

УДК 581.

О КОНЦЕПЦИИ СИММЕТРИИ В БОТАНИКЕ

Е.И.Курченко, Н.И.Шорина

Московский педагогический государственный университет

Представлена краткая история формирования теории симметрии от Пифагора до современности. Выявлена специфика симметрии растений, охарактеризованы ее основные формы, в том числе комплементарная (функциональная) и временная (симметрия ритмов). Показана возможность использования теории симметрии в области биоморфологии (учение о жизненных формах), популяционной биологии и фитоценологии.

Ключевые слова: *симметрия, симметрия растений, биоморфология растений, популяционная биология, фитоценология.*

Выяснение и осмысление основных законов жизни – перманентная задача биологии. Концепция симметрии – одно из наиболее актуальных направлений в современных естественных науках. Симметрия, как пишет В.И.Вернадский, пронизывает жизнь и «открывает огромное поле фактов ею реализуемых, позволяет получать надежные философские и научные выводы» [10, с. 221]. По словам Ю.А.Урманцева [46] симметрия охватывает все формы движения и организации материи.

О симметрии написано много трудов в области физики, кристаллографии, химии, биологии, причем интерес к ней то повышался в отдельные периоды, то пропадал. После того, как в 60-70-х гг. XX в. видные ученые биологи А.А. Любищев [22], С.В. Мейен [26; 27] активно разрабатывали эту проблему, наступило относительное затишье. Однако в настоящее время к ней начинает явно проявляться интерес. Так, в русскоязычном переводе последнего 35 издания учебника Страсбургера «Ботаника» [52], который, как известно, считается первоклассным, высоко котируемым в мире, в 1 томе в разделе «Морфология растений» проф. Петер Зитте поместил крупный бокс 4.1 «Симметрия» общим объемом 5 страниц. В нем значительно расширены представления о симметрии и включены новые ее формы такие, как комплексная, временная (симметрия ритмов), гексогональные узоры и др.

О повышении интереса к этой проблеме свидетельствуют планы издательства URSS о переиздании в 2012 г. книг Ю.А.Урманцева «Симметрия природы и природа симметрии» (4-ое издание) [46], Н.А.Заренкова «Биосимметрия» (2-ое издание) [15], О.Б. Балакшина «Гармония асимметричных подобий в природе» (5-ое издание) [7], Вейль Г. «Симметрия» [9], Э.М.Сороко «Золотые сечения...» [34] и др.

Подъем интереса связан с появлением новых фактов и парадигм и желанием осмыслить их с точки зрения философских и естественнонаучных концепций.

Цель настоящей статьи – выявить основные подходы к теории симметрии в ботанике и проанализировать с этой точки зрения новые данные в области биоморфологии, популяционной биологии и фитоценологии.

Коротко остановимся на основных этапах формирования теории симметрии. Начало использования принципов симметрии можно обнаружить в палеолите на наскальных и пещерных рисунках первобытных людей. Это говорит о том, что с древнейших времен многие народы владели представлением о симметрии – как эквиваленте гармонии и уравновешенности. Наиболее четко симметрия проявляется в росписях стен храмов, саркофагов и усыпальниц египетских пирамид (IV в. до н. э), где уже выражен определенный орнаментальный стиль изображений.

Разработка научного подхода к теории симметрии связана с древнегреческим математиком и философом Пифагором (VI в. до н.э.). Он развивал представления о мире с точки зрения математика и полагал, что число есть сущность всех вещей, а Вселенная представляет гармоническую систему чисел и их отношений [43]. Исследования чисел и их отношений привели пифагорейцев к идее симметрии, под которой они понимали нечто гармоничное, однородное, соразмерное в объекте, способ согласования многих его частей. Пифагорейцы сыграли большую роль в разработке теории чисел, знаменитой теоремы Пифагора, теории музыкальной гармонии и учения о золотом сечении, в дальнейшем получившее развитие в математике, ботанике, архитектуре, музыке, технической эстетике и др.

Из математиков эпохи возрождения, разработавших теорию чисел, среди ботаников наиболее известен Леонардо Пизанский (Фибоначчи 1180–1240). Он познакомил европейцев с принятыми на арабском востоке способами исчисления в форме цифровых рядов, в которых каждая последующая цифра зависит от предыдущей (1, 1, 2, 3, 5, 8,...) Такие ряды в Европе стали называть рядами Фибоначчи. Они послужили основой для установления математического значения гармонического деления объектов или «золотого сечения» (терм. Леонардо да Винчи) – 1,6180 (число Фибоначчи).

