

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРУДЫ УДК КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

№ 3690-82 Дис. 2.

УДК 577.4

С.В.Петухов

ВЫСШИЕ СИММЕТРИИ В ФИЗИКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ

Формы множества живых тел (от вирусов до раковин моллюсков, листоорганов растений и тел животных) структурированы, как известно, с участием некоторых видов симметрии: вращения, трансляции и зеркального отражения. Исследования автора/4/ выявляют, что названные виды симметрии, базирующиеся на евклидовой группе преобразований движения, вовсе не исчерпывают всех симметрий, существующих в биологической структуризации, а выступают лишь частным случаем более широкого класса конформных (круговых) симметрий, реализуемых в органических формах и их трансформациях.

В области морфологии и кинематики конформная биосимметрия (как и ее частные ранее известные евклидовы случаи) выступает в роли: 1) отношения связи между естественными частями формы отдельных тел; 2) отношения эквивалентности между различными формами, наблюдающимися при морфологических параллелизмах на разных линиях и уровнях эволюции; 3) инструмента свертки многообразия форм в некоторых морфологических рядах; 4) кинематического принципа организации некоторых морфогенетических и моторных движений. Обобщая, можно сказать, что целый класс явлений морфогенеза удается объяснить с единых позиций как явление симметрии на основе положения (первоначально усмотренного в симметричном строении частей отдельных тел) о том, что пространство морфогенетических событий наделено высшей симметрией. Основное внимание в докладе уделяется названным выше пунктам 2+4 и фундаментальному явлению морфологических параллелизмов.

Прежде всего напомним основные особенности круговых преобразований. Согласно теореме Лиувилля любое конформное преобразование может быть представлено в виде суперпозиции одного преобразования подобия (оно не меняет вида фигуры и потому не будет нас интересовать) и одного преобразования инверсии относительно сферы. Последнее записывается в декартовых координатах следующим образом:

$$x_i = \frac{R^2 \cdot (x_i - x_{i_0})}{\sum_{j=1}^3 (x_j - x_{j_0})^2} + x_{i_0}, \quad (I)$$

где $i = 1, 2, 3$, x_{i_0} — координаты центра инверсии, а R — радиус инверсии, от которого зависит только масштаб получаемой фигуры, а потому в интересующих нас задачах о видах формы можно принять $R = 1$. Таким образом, изменение формы фигуры при конформной трансформации целиком определяется относительным положением центра инверсии. В связи с этим многообразие форм, конформно-симметричных той или иной фигуре, отнюдь не чрезмерно богато и наглядно может быть охарактеризовано 4–5 характерными формами, что мы используем в дальнейшем при построении таблиц морфогенетических модулей. В частности, при условии, что центр инверсии не лежит на кривой, конформные преобразования трансформируют кривые второго порядка (за исключением окружности, переходящей в окружность или прямую) в некоторые кривые четвертого порядка (относящиеся к бициркулярным рациональным кривым):

$$(x^2 + y^2)^2 + (dx + ey)(x^2 + y^2) + ax^2 + bxy + cy^2 = 0. \quad (2)$$

Обратимся теперь к явлению морфологических параллелизмов. В живой природе наблюдается повторение одних и тех же относительно простых форм на самых разных уровнях живого. Например, шишковидные формы характерны для шишек, яиц некоторых насекомых, тел некоторых видов жгутиконосцев, гамет споровиков и пр. То же можно сказать об эллипсоидо-, конусо-, яйце-, баклажано-, груше-, яблоко-, банано-, фасоле-, почко-, эритроцитовидных и других формах. Имеется ли между этими видами повторяющихся форм какая-либо симметрийная связь, которую можно использовать для их систематизации? Оказывается есть, и она базируется на конформной симметрии, на основе которой широкое множество видов повторяющихся форм сводится в небольшое число закономерных простых семейств. Отдельные виды форм из этих семейств будем

называть морфогенетическими модулями, поскольку они выступают в роли стандартных блоков органических форм. В число данных семейств входят подробно исследованные нами семейства конформных аналогов некоторых поверхностей второго порядка (см. рис. I-3): 1) эллипсоидов вращения (подсемейство конформных аналогов эллипсоидов, вытянутых по оси, включает яйцевидные, баклажановидные, серповидные, почковидные, эритроцитовидные формы; конформное подсемейство эллипсоидов, сжатых по оси, включает формы груши, тутовой ягоды, равновесной и неравновесной гантель, наблюдавшихся при делении клеток и ядер, и пр.); 2) эллиптических параболоидов вращения (сюда входят правильные и искривленные шишковидные и помидоровидные формы); 3) двуполостных гиперболоидов вращения, включая конусы вращения как их предельный случай (сюда входят правильные и искривленные семечковидные, яблоковидные и другие формы).

