***примеры автоволновой самоорганизации в активных средах неживой и живой природы***

Живые системы составлены сотнями разных активных сред, и активная среда – это самый естественный способ формирования регулярных систем, он перешел из неживой природы в живую, когда живая природа научилась воспроизводить «паттерны» - самопроизвольные спонтанные конструкции, возникающие в неживой природе. Проследить это можно на примере реакции Белоусова, когда, в ходе гомогенной окислительно-восстановительной реакции с участием серной кислоты, малоновой кислоты и бромата калия, в тонком слое жидкости реакция Белоусова становится распределенной активной средой, и раствор меняет цвет. В этой реакции точечные осцилляторы – другие системы, совершающие колебания, чьи показатели распределены во времени – взаимодействуют друг с другом, что сопровождается появлением центрических автоволн, образующихся вокруг так называемых «водителей ритма» или «пэйсмейкеров» - спонтанно возникающих центров колебаний. «Пэйсмейкеры» уничтожают конкурентов и втягивают всю систему в работу со своей частотой, что похоже на образование лишайников на камне, что является простейшим примером конкуренции в живой природе.

***типы симметрий и механизмы смены симметрий в автоволновых паттернах активных сред***

Стоит отметить, что системы самоорганизации в активной среде всегда подобны. Их физические механизмы могут быть разными, но внешние проявления всегда одинаковы. Для объяснения данного утверждения, нам необходимо рассмотреть типы симметрий в автоволновых паттернах активных сред.

При условии, когда в активной неоднородной среде происходит запуск автоволны, и при столкновении ее с внешним препятствием, может произойти обрыв фронта волны, вследствие чего волна станет спиральной. Когда мы разрываем волну в однородной среде, то правых и левых спиралей всегда образуется поровну, а если разорвать спираль еще раз, то внутри нее будут появляться другие, и степень симметрии будет повышаться.

Так, возвращаясь к данному нами утверждению о том, мы можем рассмотреть для примера внешний вид циклона и галактики – они оба являются вложенными спиралями высокой степени, что еще раз подтверждает, что системы самоорганизации в активной среде проявляются похоже.

***бифуркационный характер развития нелинейных природных систем***

критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределённость: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдёт на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности. Так спиральной плоская волна может стать, пройдя точку бифуркации – в ней система резко меняет свое направление, забыв, какой она была до этой точки.

***линейные соотношения взаимности Л.Онзагера и теорема И.Пригожина для производства энтропии в открытых системах***

Пригожин придумал свою теорему термодинамики неравновесных процессов, которая звучит как: «При внешних условиях, препятствующих достижению равновесия системой, стационарному состоянию соответствует минимум производства энтропии. Если таких препятствий нет, производство энтропии достигает абсолютного минимума – нуля». То есть, говоря проще, в стационарном состоянии система экспортирует минимум энтропии, беспорядка, и если в ней, к тому же, устоялся стационарный процесс, то она минимально беспокоит окружающую среду. Если же система в равновесии, то она обладает максимум энтропии.

   В термодинамике необратимых процессов Ларс Онзагер сформулировал следующее положение: при небольших отклонениях от равновесия термодинамический поток можно представить в виде линейной комбинации термодинамических движущих сил. Ларс Онзагер описал стационарную систему через потоки, используя первый и второй законы Ньютона. Как правило, все физические системы имеют дело с трением, оно пропорционально скорости, следовательно, скорость пропорциональна силе. Получается, что мы имеем дело с реальной термодинамической ситуацией. Действительно, есть сила Х, и любой поток (сколько частиц проходит через сечение), поток пропорционален некоторому коэффициенту силы. Если есть один поток, то будет и другой – в природе нет процессов, не связанных между собой, один процесс обязательно затрагивает другой, и если поток тепла в нагретой с одного конца трубке с газом тянет поток вещества, то и поток вещества точно так же будет рождать поток вещества. Это происходит около точки нуля, являющейся областью стационарного состояния. В линейной области же один поток обязательно зацепляет другой, а то и второй, и третий.

***принцип симметрии Кюри-Пригожина относительно запрета на сопряжение процессов с понижением степени симметрии в линейной области***

Все в природе, даже в линейной области, сцеплено одно с другим. И, конечно же, существуют различные способы движения этих процессов. Например, в неравновесных процессах энергия может «перетекать» туда, где ее меньше. Такие процессы бывают: скалярными – никуда не направлены, кроме как во времени; векторными – направленный процесс движения; тензорными – упругие напряжения во всем пространстве, вектор таких движений объемный, у него много направлений.

Принцип симметрии Кюри-Пригожина – внешние воздействия, вызывающие явления, не могут обладать более высокой симметрией, чем порождающий их процесс. Самой высокой симметрией обладает бесконечное изотропное (то, в котором нет направлений) пространство. Когда мы ставим систему в линейную зону, то в ней может повыситься симметрия, но понизиться – никогда, так как векторный процесс может сделать скалярную температуру, а скалярная температура векторный процесс -нет, по крайней мере, не в линейных системах до бифукации.

