

## II. БИОСОЦИАЛЬНЫЕ СЮЖЕТЫ

### 3

#### Общность и особенности добиологической и биологической эволюции

В. А. Брынцев

*Эволюция – это трансформация и обретение различий, а прогрессивная эволюция – еще и усложнение. Однако постоянные изменения и обретение полиморфизма сочетаются с изоморфизмом, относительной неизменностью законов движения и законов трансформации. Изоморфизму процессов разных уровней организации и посвящена данная работа.*

*Проведено сравнение процессов формообразования на биологических и небιологических системах. Показано, что они имеют сходство в динамике морфогенетических процессов. Показано, что торможение роста систем или их частей ведет к инициализации дивергентных процессов, преформированию зачатков новых направлений развития. Системно-динамический фактор наряду с генетическим и паратипическим является важнейшим фактором морфогенеза. Рассмотрено значение для формирования фенотипа системно-динамического фактора, единого для живой и неживой природы.*

**Ключевые слова:** эволюция, динамические системы, самоорганизация.

#### **Введение**

Биологическая эволюция не может рассматриваться как частный вопрос, вне рассмотрения изменений всего универсума и без выработки общих представлений об универсальной эволюции. Локальный подход неизбежно ведет к ошибкам, недооценке и даже полному игнорированию важнейших эволюционных процессов.

Универсум находится в постоянном движении и в постоянной системной трансформации. От некой начальной временной точки самоорганизации Вселенной до настоящего времени эта трансформация идет в сторону появления новых уровней организации и усложнения систем, что позволяет нам говорить о прогрессивной эволюции. Мы находимся на восходящей ветви глобального цикла, называемого Вселенной.

Поскольку эволюция существует (а об этом нам говорят эмпирические факты), то она может быть только универсальной, затрагивая как универсум в целом, так и все его части.

*Если эволюция универсальна, то она имеет общие законы, единые для всех уровней организации.*

Для биологической эволюции необходимо понять, какие эволюционные механизмы у нее едины с добиологическим миром, а что является безусловным приобретением уровня биологической организации.

### **Общность биологических и небιологических процессов формообразования**

Общность процессов движения на разных уровнях организации достаточно сложно проследить из-за несовпадения пространственно-временных масштабов этих процессов с жизнью человека, поэтому сродство биологических и небιологических процессов долго не входило в поле зрения ученых. Однако сходные процессы порождают сходные формы, что и было замечено.

Одним из первых, кто обратил на это внимание, был известный русский биолог, эволюционист и философ А. А. Любищев. Он увидел сходство форм живой и неживой природы и написал статью, посвященную морозным узорам на стеклах (Любищев 1973).

Действительно, морозные узоры нередко воссоздают растительные формы, показывая часто поразительное сходство. Такие формы могут быть не только плоскими, но и трехмерными, почти полностью воссоздавая структуру, близкую к структуре некоторых растений. Морозные узоры разнообразны, но разнообразие их ограничено, так же как ограничено разнообразие растительных форм. Интересно, что в пределах разных створок одного окна морозные узоры создают рисунок единого стиля. Часто узоры одного стиля могут одновременно образовываться в разных местах. Разнообразие морозных узоров еще ждет своего систематика.

А. А. Любищев подчеркнул, что сходство морозных узоров с растительными формами не случайно, а имеет общую морфогенетическую основу (Там же). Сейчас понятно, что в основе появления таких форм лежат системно-динамические процессы: синергетические (самоорганизация и саморазвитие), фрактальные (самоподобие частей и целого), циклически-рекуррентные, когда повторяющийся циклический процесс, опираясь на уже построенные формы, достраивает их далее.

В своей работе (Там же) со свойственной ему методической четкостью Любищев рассмотрел все возможные основания для сходства, однако особое внимание уделил одному из них. Это самое обширное и разнородное основание – математические и физические **законы роста** и строения тел.