В 1615 г. Иоганн Кеплер впервые обратил внимание на закономерности расположения листьев на стебле - филлотаксис. Позднее, уже в XIX веке немецкие ботаники-морфологи К. Шимпер в 1835 г. и А. Браун в 1836 г. использовали математический подход к анализу очередного листорасположения и предложили знаменитую дробь филлотаксиса (первую математическую модель). В ней числитель соответствует числу поворотов генетической спирали, знаменатель –

числу ортогистих и листьев в пределах листовых циклов, а вся дробь, выраженная в градусах окружности, означает угол дивергенции. Последовательность дробей в рядах Фибоначчи «стремится» к значению золотого сечения ($137,5^\circ$).

Принцип гармонических пропорций или «золотого сечения» ярко проявился в архитектуре и скульптурах Древней Греции и Рима, достигнув расцвета в эпоху Возрождения (XV-XVI века н. э.). В наши дни он используется в разных видах искусств: скульптуре, живописи, музыке и танцах.

Осознание теории симметрии в естественных науках появилось в XVII-XVIII веках в геометрии и астрономии. Под симметрией математики стали понимать зеркальное отражение геометрических изображений и узоров. Операции «классической симметрии» сводились к математическому анализу множества изображений, полученных при повороте воображаемого зеркала на заданный угол. Научная симметрия, родившись в недрах геометрии Евклида, дальнейшее развитие получила в кристаллографии, в которой были установлены 32 формы симметрии кристаллов. В точные естественные науки (физику и химию) этот подход проникает только в XIX веке.

В биологии важность и плодотворность идей симметрии были осознаны к концу XIX – началу XX вв. и связаны, прежде всего, с именем Луи Пастера (1822–1895). Он, наряду с другими исследованиями, изучал стереохимию органических молекул и открыл существование у них правизны D и левизны L (дисимметрии). Это произошло в 1868 г. на винных заводах Эльзаса, где он обнаружил, что микроорганизмы из сброживаемого виноградного сока потребляют преимущественно L-винную кислоту. Открытие, как оказалось - общее свойство живой природы, отличающее ее от неживой, т.к. живые организмы состоят преимущественно из L-аминокислот, L-белков, L-азота [40].

Почти одновременно с Л. Пастером исключительно важную роль принципы симметрии сыграли при открытии Пьером Кюри (1859–1906) радиоактивности элементов. Параллельно с физикой, Кюри глубоко интересовался кристаллографией. Благодаря этому, используя пространство логических возможностей структур химических элементов, он открыл радиоактивный полоний и радий. Кюри расширил понятие симметрии, рассматривая ее как состояние пространства, как среду, где происходит данное явление. Следуя представлениям Кюри, были найдены причины, почему, например, морская галька имеет форму овала, а не шара, почему качественно разные предметы имеют одинаковые геометрические формы, например, облако от атомного взрыва напоминает очертания плодового тела шляпочного гриба, почему все живые существа, перемещающиеся по поверхности Земли (человек, животные, птицы, насекомые) имеют билатеральную

симметрию, а неподвижные природные тела (деревья, плодовые тела грибов, стебли травянистых растений) обладают многолучевой радиальной симметрией.

Согласно П. Кюри симметрия всех живых организмов подчинена силе земного тяготения. Векторы Земного тяготения направлены вниз, к центру земли, и в каждом месте на поверхности Земли из векторов образуется форма конуса. В этой связи конусовидные, цилиндрические и шарообразные формы деревьев представляют естественные формы, созданные окружающим полем земного тяготения. Отклонения, как, например, флагообразная форма крон деревьев на севере, искривленные стволы их на морских побережьях - результат однонаправленного воздействия фактора среды. При ползании, полете организмов вектор движения соответствует одной из плоскостей земного притяжения, поэтому они имеют одну плоскость симметрии и билатеральный ее характер.

К теории симметрии неоднократно обращался основатель учения о биосфере геохимик академик В.И.Вернадский (1866–1945). Он высоко ценил работы Л.Пастера и П.Кюри и писал, что они открыли огромную область фактов, регулируемых симметрией.

