической) химии (назв. произошло от лат. *supra* – над, сверх).

В природе супрамолекулярные объекты встречаются преим. в живых организмах, где благодаря специфическим структурным особенностям выполняют функции хранения, передачи и реализации генетич. информации, служат переносчиками др. частиц, биокатализаторами, осуществляют матричный синтез. Образование супрамолекулярных структур – закономерный результат химич. эволюции материи: от элементарных частиц до атомов и простейших молекул, далее на определённом этапе к молекулам, прежде всего органическим, проявляющим способность к множественным невалентным взаимодействиям (кооперативный эффект), обусловленным геометрич. и энергетич. соответствием молекул. Избирательность этого процесса позволяет молекулам распознавать друг друга и самоорганизовываться, приобретая определённые пространственные формы, способные к обратимым изменениям. При соответствующих внешних условиях из таких супрамолекулярных ансамблей, способных самовоспроизводиться, формируются живые клетки.

В живых организмах функционируют тысячи разл. супрамолекулярных структур (нуклеиновые кислоты, ферменты, сложные белки и т. д.) и реализуется ещё большее число супрамолекулярных взаимодействий. Важнейший пример гигантских супрамолекулярных структур – [дезоксирибонуклеиновые кислоты](#) (контурная длина достигает 2 м), построенные из двух комплементарно связанных водородными связями полинуклеотидных цепей, самоорганизующихся в ядре живой клетки в компактную надмолекулярную структуру. Со способностью ДНК распознавать др. молекулы связаны осн. генетич. процессы – репликация, транскрипция и рекомбинация. Один из примеров молекулярного распознавания в живой природе – способность организма поддерживать свою целостность и биологич. индивидуальность путём распознавания, отторжения и уничтожения молекул чужеродных веществ при участии белковых рецепторов ([иммунитет](#)).

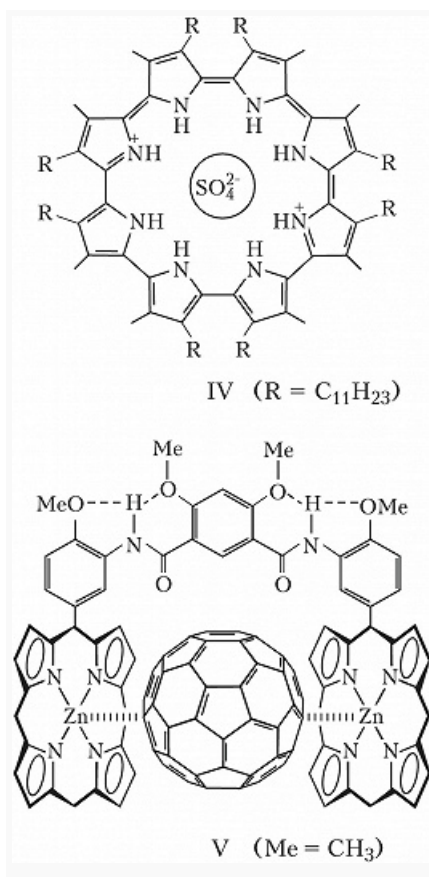
Образующиеся за счёт слабых взаимодействий супрамолекулярные структуры вследствие кооперативного эффекта (наличия большого числа связывающих центров) могут быть очень устойчивыми. При определённых условиях (действие катализаторов, изменение рН среды, скачок электрич. потенциала или перепад давления) ансамбли способны обратимо диссоциировать (полностью или частично) на индивидуальные компоненты, способные к самостоят. существованию.

С. х. – одна из самых молодых областей химии, стремительное развитие которой связано в первую очередь с



началом систематич. изучения [макроциклических комплексных соединений](#) в 1960-х гг. (наибольший вклад в эту область внесли Ч. [Педерсен](#), Д. [Крам](#) и Ж. М. [Лен](#), удостоившиеся в 1987 Нобелевской пр.). Однако некоторые представления и концепции С. х., а также мн. супрамолекулярные структуры известны значительно раньше (работы Г. [Дэви](#), Ф. [Вёлера](#), П. [Эрлиха](#), Й. Д. Ван дер [Ваальса](#) и др.). К нач. 21 в. лабораторным путём синтезированы тысячи супрамолекулярных структур и предложено их использование в мед. химии (напр., для целевой доставки в больные клетки лекарств), биотехнологии, катализе, информатике, материаловедении, экологии, аналитич. химии и т. д. Получены новые классы соединений, склонных к образованию супрамолекулярных структур: [клатраты](#), [краун-эфиры](#), [криптанды](#), [катенаны](#), [координационные полимеры](#), [дендримеры](#) и др.

Один из крупных разделов С. х. – т. н. контейнерная химия, или химия соединений, способных реализовывать взаимодействия типа «хозяин – гость». Синтезированы соединения, выполняющие роль «хозяина», т. е. способные к эффективному распознаванию и связыванию разл. катионов, анионов, нейтральных молекул. Напр., краун-эфир с группой  $\text{NH}_2$  в боковой цепи (формула I) в нейтральной или щелочной среде даёт устойчивый комплекс с ионами  $\text{K}^+$  (II), но в кислой среде образуется катион типа III и ион  $\text{K}^+$  вытесняется из полости эфира ионом аммония за счёт большей устойчивости трёх водородных связей  $\text{N}^+\text{H}\cdots\text{O}$ . Эта супрамолекулярная структура имитирует работу клеточной мембраны, регулирующей концентрацию протонов и ионов  $\text{K}^+$  ( $\text{Na}^+$ ) внутри клетки. Комплекс IV предложен для очистки жидких радиоактивных отходов от сульфат-ионов. Примером связывания нейтральных молекул может служить супрамолекулярный ансамбль V: молекула фуллерена удерживается, как пинцетом, двумя цинкпорфириновыми фрагментами предположительно за счёт  $\pi$ -стэкинга (взаимодействия  $\pi$ -электронов).



## Литература

Лит.: Стид Дж. В., Этвуд Дж. Л. Супрамолекулярная химия: В 2 т. М., 2007; Balzani V., Credi A., Venturi M. Molecular devices and machines. 2nd ed.

Weinheim, 2008; Pozharskii A. F., Soldatenkov A. T., Katritzky A. R. Heterocycles in life and society. 2nd ed. Chichester; N. Y., 2011.