Даже после публикации статьи многие все равно не увидели выделенного А. А. Любищевым основания и объясняли сходство другими причи-

нами, в первую очередь случайными. Например, Б. М. Медников (1982) в «Аксиомах биологии» с недоумением говорит о сравнении Любищевым морозных узоров и живых организмов. Для него без сомнения ясно, что морозные узоры строятся по законам кристаллизации, а форма растений объясняется их наилучшей приспособленностью к фотосинтезу, созданной естественным отбором.

Вместе с тем в своей статье А. А. Любищев подчеркнул, что форма морозных узоров не вытекает из законов кристаллизации Е. С. Федорова и объяснять одной только адаптацией все разнообразие растительных форм также было бы неверно. Любищев писал: «Сейчас мы начинаем понимать, что есть, видимо, законы, управляющие образованием форм в биологии, и некоторые из них сходны с законами, управляющими образованием форм на некоторых уровнях неорганического мира» (Любищев 1973: 25).

А. А. Любищев вслед за Платоном и И. В. Гете видел в образовании сходных форм некую общую идею. Прекрасные примеры сходства биологических и небиологических форм дал А. Лима-де-Фариа (1991). Однако он объясняет сходство чисто редуccionистски – родством (гомологией) живого и неживого на физическом и химическом уровнях.

На наш взгляд, общность биологических и небиологических форм нужно искать в единстве динамики их становления, во вполне реальных системно-динамических циклических процессах (Брынцев 2017).

Динамика образования морозных узоров пока не изучена, а вот как образуются дендритные снежинки, известно достаточно хорошо, более того, различные их формы получают при проведении эксперимента в искусственных условиях.

В основе каждой снежинки лежит кристалл льда, представляющий собой шестиугольную призму. «Снежинки состоят из обычного льда. Но это не замороженные капли дождя <...> Снежинки образуются, когда водяной пар в воздухе переходит сразу в твердое состояние, минуя жидкое. (Так же, видимо, происходит и формирование морозных узоров на стекле. – В. Б.) Именно динамика конденсации водяного пара определяет уникальный внешний вид снежинки... Природа создает снежинку, добавляя молекулы воды к кристаллу при конденсации паров воды на его поверхности» (Либбрехт 2017: 10). Сложные дендритные кристаллы образуются при высокой влажности (перенасыщение  $0,15-0,3 \text{ г/м}^3$ ) и в диапазоне температур от  $-10$  до  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

К. Либбрехт (Там же) указывает, что форма снежинки определяется историей ее роста. В облаке происходит циркуляция, и растущая снежинка постоянно испытывает перепады температуры и влажности. Снежинку может крутить в облаке достаточно долго, что приводит к образованию сложной формы. Поскольку все лучи снежинки испытывают одинаковые изменения, то они растут синхронно.

Структурной основой кристаллизации является топология молекулы воды. В процессе формирования граней происходит переход от геометрической формы молекулы воды к форме снежинки. Но это не простая кристаллизация, дендритные снежинки гораздо сложнее и разнообразнее, чем шестиугольный ледяной кристалл.

Рост снежинки – процесс неравновесный. Неустойчивость ветвления определяется тем, что скорость роста снежного кристалла ограничена медленной диффузией воды из воздуха.

Различают два противоположных процесса – формирование граней и ветвление. Развитие граней, идущее с образованием плоских форм, – это стабилизирующий процесс, а ветвление – неустойчивый процесс, он превращает простые формы в сложные.

Согласно К. Либбрехту (2017), формирование дендритной снежинки происходит следующим образом. У мелких кристаллов преобладают формирование и развитие граней. С ростом кристалла при высокой влажности воздуха углы начинают притягивать больше молекул воды, чем грани, так начинается простое ветвление. Шесть вершин кристалла становятся скругленными и быстро растут.

Однако циклические процессы в атмосфере приводят к тому, что кристалл попадает в область более низкой влажности. При этом он замедляет рост. Вытянувшиеся вершины теряют округлость и образуют грани с четкими углами. Когда кристалл снова попадает в область повышенной влажности, то рост углов опять ускоряется, формируя лучи. Поскольку во время торможения роста на лучах появились углы, то все они начинают быстро расти, и в итоге на всех шести лучах симметрично появляются боковые ответвления. Концы снежинок разветвляются.