В 50-х гг. XX столетия были предприняты попытки обнаружить правизну и левизну на организменном уровне, как внешнее выражение дисимметрии органических молекул. В.В. Алпатов [2; 3] описал правизну и левизну спиралей в сосудах растений и обнаружил, что растения, имеющие левые спирали, многочисленны (159 видов), а правые сравнительно редки. Так, *Lonicera caprifolia* L., *Polygonum convolvulus* L., *Humulus lupulus* L. и в целом семейства *Compositae*, *Labiatae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae*, *Solanaceae* имеют левые спирали, а *Convolvulus arvensis* L. *Phaseolus multiflorus* L. и в целом семейства *Leguminosae*, *Umbeliferae* – правые и редко левые. Он выявил встречаемость левых и правых тел в живой и неживой природе [4; 5] и на графиках показал, что в неживой природе преобладает колокообразное распределение L и D кристаллов, а в живой природе – чашеобразное. Это объясняется тем, что в живой природе существует связь поколений и передача признаков по наследству, а в неживой природе кристаллы возникают каждый раз заново из маточного раствора вне связи с поколениями.

Большой вклад в теорию симметрии и, в частности, в ботанику внес выдающийся ученый-энциклопедист профессор Ю.А.Урманцев. Будучи по образованию физиологом растений, он овладел математическими методами анализа геометрических, кристаллографических, биологических систем, симметрии пространства и времени и разработал общую теорию систем, подход к построению которой существенно отличается от принимавшихся ранее. Он доказал, что каждый элемент биосферы, биогеоценоза, ценоза,

популяции, организма, органа, ткани, органеллы, молекулы обладает собственной симметрией.

В начале 1960-х годов, изучая прорастание семян фасоли, гороха, люцерны Ю.А. Урманцев [41] обнаружил правизну и левизну в распределении боковых корней у этих растений, а в листьях хлорофитума - пространственное распределение D и L молекул хлорофилла. Дальнейшие исследования соотношения правых и левых листьев на побегах растений, дисимметрии лепестков в их цветках у многих видов из разных семейств способствовали разработке учения о биологической изомерии [17; 42; 44; 48] – новом классе симметрии цветковых растений. Исследования показали, что у мальвы L- листья в 4,6 раза больше, чем правых - D, у фасоли в 2,3 раза, все просмотренные 15000 цветков флокса были правыми, а у бессмертника – только левые. На основании метода комбинаторной математики Ю.А. Урманцев [39] вывел формулу определения общего числа и строения изомеров m – членного венчика при определенном числе лепестков $N_m = 3^m - 1$. (Термин изомерия принадлежит Я.Берцелиусу, который в 1830 г. обнаружил, что винная и виноградная кислоты, обладая одинаковым химическим составом $C_4H_6O_6$, имеют разные свойства).

Изомеры, помимо морфологических различий, отличаются интенсивностью фотосинтеза, биохимическими и физиологическими показателями, активностью ферментов, содержанием алкалоидов, жирных кислот, урожайностью. Физиологические различия между L и D листьями у лекарственных, дубильных и других хозяйственно ценных видов растений имеют большое значение в селекции [29; 35; 45]. Например, исследование свойств 8 биологических изомеров венчиков и коробочек льна-кудряша позволили Ю.А.Урманцеву и А.В. Кавериной [47] установить, что их семена отличаются не только по их числу в коробочках, но и по содержанию и количеству жирных кислот, по биохимическим и физиологическим показателям.

Последователем теории Ю.А.Урманцева об изомерии был Б.А.Трусов, который изучил полиморфизм структур околоцветника у *Delphinium iliense* Huth, *D. elatum* L. и у многолетних азиатских видов рода *Delphinium* L. [36; 37]. Он открыл 12 структур околоцветника у видов этого рода, которые не связаны с условиями существования. Различные сочетания размеров листочков околоцветника у видов этого рода представляют собой повторяющийся набор из 12 различных структур, связанных постепенным переходом в замкнутую циклическую систему, подчиняющуюся закону гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И.Вавилова. Это подтверждает существование организмов и их частей как системных объектов. Каждый цветок *Delphinium* существует в левой (L) или правой (D) форме, что, строго говоря, свидетельствует о невозможности изображения строения цветка только одной диаграммой [39; 44].

Интересны данные О.В. Юрцевой и В.В. Чуба [31] о структурных типах цветков у *Polygonaceae*, которые рассмотрены с учетом вариативности их морфогенеза. Эти результаты наглядно демонстрируют широкий диапазон изомерии цветков.

В 1973 г. прошел первый в мире Фестиваль симметрии. Он состоялся в колледже Смита в городе Нортхэмптон (штат Массачусетс США), где активно развивались представления о симметрии [32]. На фестивале были заслушаны лекции о симметрии кристаллов, молекул, в геологии, в мире растений, в орнаментальном оформлении книг и др. После лекций демонстрировались придворные танцы эпохи Возрождения с симметричным рисунком отдельных па. Исполнилось произведение Баха «Музыкальное приношение» с филигранной симметричной структурой. Фестиваль был завершён колокольным звоном с симметричным ритмом звучания.

