Симметрии и асимметрии, хиральность, иерархичность молекулярно-биологических систем как физические «инструменты» природы в процессах происхождения живых клеток. Нуклеиновые кислоты, белки и мембраны как молекулярные биологические машины.

Вторая часть курса была посвящена основам живой системы, причинам и способам ее возникновения, объясняла свойства мембраны и были затронуты начала работы некоторых структур в клетке. Начнем с примеров автоволновой самоорганизации в активных средах живой и неживой природы. Кольца в агате, возникшие при застывании лавы на древней Земле. И семеня подсолнуха, собравшиеся вокруг центра цветоложа. Фигуры похожи, а причины различны. Но обе они – следствие самоорганизации. Но при этом есть принципиальная разница между возникающими регулярными структурами в неживой и живой природе. В первом случае – это проявление стихийной самоорганизации в системе. Регулярность биологических систем является следствием биологической эволюции, закрепившим их эффективность при функционировании как биологическую целесообразность. Основой процессов самоорганизации в активных средах является возможность возникновения в них автоколебательных и автоволновых режимов, приводящих к эволюционированию систем, их пространственно-временной регуляризации. Известным примером одномерной биологической активной среды является нервное волокно, по которому без затухания могут последовательно распространяться нервные импульсы. Рост тромба обеспечивается распространением в крови концентрационной тромбиновой автоволны. При этом в зоне за движущемся фронтом этой волны создаются условия для зарождения еще одной автоволны – волны торможения свертывания. Последняя, двигаясь с большей, чем первая скоростью на некотором расстоянии от места повреждения сосуда настигает тромбиновую волну, останавливая дальнейшее свертывание.

Но перейдем к рассмотрению еще более глубоких уровней жизни к составу ДНК и белков. Самой мелкой структурой составляющей ДНК является нуклеиновая кислота, которая в свою очередь состоит из пиримидинового кольца или пуринового, остатка фосфорной кислоты и азотистого основания. Нуклеотиды объединяются в длинную цепочку формируя половину структуры ДНК, а ей соответствуя принципам комплиментарности соединяется вторая цепочка. Эта длинная лента заворачивается в спираль, благодаря водородным взаимодейсвтия, дисульфидным мостикам, ионным контактам. После, эта спираль сматываетсяв нуклеосому, ряд сближенных нуклсомеров формируют 20-30-нанометровую фибриллу. Третий уровень - хромомерный. Петли фибрилл ДНП, скрепленные негистоновыми белками, образуют розетковидные структуры. На четвертом - хромонемном уровне происходит их сближение с образованием структур, состоящих из петлевых доменов. На следующем, пятом, уровне компактизации, характерном для хроматид, происходит спиральная укладка хромонемных нитей. Для белков же ситуация схожая: первичной, самой простой структурой является полипептидная цепь, т. е. нить аминокислот, связанных между собой пептидными связями. В первичной структуре все связи между аминокислотами являются ковалентными и, следовательно, прочными .Следующий, более высокий уровень организации - это вторичная структура, когда белковая нить закручена в виде спирали. Между группами -СООН, находящимися на одном витке спирали, и группами -NH2 на другом витке образуются водородные связи. Они возникают на основе водорода, чаще всего находящегося между двумя отрицательными атомами. Водородные связи слабее ковалентных, но при большом их числе обеспечивают образование достаточно прочной структуры. Нить аминокислот (полипептид) далее свертывается, образуя клубок, или фибриллу или глобулу, для каждого белка специфичную. Таким образом, возникает сложная конфигурация, называемая третичной структурой . Связи, поддерживающие третичную структуру белка, также слабые. Они возникают, в частности, вследствие гидрофобных взаимодействий. Это силы притяжения между неполярными молекулами или между неполярными участками молекул в водной среде. Гидрофобные остатки некоторых аминокислот в водном растворе сближаются, "слипаются" и стабилизируют, таким образом, структуру белка. Кроме гидрофобных сил, в поддержании третичной структуры белка существенную роль играют электростатические связи между электроотрицательными и электроположительными радикалами аминокислотных остатков. Третичная структура поддерживается также небольшим числом ковалентных дисульфидных -S-S-связей, возникающих между атомами серы серусодержащих аминокислот. Надо сказать, что и третичная; структура белка не является конечной. К макромолекуле белка нередко оказываются присоединенными макромолекулы такого же белка или молекулы иных белков. Благодаря соединению нескольких молекул белков между собой образуется четвертичная структура. Если пептидные цепи уложены в виде клубка, то такие белки называются глобулярными. Если полипептидные цепи уложены в пучки нитей, они носят название фибриллярных белков.