Таким образом, на формирование формы снежинки влияют:

– структура молекулы воды – консервативный преформирующий фактор;

– законы кристаллизации – равновесный динамический фактор;

– циклические процессы в облаке, переносящие снежинку из области высокой влажности в область низкой влажности и обратно – неравновесный динамический фактор.

Именно последний фактор отвечает за разнообразие форм дендритных снежинок, не будь его, снежинки всегда представляли бы собой плоские монолитные шестиугольные кристаллы.

Таким образом, причиной образования сложной формы является циклический неравновесный динамический процесс, приводящий к ускорению или торможению роста системы. Именно процессы торможения роста являются причиной дивергентных процессов, появления преформированной сложности. Однако реализация этой преформации может проявиться только при новом росте с положительным ускорением.

Торможение (отрицательное ускорение) и разгон (положительное ускорение) свойственны нелинейным неравновесным динамическим процессам. В циклическом процессе происходит поочередная смена разгона и торможения. Поэтому циклические процессы являются индукторами построения сложной формы. Формирование сложной формы требует циклическости процесса.

Изучение на примере снежинки процессов ветвления (дивергентных процессов) может стать моделью для более сложных, но динамически сходных процессов развития в природе и обществе.

Аналогию процесса ветвления снежинок можно найти у процесса ветвления деревьев. Здесь быстрый рост и ветвление побегов также противостоят друг другу.

Для того чтобы на побеге появились боковые ответвления, рост побега должен сильно замедлиться. Только когда побег останавливается (точнее, сильно замедляется) в росте, на его вершине формируются зачатки боковых почек, так же как при замедлении роста формируются углы на дендритном кристалле снежинки – зачатки будущих боковых ответвлений.

Значение механизма торможения роста для построения разветвленной формы деревьев легче всего увидеть в тех случаях, когда эти механизмы дают сбой. У тропических видов сосен образование пучков хвои (брахибластов), рост побега и образовавшейся хвои происходят одновременно. Это можно сравнить с быстрым ростом лучей снежинки. Пока идет этот быстрый рост, боковые почки (ауксибласты) и, соответственно, боковые побеги не могут образовываться. Ограничен также рост самого побега по диаметру (поскольку он во многом инициируется влиянием апикальных меристем боковых почек). Если торможения роста побега вовремя не наступает (а в тропической зоне с равномерным климатом нет внешних факторов, которые способствовали бы этому), то неразветвленный побег вырастает в длину до нескольких метров и может в конце концов сломаться под своим весом. Такой аномальный рост получил название «лисий хвост». Он является существенной проблемой при выращивании тропических сосен.

Разветвленная форма деревьев, по всей видимости, более адаптивна. За счет нее увеличивается площадь фотосинтезирующей поверхности кроны, увеличивается транспирация, что повышает интенсивность водных потоков в растении. Нелинейность процессов роста (ускорение и замедление) у растений в условиях как сезонного, так и несезонного климата индуцируется внутрисистемными факторами. Они необходимы для построения разветвленной формы растения. У растений с сезонным климатом их внутренняя ритмика подгоняется к внешним сезонным изменениям за счет генетической и эпигенетической регуляции.

Механизмы образования разветвлений при торможении ростовых процессов являются у растений общими с неббиологическими системами. Общесистемные законы циклического формообразования привели к сходству форм растений, морозных узоров на стеклах и дендритных снежинок.

Параллели в неравновесной динамике циклических процессов биологического и неббиологического уровня организации явно не случайны. Мы имеем дело не с отдельными явлениями, а с системными законами онтогенеза (жизненного цикла), морфогенеза (построения формы) и эволюции, распространяющимися на динамические системы разных уровней организации.

Необходимость процессов торможения для инициализации процессов разветвления видна не только на добиологическом и биологическом, но и на социальном уровне организации. Именно в периоды «застоя» в обществе формируются и преформируются альтернативные направления, которые в период последующего роста получают возможности для своей реализации.