Основные понятия симметрии организмов.

При анализе симметрии живых тел используются понятия как классической симметрии (геометрической, кристаллографической, основанной на геометрии Эвклида), так и новые, ранее не известные. К первым относят следующие параметры: 1. Плоскость симметрии (P), которая делит фигуру на две зеркально равные части. 2. Ось симметрии (прямая или винтовая) (L) - линия, вокруг которой повторяются равные части симметричной фигуры, например, карусель с лошадками. 3. Трансляция (T) – перемещение элементов симметрии, например, четки, волны.

Применительно к объектам живой природы, которые многообразны и далеки от идеальной формы кристаллов, были созданы свои представления о симметрии, базирующиеся на геометрии Н.И. Лобачевского (1826 г.): 1) криволинейная, в частности, спиральная (винтовая), например, выходящие побеги, усики растений; 2) симметрия подобия, когда элементы симметрии неодинаковы по размерам и форме, например, чешуи шишек у хвойных, листочки перистых листьев, метамеры побегов; 3) антисимметрия (зеркальное отражение), например, левая и правая рука, ископаемое и слепок с него; 4) цветовая симметрия, при которой элементы симметрии отличаются друг от друга по цвету, например, цветки разной окраски во время распускания соцветий медуниц, незабудок, лантаны (*Lantana camara*, Verbenaceae).

Формы симметрии у растений

Основные формы симметрии и новые дополнительные, характерные для растений, представлены проф. П. Зитте в боксе 4.1 в I томе учебника «Ботаника» [52] и включают следующие формы симметрии:

1) Поступательная или продольная симметрия (трансляция или метамерия) – повторение сходных элементов вдоль оси симметрии на одинаковых расстояниях и в одной и той же ориентации. Различают гомономную метамерию (например, перистые листья, сорусы на сегментах вайи у щитовников, вертикальные ряды ареол у кактусов) и гетерономную метамерию (метамерию подобия), когда размеры или форма метамеров меняется по оси L (например, метамеры годичных и элементарных побегов [49], величина цветков в соцветиях – кистях). Особая форма метамерии получается при искривлении оси симметрии L или появления у нее полярности (например, семенные чешуи в шишках елей). Число элементов при гомономной метамерии не ограничено и может достигать очень больших чисел (например, десятки и сотни тысяч нуклеотидов в молекулах ДНК).

2) Радиальная (актиноморфная, циклическая или симметрия вращения) – повторение сходных элементов, ориентированных под равными углами вокруг оси L. Число элементов ограничено, имеет несколько плоскостей P (например, стебли, цветки, соцветия-антодии у подсолнечника, мордовника).

3) Билатеральная (двусторонняя, зеркальная или симметрия отражения) имеет две плоскости симметрии – горизонтальную и вертикальную. Элементы, располагающиеся а горизонтальной плоскости справа и слева от вертикальной, представляют зеркальное отображение друг друга (зигоморфные цветки, большинство листьев, декоративная водоросль *Micrasterias radiata*). Билатеральная симметрия почти всегда связана с дорзовентральностью, т.е. различиями верхней и нижней поверхностей органов высших растений, клеток одноклеточных водорослей и слоевищ (таломов у многоклеточных).

4) Комплексная симметрия, когда в объекте сочетаются разные формы симметрии (например, в цветках белозора *Parnassia palustris* венчик, тычинки и стаминодии-нектарники пятичленные, а гинецей четырехчленный; в цветках стратоцвета *Passiflora* околоцветник, нитевидные выросты цветоложа и плодолистики радиально симметричны, а рыльце пестика билатеральное; у *Phytolacca* зигоморфные плодолистики образуют радиально-симметричный гинецей, а плоды-многоорешки и цветки располагаются на оси соплодия (соцветия) по принципу поступательной симметрии.

5) Комплементарная симметрия или функциональная – элементы симметрии не похожи друг на друга (антисимметрия) имеет в биологии особое значение. Она возникает, когда два неодинаковых, но гармонирующих друг с другом элемента объединяются для выполнения одной функции. Антисимметричные молекулы осуществляют процессы узнавания и размножения: фермент - субстрат, рецептор – лиганд, антиген – антитело. Яркий пример комплементарной симметрии – нуклеотидные цепи двойной спирали молекул ДНК, а также кодоны и

антикодоны при синтезе пептидных цепей белковых молекул на матрице ин-РНК. Антисимметрия - важное условие самоорганизации надмолекулярных структур. Например, Четвертичной структуры белков, а также вирусных частиц.