***из каких органических соединений-мономеров сформированы важнейшие биомакромолекулы ДНК и белки, что такое первичные, вторичные, третичные и четвертичные структуры***

Все белки состоят из неразветвленного полимера аминокислотных остатков, все аминокислоты в белках обязательно левые. ДНК – биополимер, мономером которого является нуклеотид, каждый нуклеотд состоит из остатка фосфорной кислоты, присоединенному к сахару дезоксирибозе, к которому так же присоединено одно из азотистых оснований. РНК состоит из сахара – рибозы.

Первичная структура – это точное обозначение атомной структуры и расположения химических связей между атомами. Вторичная структура – особое расположение главной цепи макромолекулы, то есть молекулы с высокой молекулярной массой, независимо от расположения боковых цепей и отношения к другим сегментам. Третичная структура – пространственное строение всей макромолекулы, состоящей из единственной цепи. Четвертичная структура – способ укладки в пространстве полипептидных цепей, обладающих всеми предыдущими структурами и формирование их в единое макромолекулярное образование, с единой структурой и функционированием.

Углерод имеет очень важные свойства – он может делать разнообразные соединения: твердое тело, газ, полимеры, так же он способен создавать левые и правые соединения, если у него четыре ординарных связи с разными заместителями, то он дает возможность появляться правому и левому первичному делению.

***асимметричный углерод и хиральность как общий принцип организации всех биомакромолекул, принцип «хиральной чистоты биосферы***

Хиральность – это отсутствие симметрии относительно правой и левой стороны – то есть, объекты в зеркале не могут быть совместимы с оригиналом.

Живое вещество, в отличие от неживого, обладает хиральной чистотой. Все белки состоят из левых аминокислот, а ДНК и РНК построены на правой рибозе.

***закономерность чередования знака хиральности D-L-D-L при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации ДНК, смена знака хиральности L-D-L-D при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации белковых структур***

При переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации ДНК и белковые структуры имеют свойство менять знак хиральности. Например, в первичной структуре белков содержатся L-аминокислоты, при переходе на второй уровень пи-спирали хиральность меняется на D, не третий – опять становится L, и на четвертом, на уровне суперспирали – D; таким образом, изменение хиральности белка при переходе на новый уровень, можно описать как L-D-L-D.

В ДНК действует то же самое правило, что и в белках. Первичная структура ДНК – последовательность нуклеатидов, повернута вправо на первом уровне, влево – на втором, затем, вправо на третьем и на четвертом – влево. Так, смену знака хиральности в ДНК можно описать как D-L-D-L.

То есть пара белок-ДНК является комплиментарной, то есть в зеркальном отражении их хиральность меняется местами, но структура остается той же.

***значение хиральных иерархий в молекулярно-биологических системах как антиэнтропийного фактора***

Можно говорить о своеобразном законе сохранения хиральной чистоты, система стремиться сохранить равновесие, не симметрию, в биологических структурах, поэтому при переходе на следующий этаж меняется знак хиральности. Это является антиэнтропийным факторам, так как наши молекулярные конструкции находятся в непрерывном тепловом шуме, хиральность не дает смешаться уровням, стратам, углевод строит «этажерку» правости и левости. И система не рассыпается под действием теплового шума.

***проблема происхождения предшественников живых клеток, сопряжение ионной и хиральной асимметрий, роль Мирового океана***

Для возникновения жизни на земле необходимы были две асимметрии: хиральная асимметрия и ионная асимметрия. Опарин говорил о происхождении жизни из морской среды, что жизнь зародилась в эстуариях мирового океана. Но океан асимметричен по ионам: в нем много натрия и в 10 раз меньше калия, есть магний, которого в 10 раз больше кальция.

Дарвин считал, что были некие дарвиновские лужи, наполненные морской водой, в них, на поверхностном слое в несколько микрометров, и должен был появиться тот самый пузырек, который бы выполнил функцию биохимического реактора. При этом этот пузырек должен обладать еще и термодинамическим неравновесием в условиях осмотического равенства.

В принципе, возле дарвиновских луж были молнии и радиоактивность, и в простых условиях атмосферы могли возникнуть все веществе, ставшие потом молекулами. В мировом океане есть зона, где есть гардиент температуры, способный разделить тяжелые и легкие частицы. Так, калий тяжелее натрия, а кальций тяжелее магния, то есть тяжелые частицы соберутся в холодном слое, образовав пленку. 4 миллиарда лет назад простейшие органические вещества обладали поверхностной активностью, и поверхность дарвиновских луж была покрыта пленкой из амфифильных молекул с гидрофобными хвостиками. И если в воде образовывался пузырь, то он вышибал пленочную каплю, частично одетую монослоем поверхностного вещества, которая очень быстро высыхает, и единственное, что он может сделать после этого – «надеть» второй раз ту же пленку. И внутри этой капли получается инвертированный ионный состав, дающий ионную асимметрию со внешней средой. Хиральная асимметрия могла тоже получиться из-за разделения правых и левых молекул той же неравновесной поверхностью воды, которая разделяет ионы.