Эти семейства оказываются не только удобным средством классификации повторяющихся природных форм, но и имеют прямое отношение к устройству некоторых морфологических рядов. Например, формы семейства конформных аналогов эллипсоидов в более или менее полном наборе оказываются реализованными:

- в многообразии форм ядер при ядерном метаморфизе у клеток десцеметовой оболочки, изученном А. А. Заварзином /3, с. 9-28/ (явление метаморфоза заключается в том, что с возрастом форма ядер клеток видоизменяется от сферической в эллипсоидальную, полуяйцевидную, баклажановидную, серповидную, почковидную, гантелейвидную);
- в многообразии форм тыкв, дынь и арбузов различных сортов, описанных Н. И. Вавиловым /1/ в связи с законом гомологических рядов;
- в многообразии форм основных видов эритроцитов у животных организмов в норме и патологии (у человека и млекопитающих эритроцит имеет форму двояковогнутого диска, у верблюда - сжатого по оси эллипса, у рыб и птиц - вытянутого по оси эллипса, при серповидноклеточной анемии реализуется серповидная форма, при других видах патологий крови - формы груши, полуяйца, тутовой ягоды);
- в многообразии форм, наблюдавшихся, по работе /5/, у бактерий пневмококков, и т. д.

Вскрытие подобного единства в кажущемся разнообразии форм ряда дает возможность во многих случаях предсказывать формы, составляющие те или иные морфологические ряды, по виду одной формы из ряда.

Наряду с трехмерными морфогенетическими модулями в морфологических параллелизмах можно отметить существование во многом аналогичных двумерных модулей, часть из которых представлена в таблице на рис. 4. Левый вертикальный ряд этой таблицы содержит кривые второго порядка (встречающиеся в физике как кеплеровские орбиты, сечения эквипотенциальных поверхностей некоторых систем зарядов и т.д.), а строки – соответствующие конформные трансформации образа в их левой клетке, точнее фигуры в остальных клетках являются кривыми четвертого порядка (2). (Такая же таблица составлена нами для описанных выше трехмерных модулей). Эти модули реализуются не только в формах двумерных объектов типа листьев растений, но и в контурах поперечных сечений широкого числа трубчатых биоконструкций: стержней перьев и цевок птиц, волос животных, нервных трубок,остей пчелищ и т.д. (Интересно, что модули наблюдаются и в строениях, инстинктивно возводимых насекомыми и другими животными организмами). Получаемые результаты говорят о том, что клетки, из которых сложены все высокоразвитые организмы, являются не единственным примером решения живой природой проблемы строительства тел на основе принципа универсальных блоков, но что существует также набор стандартных форм, используемых в качестве универсальных блоков в органическом формообразовании. И подобно изучению влияния различных физических факторов на клетки надо столь же систематически изучать их влияние на морфогенетические модули.

Вводимые нами симметрические таблицы морфогенетических модулей дают описание не только статичных, уже сложившихся форм (например, самые разные яйца птиц оказываются принадлежащими конформному семейству эллипсоидов), но и ряда процессов онтогенетической трансформации биотел. Эти процессы (к ним относятся, например, онтогенетические трансформации шляпок многих грибов, распускание бутонов некоторых цветков, инвагинации бластулы в гаструлу, и т.д.) формально оказываются просто путешествиями из клетки в клетку наших таблиц и моделируются соответствующей аналитикой. Автор полагает, что указанные таблицы, от-

ражающие лишь определенную часть морфологических параллелизмов, представляют собой только ядро будущих, более полных таблиц морфогенетических модулей, построению которых должно способствовать развитие соответствующей теории.

