Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Кафедра естествознания и системного анализа

**Реферат**

по теме

Пространственная симметрия у живых организмов

Барнаул 2007

Оглавление

Глава 1. Понятие симметрии

Глава 2. Методологическая роль симметрии в науке. Симметрия у живых организмов

Глава 3. Симметрия ДНК

Список литературы

Глава 1. Понятие симметрии

Симметрия представляет такую особенность природы, про которую принято говорить, что она фундаментальна, охватывает все формы движения и организации материи. Истоки понятия симметрии уходят в глубокую древность. В.И. Вернадский писал: "...представление о симметрии слагалось в течение десятков, сотен, тысяч поколений. Правильность его проверена реальным коллективным опытом и наблюдением, бытом человечества в разнообразнейших природных земных условиях. Этот опыт многих тысяч поколений ясно указывает на глубокую эмпирическую основу этого понятия и ее существования в той материальной среде, в которой жил человек, в биосфере... Переходя к историческому времени, мы видим, что понятие "симметрия" выросло на изучении живых организмов и живого вещества, в первую очередь человека". Само понятие "симметрия", связанное с понятием красоты или гармонии, произошло из Древней Греции (5 в. до н.э.). Греческое слово σιμμμετρια означает нечто гармоничное, однородное, соразмерное, пропорциональное в объекте, т.е. тот способ согласования многих частей, с помощью которого они объединяются в целое. Пифагору принадлежит бессмертная идея о всеобщей гармонии, лежащей в основе мироздания. Заложенная Пифагором вера в красоту и гармонию природы, в простоту и целесообразность ее законов, построенных на единых математических принципах, окрыляла творчество величайших ученых от И. Кеплера (1571-1630) до А. Эйнштейна (1879-1953). Это и есть путеводная звезда современного естествознания, тот вечный кладезь мудрости, который открыл человечеству Пифагор.

Существуют два представления о симметрии. Одно из них, идущее от античной культуры, связано с пропорциями; здесь "симметрия обозначает тот вид согласованности отдельных частей, которая объединяет их в единое целое". Это наиболее древнее представление до 19 века оставалось и наиболее распространенным в описании гармонии естественных систем и систем, созданных человеком. Второе представление о симметрии ведет начало с 1872 года, когда немецкий математик Ф.Клейн провозгласил знаменитую "Эрлангенскую программу". По современному определению "симметрия - понятие, характеризующее переход объектов в самих себя или друг в друга при осуществлении над ними определенных преобразований (преобразований симметрии); в широком плане - свойство неизменности (инвариантности) некоторых сторон, процессов и отношений объектов относительно некоторых преобразований".

Глава 2. Методологическая роль симметрии в науке. Симметрия у живых организмов

Использование принципа симметрии на границе 19-20 вв. позволило получить выдающиеся достижения в различных областях науки. Немецкий математик Ф. Клейн, рассмотревший различные геометрии как категории инвариантов определенных групп преобразований внес существенный вклад в формирование современного понятия симметрии, тесно связанного с инвариантностью и теорией групп. Русские кристаллографы А.В. Гадолин и Е.С. Федоров создали учение о пространственной симметрии. В физике теоремы Э. Нетер позволили связать пространственно-временную симметрию (инвариантность) уравнений физики с сохранением фундаментальных величин - энергии, импульса, количества движения. Новые аспекты физического содержания симметрии в рамках теоретико-группового подхода были вскрыты специальной (СТО) и общей (ОТО) теориями относительности, а также квантовой механикой и квантовой теорией поля. Помимо получения ряда выдающихся конкретных результатов в физике, концепция симметрии привела к перевороту в философских основаниях физики, изменив представление о том, что следует считать исходными законами физики.

В наши дни идея симметрии выполняет важную методологическую роль не только в математике и физике, в технике и искусстве, но начинает проникать в химию и биологию.