Это приводит нас к возможности сформулировать один из общесистемных законов: *торможение роста системы или ее частей ведет к инициализации дивергентных процессов, преформированию зачатков новых путей развития.*

Таким образом, неббиологическая и биологическая эволюции связаны общностью системно-динамических процессов. В чем же отличие биологических процессов и систем от неббиологических динамических систем (предшествующих стадий)?

### **Отличие биологических динамических систем от добиологических**

Добиологическая эволюция основана на самоорганизации и саморазвитии динамических (циклических, вихревых) систем. Ею созданы сложные системы, такие как галактики, звездные системы, планеты. Небиологические процессы могут формировать такие сложные формы, как дендритные снежинки и морозные узоры. Безусловно, те же процессы действуют и составляют основу развития и эволюции биологических систем, однако у них появляются новые свойства. Как и во всем в природе, между живым и неживым нет четкой границы. Однако живое – это новый уровень организации, где самоорганизация создала принципиально новое или использовала зачаточные свойства в другом качестве либо в иных масштабах.

На сегодняшний день можно сказать, что безусловной единицей живого является живая клетка. Так называемый универсальный общий предок (LUCA) являлся элементарной «примитивной» клеткой.

К свойствам такой клетки относятся:

1. Обособление от окружающего мира с помощью оболочки.
2. Размножение, которое ведет к увеличению количества потомков дивергентным способом. Размножение свойственно многим (а возможно, и всем) биологическим системам (клеткам, особям, видам). Оно является основополагающим моментом для ряда теорий биологической эволюции.
3. Передача наследственной информации от предков к потомкам на основе матричного копирования. В основе биологической эволюции лежат механизмы *наследования*.
4. Реализация наследственной информации в жизненном цикле клетки.

Таким образом, клетка выступает как основной элемент биологического уровня организации и всей биологической эволюции.

Общие законы роста и развития динамических систем едины как для живой, так и для неживой природы. Однако в живом мире появляется и совершенно новое – это циклы с наследованием.

Рассматривая не только эволюцию биологического мира, но и универсальную эволюцию, то есть эволюцию мира в целом, мы видим, что процессы морфогенеза появились намного раньше процессов наследования. Любая динамическая система имеет свой онтогенез и морфогенез. Поэтому формы, создаваемые живой природой, часто близки к формам, которые создает так называемая неживая природа. Процессы морфогенеза неживых и живых систем в основе являются едиными, но в живых системах появляется генетическая информация, которая начинает фиксировать протекание этих процессов в точках бифуркации.

Таким образом, морфогенетический процесс в живых системах находится под управлением генетической информации. Сами же динамические процессы в системе исконны и автономны. Отсюда могут быть объяснены многие параллелизмы в природе (особенно самые отдаленные, например, между живой и неживой природой).

### **Факторы осуществления фенотипа**

Параллелизм в живой природе может быть связан не только со сходным генотипом (гомологические ряды), не только с влиянием сходных адаптивных условий (морфологическая адаптивная конвергенция, ведущая к аналогиям), но и определяться едиными законами развития динамических систем. Последнее открывает глубинные связи живой и неживой природы, глобальной эволюции.

Таким образом, вместо двух факторов (генотипа и среды) фенотип начинает определяться тремя факторами: системно-динамическим (морфогенетическим), генотипическим и внешним влиянием (паратипический фактор) (см. Таблицу).

В отличие от генетического фактора системно-динамический фактор является активным компонентом. Благодаря ему происходят все транс-

формации и изменения, считывается и транслируется генетическая информация, происходят активная адаптация и встраивание в циклы внешней среды. Системно-динамические факторы наиболее древние, они достались живой природе от неживой и объясняют их сходство и единство.

#### Свойства факторов осуществления фенотипа

Системно-динамический фактор	Генетический фактор	Паратипический фактор
Активный	Пассивный	Активный
Циклический	Линейный	Циклический
Системный	Ограничивающий	Системный
Развивающий	Предписывающий	Многоуровневый
Организирующий	Запоминающий	Питающий
Обособляющий	Сохраняющий	Изменяющий

Системные процессы начинают занимать все большее место в трудах современных морфологов, эмбриологов, эволюционистов, и в становлении фенотипа все чаще начинает просматриваться системно-динамический фактор.