Обнаружение конформных биосимметрий указывает перспективный путь построения теории морфогенеза на основе конформно-инвариантных уравнений физики, решения которых связаны между собой отношениями конформной симметрии. Многие важнейшие уравнения физики конформно-инвариантны /4/, в том числе уравнение Пуассона для потенциала, описывающее электростатические поля, стационарные поля температур, диффузионные потоки вещества, информации и пр. На основе, прежде всего, этого уравнения и описываемых им физических полей и потоков нами предлагаются модели формообразования и методы физических аналогий, соответствующие формообразующие поверхности, например, с соответствующими эквипотенциальными (эквиконцентрационными, эквигермальными и пр.) поверхностями. Данные аналогии дают удобные модели того, что, например, отдельные процессы морфогенеза могут идти в нескольких конформно-симметричных по своей кинематике вариантах (нормальное, гетероморфное и бобовидное деления клеток и ядер, формообразование конусовидных и бочонковидных раковин моллюсков и пр.). Эти аналогии особо интересны в связи с важной биофизической ролью диффузионных и других явлений, описываемых конформно-инвариантными уравнениями. Вместе с тем допустимо прямое постулирование наличия высшей симметрии у пространства морфогенетических событий, как открывавшее эффективный путь сравнительного анализа морфогенетических образов и процессов независимо от уровня знаний о глубоких причинах этих симметрий.

Надо отметить, что в силу наблюдаемого структурного единства морфогенетических конструкций и преобразований множество явлений морфогенеза может рассматриваться как полигон для обкатки гипотез о возможности новой механики (морфомеханики), базирующейся на группе преобразований более широкой, чем группы Галилея и Лоренца. И здесь наряду с конформной группой точечных преобразований особо интересными представляются группы неточечных преобразований, прежде всего, касательных кру-

говых преобразований Ли и подэргных преобразований.

Литература

1. Вавилов Н.И. Избранные труды. Т.2.М., Изд-во АН СССР, 1962. 455с.
2. Джексон Дж. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965. 520с.
3. Заварзин А.А. Избранные труды. Т.1.М.: Изд-во АН СССР, 1949. 480с.
4. Петухов С.В. Биомеханика, бионика и симметрия. М.: Наука, 1981. 240с.
5. Товарнишский В.И. Молекулы и вирусы. М.: Изд-во "Советская Россия", 1978. 208с.