Несомненно, что использование методов симметрии неоценимо для познания биологических явлений, для нахождения сути и простоты в этом сложнейшем классе природных явлений. Существует мнение, что использование симметрии и теории групп в биологии позволит получить даже более выдающиеся результаты, чем в физике. К сожалению, симметрийный подход к биологическим объектам как методологический прием стал развиваться только в последние десятилетия 20 века. Наиболее глубокое и обобщающее развитие идей биосимметрии и исчерпывающее изложение общих задач и следствий дано в работах Ю.А. Урманцева. Во многом благодаря работам Урманцева в биологии сформировалось новое научное направление - биосимметрика, изучающая вопросы симметрии, их нарушение, симметризацию и десимметризацию в живой природе, биологические инварианты, биологические законы сохранения и соответствующие группы преобразований. Ю.А. Урманцев внес огромный вклад в развитие почти всех сторон биосимметрики, особенно в создание теорий дисфакторов и биологической изомерии, на основе которых им была развита универсальная ОТС. В объяснении природы левого и правого в симметрии был сделан крупный шаг с введением понятия диссимметрирующих факторов (сокращенно называемых дисфакторами), т.е. таких отличительных особенностей и признаков у объектов, которые делают их правыми или левыми Положение теории биологической изомерии Ю.А. Урманцева и его ОТС принципиально важны для правильного понимания деятельности живых систем. Значительный вклад в биосимметрику сделал А.П. Дубров, разработавший важное направление в биологии и медицине - функциональную биосимметрику. Функциональная биосимметрика обосновывает вариабельность медико-биологических свойств, параметров и показателей жизнедеятельности человека, животных, растений и микроорганизмов. Следует отметить, что интерес к симметрии среди ученых, занимающихся проблемами организации биосистем, неуклонно возрастает. В последние годы появился ряд работ, посвященных общим проблемам симметрии живых систем и выявлению симметрии в конкретных биообъектах. В некоторых из этих исследований представлена роль особых чисел и безразмерных отношений в организации живого и симметрийных преобразованиях живых систем.

Под симметрией в биологии часто понимают повторение частей у животных или растений в определенном порядке, соотношение частей тела в размере, форме и относительном расположении, на противоположных сторонах от линии деления или распределенных вокруг центральной точки или оси. За исключением радиальной симметрии, внешняя форма имеет мало отношения к внутренней анатомии, так как животные, очень различные по анатомической конструкции, могут иметь один тип симметрии.

Некоторые животные, в частности большинство губок и амебовидные протозоа, лишены симметрии, имеют или нерегулярную форму, различную у разных особей, или вообще не имеют определенной формы. Однако большинство животных представляют собой различные формы симметрий – сферическую, радиальную, бирадиальную и билатеральную.

При сферической симметрии, которая имеется только у некоторых групп протозоа (радиолярии, гелиозоа), тело имеет сферическую форму, и части тела расположены концентрически или радиально от центра сферы. У таких животных нет концов или сторон тела и любая плоскость, проходящая через центр, поделит его на эквивалентные половины. Сферический тип симметрии возможен только у очень мелких животных с простой внутренней конструкцией, так как для сферы внутренняя масса, с увеличением внешней поверхности и сложности, растет слишком быстро для эффективного функционирования.

Тело с радиальной симметрией имеет общую форму цилиндра или шара, с центральной осью, от которой расходятся части тела или вдоль которой они расположены регулярно. Основная ось гетерополярна, т.е. с неодинаковыми концами, один из которых несет ротовое отверстие и называется оральным концом (антериор) и другой, называемый аборальным концом (постериор), формирует заднюю часть животного и может нести анус. За исключением животных, имеющих нечетное число частей тела, расположенных в циркулярном порядке (морские звезды), любая плоскость, проходящая через ось, делит его на две симметричные части. Животные с тремя, пятью, семью и т.д. частями по кругу имеют симметрию, которую можно называть, соответственно, 3-лучевой, 5-лучевой, 7-лучевой и т.д. (или поворотной). Только определенные плоскости, проходящие через ось, могут поделить такое животное на симметричные половины. Радиальную симметрию находят у кишечнополостных и иглокожих. Однако она не обязательно присуща животному в течение всей его жизни. Личинки офиур, например, имеют зеркальную симметрию, а взрослые особи – симметрию пятого порядка. Надо отметить, что поворотная симметрия пятого порядка особенно часто встречается в органическом мире. У кристаллов имеются поворотные симметрии только 2-го, 3-го, 4-го и 6-го порядков.