***какие физико-химические свойства липидов мембран (фосфолипидов и др,) обусловливают возможность формирования ими устойчивых бислоёв в водной фазе. В чем состоят особенности амфифильных молекул, определяющие характер внутримембранных взаимодействий и взаимодействий с молекулами воды и ионами***

Клеточная мембрана – двойной слой липидов, большинство из которых является фосфолипидами. Они имеют основой глицерин – трехатомный спирт у которого есть два заместителя – жирные углероды, а в головке – фосфатная группа. Оба гидрофобных жирных конца не любят контакта с водой, а головка – наоборот. Но гидрофобность – одначает не отталкивание, а лишь невыгодное взаимодействие, то есть жирным концам выгоднее взаимодействовать друг с другом, а воде – с водой. И если гидрофобная молекула попадает на границу раздела фаз, то гидрофильная головка хочет в воду, а хвосты – наружу, и если нет воздуха, то гидрофобные хвосты взаимодействуют друг с другом, образуя бислой.

***структура и функции внутримембранных белков - ионных каналов и насосов***

В мембране важную роль играют белки, они бывают интегральные – те, которые пронизывают мембрану насквозь, периферические – такие белки одним концом погружены во внутренний или внешний липидный слой, и поверхностные – полностью расположенные на внешней стороне мембраны или прилегают к внутренней. Некоторые белки соприкасаются с цитоскелетом клетки и клеточной стенкой. Некоторые з интегральных белков могут выполнять функцию ионных каналов или насосов.

Ионные каналы относятся к транспортным белкам, с их помощью ионы перемещаются сквозь мембрану согласно их электрическим гардиентам. Через ионные каналы могут проходить ионы натрия, калия, хлора и кальция. Из-за отрывания и закрывания ионных каналов меняется концентрация ионов по разные стороны мембраны и происходит сдвиг мембранного потенциала.

Ионные насосы же осуществляют перенос ионов в сторону более высокого электрохимического потенциала, что является активным транспортом. Ионные насосы функционируют за счет гидролиза АТФ. В натриевом насосе есть калий и натрий, и энергия АТФ, в основном, тратится на то, чтобы перенести 3 натрия из клетки и занести 2 калия. Внутри клеток при этом отрицательный заряд, а снаружи – положительный, и для того, чтобы вынести натрий из клетки, нужно перенести его из минуса в плюс, а калий может легко переносится. То есть калий не затратен, а натрий – затратен вдвойне.

С протонным насосом проще, так как протоны присоединяются к химическим группам и могут меняться в процессе переноса.

***механизмы ионной избирательности мембранных структур. Какие процессы сопрягает натриевый насос как молекулярная машина***

Ионная избирательность мембранных структур обусловлена ионными каналами, они пронизывают мембрану насквозь, образовывая проход. Для калия, натрия и кальция есть свои каналы. Молекулы данных элементов движутся из клетки или в нее, в зависимости от гардиента концентрации. Каналы натрия имеют свойство закрываться и раскрываться, а каналы калия всегда открыты.

Так же на ионную избирательность влияют насосы – натри-калиевый – самый сложный, так как при переносе натрия и калия нужно учитывать два типа субъединиц: альфа – интегральный белок и бета – периферический белок. Плюс, натрий и калий – разные по гидротации. Когда происходит обмен калия на натрий, и АТФ около входа в канал фосфорилирует эту большую субъединицу, то фосфатная группа приобретает знак минус, и одновременно срабатывает три плюса и один минус. Но когда происходит обратный обмен натрия на калий, то получается, что двум плюсам, которые приходят вместо трех плюсов натрия уже не нужен фосфат. Поэтому в химическом цикле три плюса и фосфорилирование и два плюса и дефосфорилирование.

***физические принципы работы молекулярных машин живой клетки. По какой причине биологические машины не «тепловые», а «механохимические»?***

Молекулярная машина – это отдельная молекула или молекулярный комплекс, которая способна осуществлять квазимеханические движения, направленные на совершение полезной работы. Такой термин обычно применяется к молекулам, которые в той или иной мере имитируют работу макромашин. Для всех молекулярных машин характерно наличие конечного выделенного числа степеней свободы или движения и способность в циклическом режиме выполнять полезную работу, которая определяется в зависимости от ситуации.

Биологические машины являются механохимическими, потому что биологическая машина не может отследить энергетический цикл, так как каждая часть такой машины хаотически двигается в связи с присутствем постоянного теплового шума

***в чем состоит хемиосмотическая концепция мембранного фосфорилирования?***

Согласно хемиосмотической концепции, при окислении компонентов дыхательной цепи генерируются ионы водорода, которые выходят на наружную сторону сопрягающей митохондриальной мембраны. Возникающая в результате асимметричного распределения ионов водорода разность электрохимических потенциалов используется для приведения в действие механизма образования АТР. При этом предполагается, что мембрана непроницаема для ионов вообще.

***протонный насос/АТФ-синтаза и сократительная система мышц как молекулярные машины с вращательными и поступательными степенями свободы.***

И протонный насос, и АТФ синтаза, и сократительная система мышц являются, по сути, молекулярными машинами. То есть они должны иметь выделенные степени свободы, которые успевают прокрутить действие, сокращение или перенос, до того, как энергия диссипирует по тепловым степеням свободы.