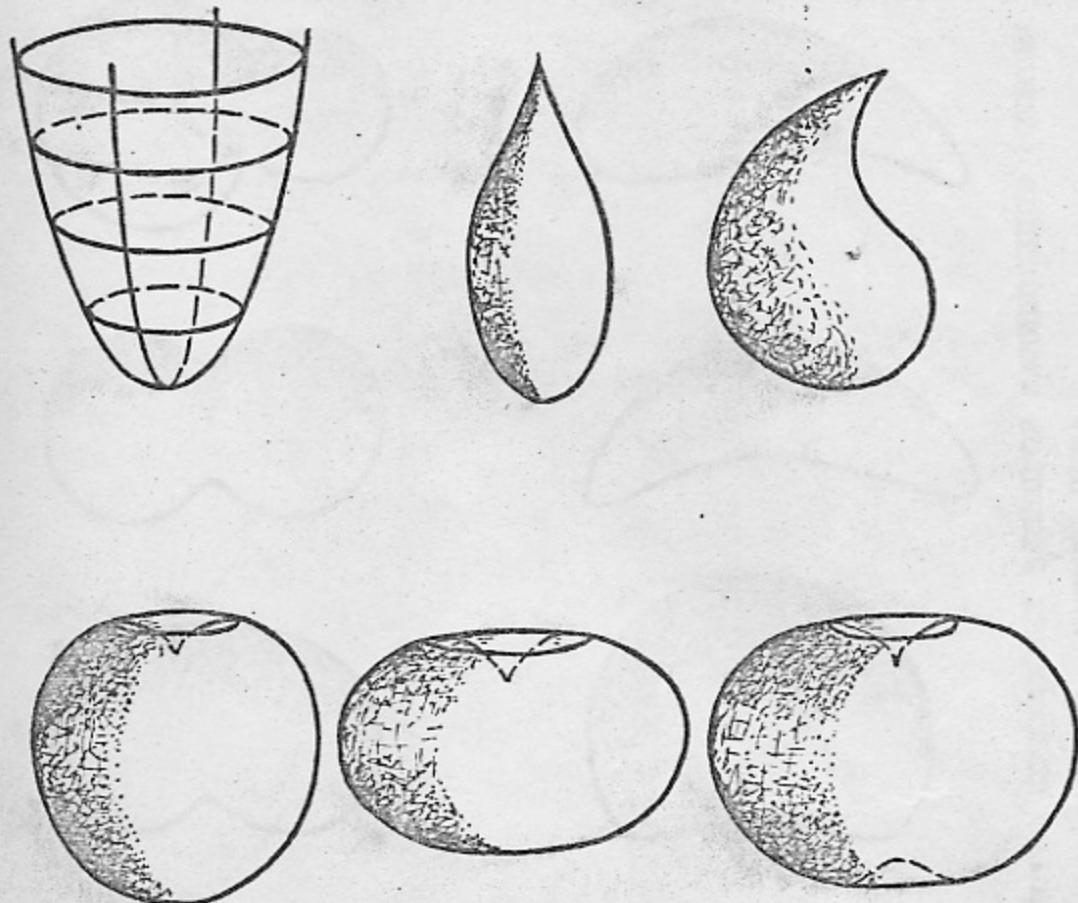


Рис. I Семейство эллиптического параболоида вращения и его конформных аналогов

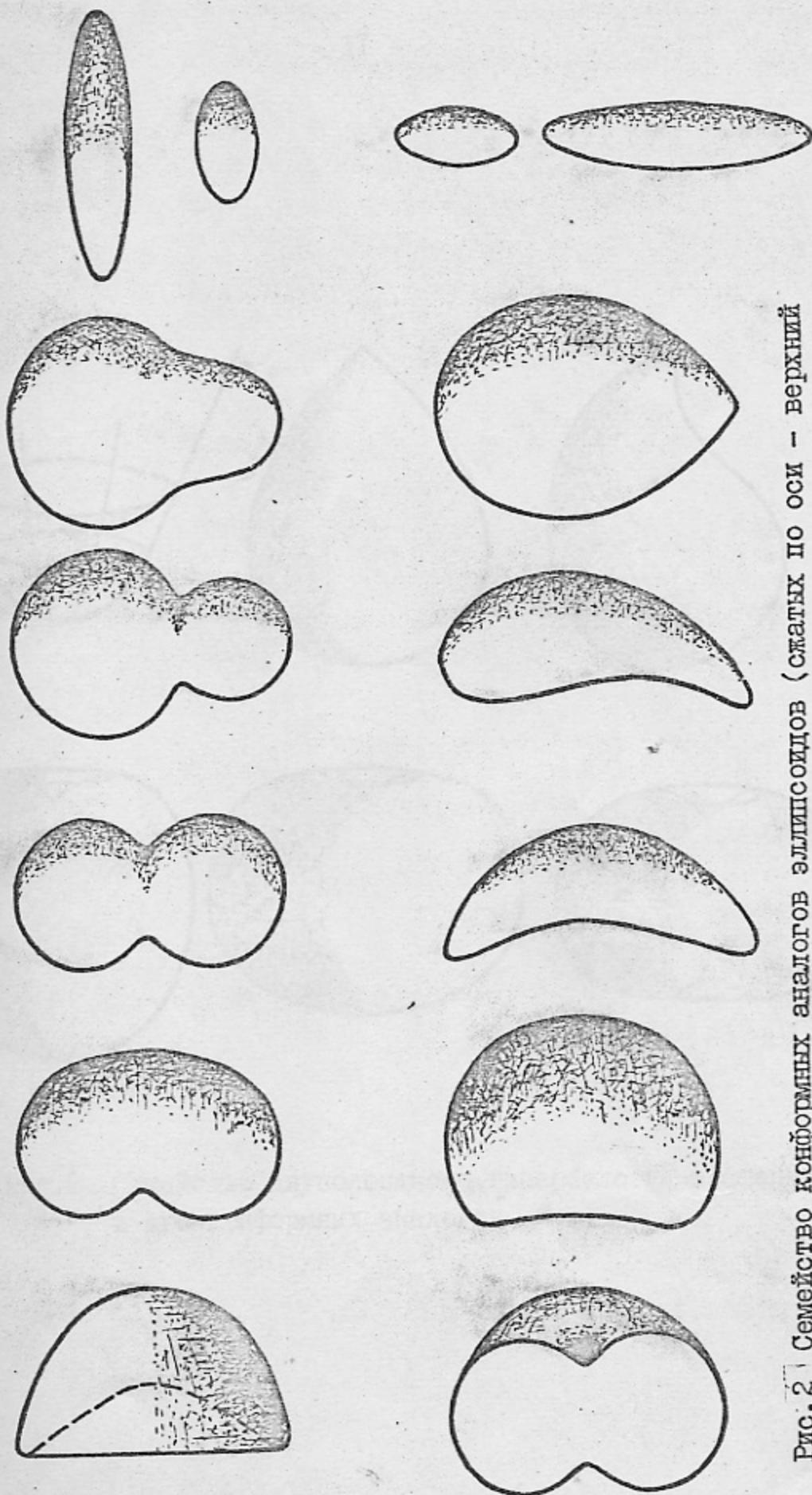


Рис. 2 Семейство конформных аналогов эллипсоидов (сжатых по оси — верхний ряд, и вытянутых по оси — нижний ряд)