При бирадиальной симметрии, в дополнение к оси антериор-постериор, существуют две других оси симметрии с правильными углами к ней и друг к другу: саггитальная, или срединная вертикально-продольная, и трансверзальная, или поперечная, оси. Такие животные, следовательно, имеют не только два конца, но также и две пары симметричных сторон. У них имеется две плоскости симметрии, одна проходит через оси антериор-постериор и саггитальную, другая – через оси антериор-постериор и трансверзальную. Такая бирадиальная симметрия наблюдается у медуз-гребешков.

В билатеральной симметрии есть такие же три оси, как и в бирадиальной, но имеется только одна пара симметричных сторон – латеральных, т.к. другие две стороны, называемые дорсальной (спина) и вентральной (перед) поверхностями, неодинаковы. Таким образом, только одна срединная продольная, или саггитальная, плоскость симметрии делит билатеральное животное на симметричные половины. Билатеральность присуща большинству животных, включая насекомых, рыб, амфибий, рептилий, птиц, многих ракообразных, млекопитающих.

Симметрии также фиксируются и в ботанике. Здесь выделяют радиальную (корни, стебли, цветки), билатеральную (листья), винтовую симметрию подобия (спиральность расположения листьев на стебле, зачатков листьев и цветков на конусе нарастания, цветков в корзинке) и криволинейную (правые и левые листья, семена, плоды, сосуды древесины).

Полной геометрической симметрии у организмов не бывает. Обычно симметрия проявляется в общей конфигурации тела и в расположении некоторых органов. “Если бы все в природе было закономерно, то в каждом явлении находила бы отражение полная симметрия таких всеобщих законов природы, как те, которые формируются теорией относительности. Уже сам факт, что дело обстоит совсем не так, доказывает, что случайность является существенной особенностью нашего мира” – писал Г. Вейль.

Сравнение разных групп организмов показывает, что различные типы симметрии появляются в процессе исторического развития организмов как приспособление к определённому образу жизни, к определённым силовым отношениям с окружающей средой.

Многие виды симметрии нашли отражение во внешнем строении животных, в конструкции их внутренних органов, в конфигурации молекул органических веществ

Двусторонняя симметрия обычна у творений природы: горные хребты и пропасти, овраги, русла рек, другие элементы рельефа местности, многие растения могут обладать двусторонней симметрией.

Даже теперь, когда животный мир нашей планеты в общих чертах изучен, примеры асимметрии немногочисленны и часто относятся к устройству скрытых от глаз внутренних органов. У брюхоногих моллюсков одна почка, одна жабра, одна половая железа. В соответствии с этим дыхательное, половое и анальное отверстия и отверстие мочеточника находятся на правой стороне тела.

Еще меньше примеров асимметрии внешнего строения животных. У одних особей моллюсков раковины закручены по часовой, у других против часовой стрелки. У клестов, питающихся семенами еловых или сосновых шишек, большой крючкообразный клюв имеет крестообразное строение. У птенцов он достаточно симметричен, но по мере взросления птиц подклювье отклоняется влево или вправо.

Двусторонняя симметрия возникла на определенной стадии развития обитателей Земли. Первые живые организмы, зародившиеся в Мировом океане, обладали шаровидной симметрией. Несмотря на то, что их потомки имеют более сложную организацию, они сохраняют шаровидную симметрию. В однородной среде шарообразная форма организма наиболее удобна для равномерного извлечения всеми частями тела кислорода и растворенных в воде питательных веществ. В процессе исторического развития организмов происходила дифференцировка участков тела у взвешенных в воде организмов, что привело к возникновению многоосной симметрии. У многоосносимметричных животных (солнечники) оси симметрии, проходящие через выросты тела, называются радиусами, а промежутки между ними – интеррадиусами.