6) Временная (волновая), динамическая симметрия (регулярные ритмы) проявляется на разных уровнях существования жизни – клеточном, тканевом, организменном, в циклах развития одноклеточных организмов, в кольцах приростов стволов, в листопадности растений, в фенологических ритмах фитоценозов и экосистем. У последних ее можно изобразить в форме диаграмм, графиков, гистограмм или синусоидных кривых, построив их по оси времени. У растений эта форма симметрии проявляется в циклических процессах морфогенеза органов (например, циклических квантах роста метамеров вегетативных и монокарпических побегов, парциальных кустов [33], а также целых особей растений, имеющих модульную организацию [13; 31; 50], взрывах цветения злаков [30], сезонных аспектах красочных степей [1],

7) Гексогональные узоры объектов – вариант расположения элементов при их сверхплотной упаковке (например, устьица и трихомы эпидермы листа, клетки паренхимы, спороносящие поверхности плодовых тел трубчатых шляпочных грибов, узоры на поверхности экзины пыльцевых зерен, зерновки на початках гибридов кукурузы расположены по принципу плотной упаковки, а их соотношения по черному и желтому цвету подчиняются статистическим законам Менделя 1:3. Гексогональные узоры – это пример конвергенции в расположениях разных структур в условиях сверхвысокой плотности.

Перечисленные выше формы по П. Зитте, следует дополнить, еще двумя:

8) Изомерия - множество объектов одинаковых по составу (числу и виду) элементов, но различных по их взаимоотношениям [44]. Например, хромосомы, отличающиеся по порядку генов, вправо или влево налегающие лепестки цветков. Изомеры генетически предопределены и являются новыми систематическими признаками. По формуле Ю.А. Урманцева можно вычислить число возможных вариантов изомеров. Изучение изомеров важно для агрономии и селекции хозяйственно ценных видов растений.

9) Принцип подобия – проявляется при продольной метамерии побегов, где составляющие его метамеры не идентичны друг другу и закономерно меняются от дистального к проксимальному концу. Внешне сходная жизненная форма может появляться у разных таксонов на основе морфологически разных структур (например, плотнодерновинная жизненная форма у злаков и осок образуется в результате внутривлагалищного возобновления побегов, а плотная «щетка» папоротника вудсии формируется из-за скопления плотно

прижатых друг к другу филлоподиев – оснований ваий, у короткостебельных лилейных – за счет плотного расположения побегов; внешнее сходство соцветий у разных родов злаков (например, метелка, колос, султан), сходство геометрических очертаний соцветий у видов из разных секций, например, у полевиц [20].

Принцип симметрии у живых организмов отражает их структуру и способы функционирования, в основе которых лежат рациональность, экономия, устойчивость и которые проявляются на всех уровнях организации жизни: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и фитоценоотическом.

Наименее изучены с позиций теории симметрии объекты надорганизменного уровня - популяции и фитоценозы

На популяционном уровне симметрия проявляется в сходстве характерных типов спектров онтогенетических состояний у растений разных родов и видов, (например, правосторонних, центрированных, левосторонних) в зависимости от преобладания в популяциях особей того или иного онтогенетического состояния. Графические кривые онтогенетических спектров отражают волнообразное развитие сукцессивных ценопопуляций, например, *Agrostis tenuis* Sibth., *A. canina* L., *A. borealis* Hartm. [19]. Эти изменения А.А.Уранов [38] объяснял как проявление закона энергетических волновых процессов в растительных сообществах. Особенно ярко они выражены у малолетних растений [25]. А.А.Максимов [23] на основании анализа многих примеров циклической динамики популяций растений и животных обосновал концепцию природной цикличности.

На фитоценоотическом уровне понятие симметрии использовал в начале 30-х гг. В.В.Алехин [1] для закономерностей размещения зональных типов растительности СССР к северу и югу от лесной зоны. Другим примером служат геометрические узоры растительности, которые, меняясь, отражают ее динамику. Первым обнаружил их на пустошах Англии А. Watt [53]. Он связывал эти узоры с процессом онтогенеза у доминирующих видов и их разрастанием по площади ценозов. Известны геометрические узоры растительности в тундре, связанные с криогенными процессами.

Подход к изучению фитоценозов с позиций симметрии в России наметился в 60-70 гг. XX в., что было связано с внедрением дистанционных методов картирования и анализа растительного покрова с помощью аэрофотоснимков [12]. Симметрия хорошо проявляется в геометрических узорах, которые меняются и отражают динамику растительности. С.Н. Кирпотин [18] в книге «Морфогометрический подход к изучению природных тел: от организма до ландшафта» описывает результаты 30-летних наблюдений с помощью аэрофотоснимков на плоскостепенных торфяниках северотаежной подзоны Западно-Сибирской низменности.