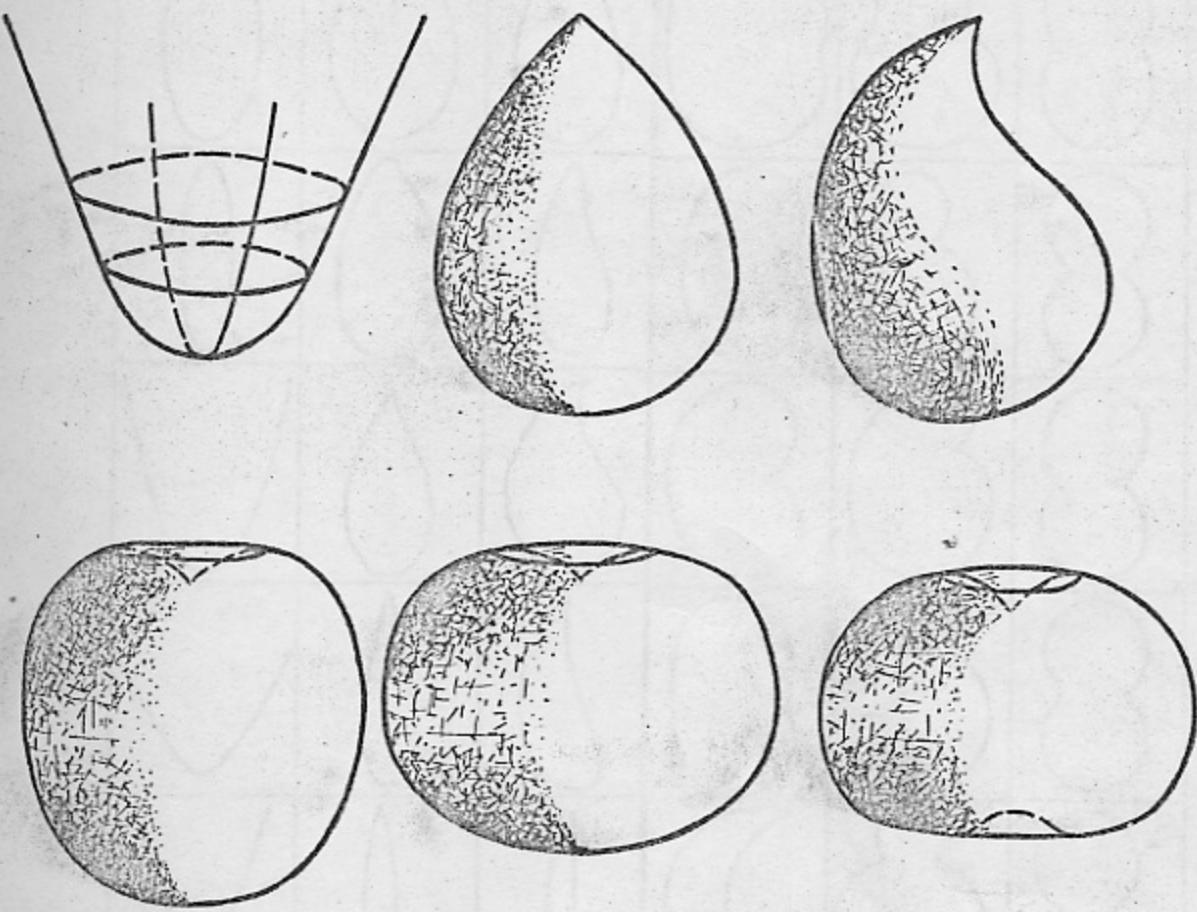


Рис.3. Семейство двуполостного гиперболоида вращения и его конформных аналогов