Для крупных организмов, не взвешенных в воде, сила тяжести создаёт резко отличные силовые отношения вдоль вертикальной оси для верхней и нижней сторон. Поэтому для прикреплено живущих организмов, обитающих обычно на горизонтальной поверхности (дно моря, поверхность суши) в среде с одинаковыми силовыми воздействиями в направлениях, перпендикулярных силе тяжести силовые условия различны лишь в направлении силы тяжести. Такие организмы построены по типу радиальной симметрии (сидячие кишечнополостные, морские лилии, плодовые тела высших грибов, стебли высших растений).

Изменение силовых соотношений в одном из направлений создаёт различие условий для частей, подвергающихся или не подвергающихся силовым воздействиям, что приводит к замене радиальной симметрии двусторонней. Поэтому животные, которые передвигаются в каком – либо избранном направлении, приобрели двустороннюю симметрию. Для этих организмов свойственно симметричное расположение парных органов, что помогает им сохранять равновесие при передвижении, а значит добывать себе пищу и таким образом существовать. Наиболее распространенной причиной изменения силовых отношений в направлении, перпендикулярном силе тяжести, приводящей к билатеральной симметрии, является переход организмов к активному поступательному движению, при котором передний и задний концы тела находятся в противоположных силовых условиях. Нарушение билатеральной симметрии привело бы к неизбежному торможению одной из сторон и изменению поступательного движения в круговое. Поэтому активно подвижные животные (членистоногие и позвоночные) двустороннесимметричны.

Двусторонняя симметрия возникает и у неподвижных организмов, обитающих на негоризонтальных субстратах, что объясняется неодинаковыми условиями сопротивления силы тяжести со стороны прикрепленной и свободной частей. Поэтому двустороннесимметричны листья, зигоморфные цветки, лучи коралловых полипов.

Так кроны одиночно растущих на горизонтальной поверхности деревьев, защищенных от ветра, радиально симметричны, а в открытых для сильных ветров местах – билатерально симметричны, причем плоскость симметрии проходит по направлению преобладающих ветров.

Безусловно, симметрия тела человека и животных далеко не абсолютна. Мы прекрасно знаем, что некоторые органы (печень, селезенка, сердце) не обладают симметрией, да к тому же и расположены асимметрично.

Возникнув в связи с потребностью живых организмов целенаправленно передвигаться в пространстве, двусторонняя симметрия в первую очередь коснулась органов движения: ног у ракообразных, пауков, насекомых, амфибий, рептилий и млекопитающих, крыльев у птиц и летучих мышей, плавников у кальмаров, миног, рыб, тюленей, китов и дельфинов.

Так, у улитки с ее асимметрично закрученной раковиной тело, и в том числе «нога» (массивный мускулистый нерасчлененный орган с широкой нижней поверхностью, называемой подошвой, с помощью которой она ползет по твердому субстрату), вполне симметричны. То же относится и к двигательным органам камбалы.

Неудивительно, что органы, управляющие движением, вся нервная система, включая спинной и головной мозг животных и человека, также имеют двустороннюю симметрию. При таком устройстве мозга проще организовать слаженную работу органов движения, чтобы активно перемещаться в пространстве, поддерживать равновесие тела и совершать другие координированные движения.