Морфогеометрический узор этих ландшафтов создает чередование бугров и выровненных мочажин. На буграх представлены древесные растения, а на сильно обводненных мочажинах господствуют травы и формируются озера. По мере нарастания толщины торфа, озера оказываются на разных гипсометрических уровнях, и вода из вышележащих озер перетекает в нижележащие. Так образуются спущенные озера – хасыреи.

Как показали 30-летние наблюдения С.Н. Кирпотина, на плоскобугристых торфяниках происходят циклические сукцессии, связывающие все вышеперечисленные элементы растительности болотных массивов. Сукцессия идет по схеме: небольшие низкие бугры и обширные мочажины с малыми озерками - крупные высокие бугры и мочажины с крупными озерами – низкие бугры и многочисленные крупные озера и хасыреи. С появлением хасыреев цикл повторяется. Все эти элементы рельефа создают определенную геометрию ландшафта, которую фиксируют аэро- и космические снимки. Расшифровка этих снимков основана на принципах симметрии. Анализ значительного числа снимков позволяет исследователям не только выявить разнообразие существующих ландшафтов, но и предсказать их динамику в будущем.

В работе Курченко Е.И., Петросяна В.Г., Ермаковой И.М., Сугоркиной Н.С. [21] проанализированы данные 40-летнего мониторинга динамики флористического разнообразия на Залидовских пойменных лугах в Калужской обл. [14]. Используя математические методы анализа временных рядов видового богатства травостоя, выявлены три модели циклических флуктуаций, отражающие ритмы жизни луговых фитоценозов, которые находятся под антропогенным воздействием разной интенсивности. Период колебания на сенокосном участке составляет 25–26 лет, лет, на сенокосно-пастбищном – 20 лет и на пастбище- 8–10 лет. Полученные результаты подтверждают волновой характер динамики фитоценозов или временную (ритмическую) форму симметрии. В контексте нелинейной теории колебаний эти модели соответствуют гармоническому колебанию и их можно отнести к классу автоколебательных систем [6]. Подобие колебательных процессов, их разнообразие и специфика играют существенную роль в установлении внутренних связей между весьма разными, на первый взгляд, явлениями. Так процессы в физике и биологии различаются по своим параметрам, но подчиняются общим физическим законам и могут быть описаны похожими моделями.

Другим примером временной формы симметрии служат данные Ю.С. Малышева [24], который развивает волновую концепцию сохранения устойчивости биоты. По мнению автора, динамика зональных и высотно-поясных, ландшафтных границ (наступление болота на лес, леса на степь, смещение верхней границы леса в горах и

др.) есть не что иное, как проявление волновых процессов, которые могут проявляться также в периодических изменениях биопродуктивности. Анализ волновой природы симметрии фитоценозов позволяет не только проанализировать их современное состояние, но и прогнозировать изменения в будущем.

Итак, развитие концепции симметрии прошло длительный путь развития, начиная с попытки понять мир и его упорядочить в VI в. до н. э. у последователей Пифагора и возникновения понятия симметрии, как синонима гармонии, и до XXI в., ознаменовавшегося развитием нанотехнологий и чрезвычайной востребованностью теории симметрии (см. «Нанотехнологии. Азбука для всех» [28]).

За время развития теории симметрии возникло множество терминов, которые часто повторяли смысл уже имеющихся. В этой связи велика заслуга проф. П.Зитте [52], который усовершенствовал имеющуюся терминологию и ввел новые понятия, как комплементарная, волновая, гексогональные узоры. В нашем Отечестве ведущая роль в развитии симметрии принадлежит Ю.А.Урманцеву. Он разработал общую теорию систем, включающую пространство и время, и симметрия выступает как часть этой системы. Ю.А. Урманцев [42] дал определение новому актуальному направлению в современной биологии – **биосимметрии** – науке, которая, опираясь на аппарат математической теории групп и ряд кристаллографических методов, изучает симметрию живого, свойство любого биообъекта – молекулы, органа, организма, популяции, фитоценоза, экосистемы, процесса. Разработчиком теории биосимметрии в настоящее время выступает Н.А.Заренков [15].