Жизнь на Земле построена на основе углерода. Углерод может образовывать четыре равноценные химические связи, направленные как бы из центра правильного тетраэдра к его вершинам. К хиральным веществам относятся соединения, включающие асимметричный атом углерода с четырьмя различными заместителями, имеющими с ним ковалентные связи. Они образуют зеркальные изомеры - энантиомеры, обладающие оптической активностью – способностью вращать плоскость поляризации света (L – влево, D – вправо). Обычный пример: L–аминокислоты и D–сахара. Молекулярная асимметрия в биосфере однозначно реализуется на генетическом уровне и в биосинтезе. Появилось понятие «хиральная чистота биосферы». Все нуклеотиды в живой клетке являются D-энантиомерами, и закручены в право, при вторичном закручивание сменяется направление и поулчается L- спираль, после этого при третичном закручивании получаемся D- спирать, после этого снова L-спираль. Аналогичная ситуация происходит и в молекулах белков, когда с L-аминоксилот при каждом последующем уровне упаковки меняется направление спирализации L-D-L-D. На неравновесной из-за испарения воды поверхности мирового Океана может происходить накопление «левых» аминокислот и «правых» сахаров. Там же возникали и заключенные в липидные оболочки предшественники живых клеток, характеризовавшиеся хиральной и ионной (клетки накапливают калий в обмен на натрий морской воды) асимметриями. Бифуркация, в результате которой появились две неравновесные несимметрии, фундаментальные для живых систем, могли возникнуть и, вероятно, возникли в одно и то же время и в одном и том же месте в ходе общих процессов. Это место – неравновесная граница океан-атмосфера. Инвертированность ионного состава “холодной пленки” наиболее ярко проявляется при образовании “пленочных” микробрызг, возникающих при разрыве пузырей воздуха, поднимающихся на поверхность морской воды. Более тяжелые “реактивные” капли, как правило, падают обратно. Поведение пленочных микробрызг, обогащенных калием и кальцием и имеющих размеры, сравнимые с клеточными (примерно 100 мкм), более сложно. Если на поверхности раствора находится разреженный монослой фосфолипидов, то при разрыве на ней пузырьков воздуха образуются липидные везикулы, захватывающие раствор из поверхностного слоя, обогащенный ионами калия и кальция и L-аминокислотами.

Подобные образования могут рассматриваться как прототипы клеток, способные служить объектами отбора в процессе биологической эволюции. Так, липиды формиурют бислои за счёт гидрофобности и гидрофильности.

Ио́нные кана́лы — порообразующие белки (одиночные либо целые комплексы), поддерживающие разность потенциалов, которая существует между внешней и внутренней сторонами клеточной мембраны всех живых клеток. Относятся к транспортным белкам. С их помощью ионыперемещаются согласно их электрохимическим градиентам сквозь мембрану. Такие комплексы представляют собой набор идентичных или гомологичных белков, плотно упакованных в липидном бислое мембраны вокруг водной поры. Каналы расположены в плазмалемме и некоторых внутренних мембранах клетки.Через ионные каналы проходят ионы Na+ (натрия), K+ (калия), Cl− (хлора) и Ca2+ (кальция). Из-за открывания и закрывания ионных каналов меняется концентрация ионов по разные стороны мембраны и происходит сдвиг мембранного потенциала.Канальные белки состоят из субъединиц, образующих структуру со сложной пространственной конфигурацией, в которой кроме поры обычно имеются молекулярные системы открытия, закрытия, избирательности, инактивации, рецепции и регуляции. Ионные каналы могут иметь несколько участков (сайтов) для связывания с управляющими веществами.

Способность к движению – одно из характерных свойств живых организмов. Обусловлено превращением химической энергии, освобождающийся при гидролизе АТФ, в механическую. Белковые структуры, участвующие в гидролизе АТФ и генерации силы, это либо миозин и актин, либо кинезин и тубулин. При мышечном сокращении механическая работа осуществляется оргнаизованными в надмолекулрные структуры ферментом – АТФазой миозина и актином.