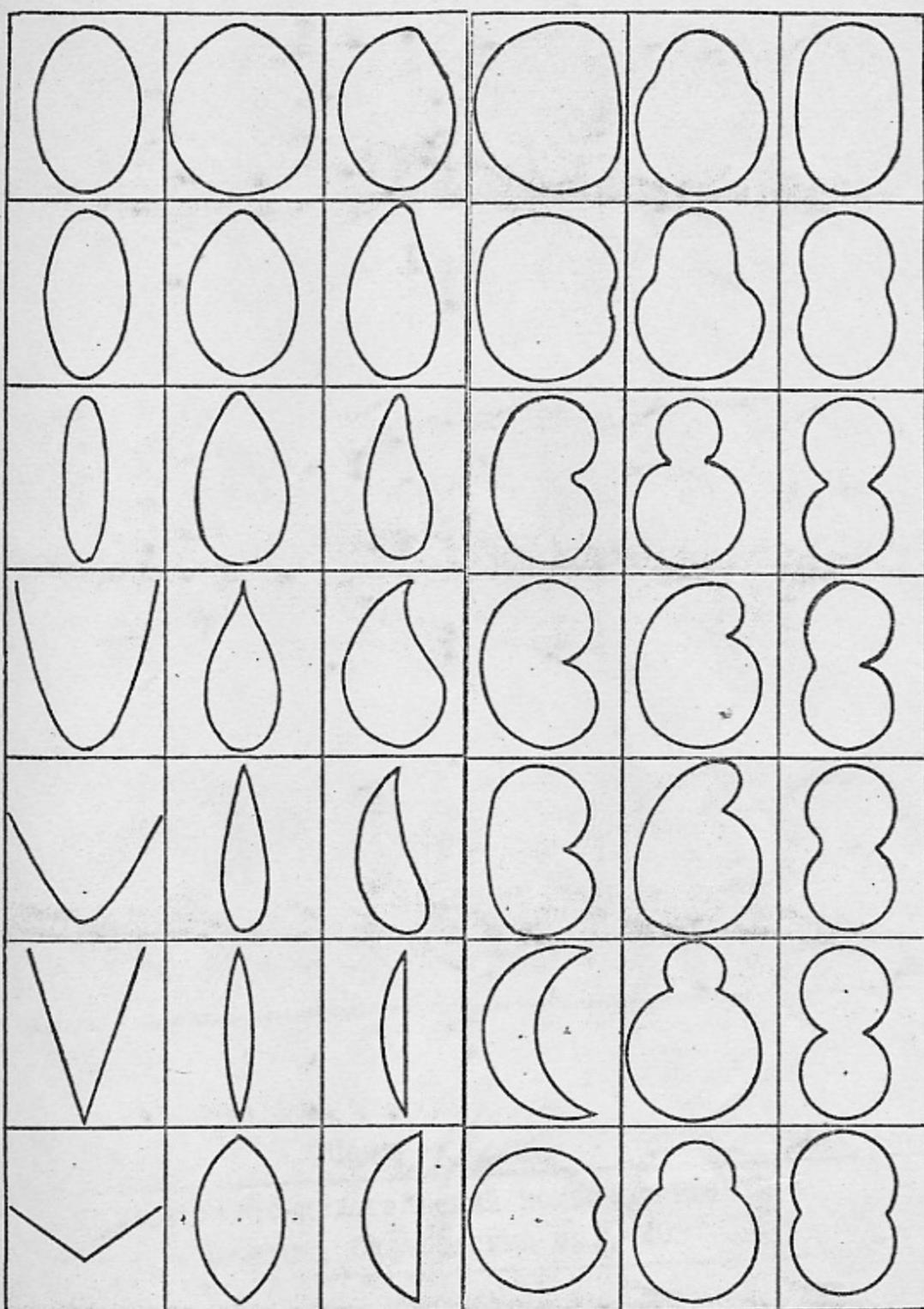


Рис.4. Симметрическая таблица морфогенетических модулей /случай двумерных модулей/