Глава 3. Симметрия ДНК

Широко известна круговая таблица генетического кода, впервые опубликованная в 1965 г. Кодоны в ней расположены по часовой стрелке в порядке U, C, A, G в каждом уровне. Представим себе кодон в виде XYZ. Если XY определяет “смысл” (т.е. аминокислоту), то кодон называется “сильным”. Если же для определения смысла кодона нужен определенный Z, то такой кодон называется “слабым”. Можно наблюдать симметрию генетического кода в круговой форме по “силе” и “слабости”. Т.е. при повороте на 180˚ происходит совпадение сильных и слабых кодонов без исключения. Вертикальная и перпендикулярная плоскости и отражение во всех позициях дают замену сильных кодонов на слабые и наоборот. Тот же эффект имеет место при отражении относительно горизонтальной перпендикулярной плоскости. А. Волохонский установил соответствие между общей структурой генетического кода, рядом биномиального разложения 26 и одним из Платоновых тел – икосаэдром. Он также полагает, что икосаэдральная форма и пентамерная симметрия являются фундаментальными в организации живого вещества, хотя такие форма и симметрия известны и для неорганических тел. С этой точки зрения генетический код представляется Волохонским не как случайный продукт эволюционных блужданий, а как закономерное и необходимое следствие исходных принципов – икосаэдральности и пентамерной симметрии, выбранных живой природой для его осуществления, что в известной степени подтверждает выводы О.В. Трапезова. Результаты Волохонского неоднозначны и спорны, хотя, по мнению Урманцева, “ни в какой степени не снижают большой ценности установленных им красивых соответствий”.

В каком-то смысле можно считать антисимметричными друг к другу (“ключ-замок”) пары нуклеотидов аденозин-уридин, аденозин-тимидин, гуанозин-цитидин в РНК и ДНК. Иные их сочетания уже нарушают строй и порядок. В последовательности ДНК существуют палиндромы, порядок нуклеотидов в которых самокомплементарен, например GTACTTG|CAAGTAC. Это как бы является своеобразным проявлением зеркальной антисимметрии. Сайты (участки ДНК), опознаваемые и расщепляемые некоторыми рестрикционными ферментами, имеют ось симметрии второго порядка. Часть рестриктаз расщепляет полинуклеотидную цепь так, что вследствие симметрии расщепляемой последовательности образуются так называемые “липкие” концы. Они могут взаимодействовать друг с другом, образуя совершенные двуспиральные участки.

В-форма спирали ДНК всем известна по множеству рисунков и схем, именно эту форму описали Уотсон и Крик. Это упорядоченная, изящная структура. Спираль может образовывать так называемую суперспираль. Чтобы представить себе это хотя бы приблизительно – вспомним, как скручивается в спираль уже свернутый в “пружинку” провод телефона. Надо заметить, что в то время как у В-формы ДНК существуют малая и большая бороздки, суперспираль скручена “равномерно”.

-

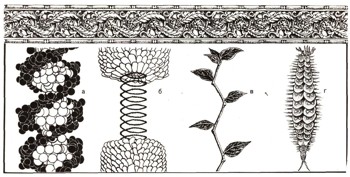


Рис. 1. Одномерная симметрия: а — модель молекулы ДНК; б — модель вируса табачной мозаики; в — побег традесканции; г — полихета; наверху — бордюр

Подобные суперскрученные районы есть и у многих белков – кинезинов, миозинов, некоторых белков поддержания структуры конденсированных хромосом. Множество полимеров, образующих живой организм, имеет тенденцию к самоагрегированию, образованию более или менее упорядоченных структур. В процессе конденсации хромосом мы также можем наблюдать разнообразные проявления симметрии, например – зеркальная симметрия скручивающихся при сближении в течение компактизации сестринских хроматид.

Список литературы

1. Большая Советская Энциклопедия под редакцией Б.А. Введенского. «Б.С.Э.»,1956.
2. Вейль Г. Симметрия. М.: Наука, 1968.
3. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. Естествознание. М.: Агар, 1996.
4. Тарасов Л.В. Этот удивительно симметричный мир. М.: Просвещение, 1981.
5. Трапезов О.В. Эволюционирующие системы левосторонне-асимметричны Философия науки, 1996.
6. Урманцев Ю.А. Физиология растений, 1970.