Изучение симметрии природных тел привело к пониманию глубокого смысла теории симметрии как всеобъемлющего закона природы [11], единого организующего принципа гармонии природы. Теория симметрии вооружает исследователей таким мощным методическим приемом как построение пространства логических возможностей признаков и структур организмов. Этот метод позволяет не только упорядочить разнообразие изученных объектов, но и прогнозировать существование еще не выявленных. Всем сказанным, мы хотим привлечь внимание ботаников к проблеме симметрии, которая облегчит процесс интеграции разных направлений ботаники и поможет глубже проникнуть в сущность жизни биосферы Земли.

Список литературы

1. *Алехин В.В.* Растительность СССР в основных зонах. 2 изд. М. Сов. наука, 1951. 512 с.
2. *Алпатов В.В.* О левизне и правизне спиралей в сосудах растений // *Природа*. 1951. № 11. С. 59-60.

3. Алпатов В.В. О встречаемости левых и правых винтообразных утолщений в сосудах растений // Докл. АН СССР, 1952. Т. 84. № 5 С. 1065-1067.
4. Алпатов В.В. О встречаемости левых и правых тел в неживой и живой природе // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1953. Т. 58. № 5. С. 51-53.
5. Алпатов В.В. Левизна-правизна в строении растительных и животных организмов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1957. Т. 62, № 5. С. 19-27.
6. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Гос. изд. физ- мат. лит., 1959. 912 с.
7. Балакишин О.Б. Гармония асимметричных подобий в природе. М. Изд. URSS, 2012. 281 с.
8. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Л. Наука, 1987. 261 с.
9. Вейль Г. Симметрия. М. Наука, 1968. 192 с.
10. Вернадский В.И. Дневники 1921-1925 г. М.: Наука, 1998. С. 140. Примечания составителя В.П.Волкова С. 221-222.
11. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетарное явление. Кн. 2. М.: Наука, 1977. 191 с.
12. Викторов С.В., Востокова Е.А., Вышивкин Д.Д. Введение в индикационную геоботанику. М., 1962. 263 с.
13. Гатицук Л.Е. Геммаксилярные растения и система соподчиненных единиц их побегового тела // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1974. Т. 79, вып. 1. С.100-112.
14. Ермакова И.М., Сугоркина Н.С. Мониторинг луговой растительности в пойме реки Угры // Бот. журн. 2000. Т. 85, № 12. С. 50-59.
15. Заренков Н.А. Биосимметрия. М.: URSS, 2012. 318 с.
16. Зитте П. Морфология и анатомия листостебельных растений. Бокс 4.1 «Симметрия» // Strasburger. Ботаника. Том 1. Изд. центр «Академкнига». М., 2007. С. 243-248
17. Каден Н.Н., Урманцев Ю.А. Изомерия в живой природе. II Результаты исследований // Бот. журн. 1971. Т.56. № 2. С. 161-174.
18. Кирпотин С.Н. Морфогеометрический подход к изучению пространственной структуры природных тел: от организма до ландшафта. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2005. 244 с.
19. Курченко Е.И., Петросян В.Г., Ермакова И.М., Сугоркина Н.С. Многолетняя динамика пойменного луга: количественная характеристика флористического разнообразия // Бот. журн. 2010. Т. 95, № 7. С. 911-923.
20. Курченко Е.И. Онтогенез и разногодичная изменчивость состава популяций тонкой полевицы (*Agrostis tenuis* Sibth.) // Возрастной состав популяций цветковых растений в связи с их онтогенезом. М.: МПГИ, 1974. С.70-87

21. Курченко Е.И. Физиономическая классификация жизненных форм *Agrostis* L. (*Poaceae*) в связи с систематикой // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2006. Т. 3, вып. 4. С. 32-40.
22. Любищев А.А. Проблемы систематики // Проблемы эволюции. Т.1. Новосибирск, 1968. С.7-29.
23. Максимов А.А. Природные циклы. Причины повторяемости экологических процессов. Л.: Наука, 1989. 235 с.
24. Малышев Ю.С. Волновая концепция сохранения устойчивости биоты: к стратегии и планированию работ по сохранению биоразнообразия // Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: материалы междунар. научн. конф., посвящ. 95-летию каф. ботаники Тверс. гос. ун-та. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2012. С. 281-284.
25. Марков М.В. Популяционная биология растений. М.: КМК, 2012. 388 с.
26. Мейен С.В. О соотношении номогенетического и тихогенетического аспектов эволюции // Журн. общ. биол. 1974. Т.35. С. 353-365.
27. Мейен С.В. Основные аспекты типологии организмов // Журн. общ. биол. 1978. Т. 39. С. 495-508.
28. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова М.: Физматлит, 2008. 368 с.
29. Никулин А.В. Влияние ориентации левых и правых плодов сахарной свеклы в магнитном поле Земли на некоторые физиологические процессы растений, развившихся из них // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1969. № 6. С. 922-925.
30. Пономарев А.Н. Изучение цветения и опыления растений // Полевая геоботаника. М.-Л., 1960. Т. 2. С. 9-19.
31. Савиных Н.П. Биоморфология вероник России и сопредельных государств: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2000. 32 с.
32. Сенешаль М., Флека Д. Узоры симметрии. М.: Мир, 1980. 114 с.
33. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука. 1971. 359 с.
34. Сороко Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем. М.: URSS, 2006. 264 с.
35. Сулима Ю.Г. Явление дисимметрии у кукурузы и пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кишинев, 1964. 16 с.
36. Трусов Б.А. Полиморфизм структур околоцветника многолетних азиатских видов Рода *Delphinium* L. //Бюл. МОИП. Отд. биол. 1975. Т. 80, вып. 5. С. 70-83.
37. Трусов Б.А. Способы полиморфизации структур околоцветника *Delphinium iliense* Huth и *D. elatum* L. //Бюл. МОИП. Отд. биол. 1977. Т. 82, вып. 1. С. 89-106.

38. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7-34.
39. *Урманцев Ю.А.* О дисимметрии листьев и цветков растений // Докл. АН СССР, 1960. Т. 133, № 2. С. 480-483.
40. *Урманцев Ю.А.* Растения – правши и левши // Природа, 1961. № 5. С. 100-102.
41. *Урманцев Ю.А.* О проявлениях и значении правизны и левизны у растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1963. 18 с.
42. *Урманцев Ю.А.* Биосимметрия. Симметрия и дисимметрия цветков растений // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1965. № 1. С. 75-87.
43. *Урманцев Ю.А.* Золотое сечение // Природа. 1968. № 11. С. 33-40.
44. *Урманцев Ю.А.* Изомерия в живой природе. I Теория // Бот. журн. 1970. Т.55, № 2. С. 153- 169.
45. *Урманцев Ю.А.* Изомерия в живой природе. IV. Исследования свойств биологических изомеров (на примере венчиков льна) // Бот. журн. 1973. Т.58. № 6. С. 769-783.
46. *Урманцев Ю.А.* Симметрия природы и природа симметрии (Философские и естественнонаучные аспекты). М.: URSS, 2012. 229 с.
47. *Урманцев Ю.А., Каверина А.В.* Изомерия в живой природе. Исследования свойств биологических изомеров (на примере венчиков и коробочек льна-кудряша) // Физиология растений. 1974. Т. 21, вып. 4. С. 771-779.
48. *Урманцев Ю.А., Каден Н.Н.* Изомерия в живой природе III. С-, К-изомерия и биосимметрия // Бот. журн. 1971. Т.56, № 8. С. 1060-1067.
49. *Шафранова Л.М.* О метамерности и метамерах у растений // Журн. Общей биол. 1980. Т. 41. № 3. С. 437-447.
50. *Шафранова Л.М., Гатицук Л.Е.* Растение как пространственно-временная метамерная (модульная) система // Успехи экологической морфологии растений и ее влияние на смежные науки. М., Прометей, 1994. С. 6-7.
51. *Юрцева О.В., Чуб В.В.* Структурные типы цветков Polygonaceae и пути их преобразования: данные к построению модели развития цветка // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2005. Т. 110, вып. 6. С. 40-52.
52. *Strasburger*: Ботаника. М.: Академия, 2007. 35-е издание. Т. 1: Пьер Зитте. Гл. 4 Морфология и анатомия растений. С.227-317. Бокс 4.1 с. 234-238.
53. *Watt A.S.* Pattern and process on the plant community // J. Ecol. 1947. Vol. 35. P. 20-35.

ABOUT CONCEPT OF SYMMETRY IN BOTANY

E.I. Kurchenko, N.I. Shorina

Moscow Pedagogical State University

Shot the theory of symmetry from Pythagoras to the present time contains. Specificity of plant symmetry stands exposed and basic forms including with complementation (functionally) and temporary (symmetry of rhythms) described. It was showed possibility take advantage of the symmetry theory in different parts of botany: biomorphology (studies about life forms), population biology and phytocoenology.

Keywords: *symmetry, symmetry of plants, plant biomorphology, population biology, phytocoenology.*

Об авторах:

ШОРИНА Нина Ивановна—доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет», 119991, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1, e-mail: ninshor@mail.ru

КУРЧЕНКО Елена Ивановна—доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая сектором Учебно-научного Центра экологии и биоразнообразия, ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет», 119991, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1, e-mail: kurchenko@inbox.ru