Так, Л. М. Шафранова (2001), отмечая сходные конструктивные элементы разных рангов у растений разных таксонов и жизненных форм, разной зональной и эколого-фитоценотической приуроченности, спорофитов и гаметофитов, пишет, что это конструктивное сходство может быть как неунаследованным, так и функционально или экологически обусловленным. Это дало ей основание считать конструктивное сходство особым типом сходства (при этом она ссылается на А. А. Любищева и С. В. Мейена). Согласно Л. М. Шафрановой (2001), именно конструктивное сходство является одним из источников параллелизмов, широко распространенных в растительном мире. На больших таксономических дистанциях конструктивное сходство обычно расценивается как аналогия, на средних – как параллелизм, обусловленный конвергенцией, на близких – как унаследованное сходство (каковым оно действительно может быть).

А. С. Северцов (2005) наряду с генетическими и экологическими основами выделил онтогенетические основы эволюции и ввел понятие эпигенетических процессов онтогенеза, которые только опосредованно связаны с экспрессией генов и отвечают в первую очередь за построение пространственных структур – топологию организма. «В настоящее время уже понятно, что эпигенетические процессы, регулирующие онтогенез, действуют, наряду с генетическими, начиная с самых ранних этапов развития и на всех уровнях организации» (Там же: 52). Соответственно, усложняется и определение фенотипа. Согласно Северцову (2005), фенотипическая изменчивость имеет три компонента: генетическую, паратипическую (обусловленную влиянием внешних условий) и онтогенетическую (эпигенетическую). Интересно, что А. С. Северцова больше интересуют проблемы полиморфизма (откуда берется изменчивость, им найден



новый ее источник), в то время как А. А. Любищев решает проблему изоморфизма (откуда появляется сходство). И в том и в другом случае источник один – системно-динамическая организация онто- и морфогенеза.

Системно-динамическая организация приводит к тому, что в организации появляется онтогенетическая изменчивость, и благодаря общности организации всех динамических систем данная изменчивость закономерна. Именно из этих закономерностей вытекают номогенетическая концепция Л. С. Берга, гомологические ряды Н. И. Вавилова, «морозные узоры» А. А. Любищева, меронно-рефренная теория С. В. Мейена, диатропика Ю. В. Чайковского.

Опираясь на работы И. И. Шмальгаузена 1938 г., А. С. Северцов (2005: 79) пишет: «...преемственность организации в чреде поколений представляет собой следствие не генетической наследственности, а прочности морфогенетических взаимодействий в процессе онтогенеза».

Роль самоорганизации в морфогенезе глубоко раскрыта в работе В. Г. Черданцева (2003). Рассматривая данную монографию и рецензию на нее, Ю. В. Чайковский (2008: 285) делает вывод, что «онтогенез – не просто реализация генетической инструкции, а самостоятельный процесс самоорганизации, которому эта инструкция лишь задает рамки». Согласно Чайковскому, онтогенез – это последовательность ростов разноуровневых диссипативных структур, ограниченная общим планом. Онтогенез действительно можно представить как скоррелированное развитие динамических (кумулятивно-диссипативных) систем и последовательную организацию новых динамических систем, которые регулируются имеющейся генетической информацией.

Соответственно, встает вопрос: как генетическая информация влияет на системные процессы морфогенеза?

В живой динамической системе гены могут контролировать два процесса: самоорганизацию циклических процессов (динамических систем) и саморазвитие этих процессов. Самоорганизация при этом становится организацией, не теряя в основе самоорганизующегося начала, а саморазвитие становится развитием, также оставаясь только регулируемым саморазвитием. Однако если из организации и развития убрать самоорганизацию и саморазвитие, то ничего не останется, даже информации, потому что ее будет некому считать. Из этого следует, что любая информация, в том числе и генетическая, вторична (и исторически, и процессуально) по отношению к системообразующим процессам. Более того, информация (тем более внутренняя) сама по себе неактивна, активен процесс, который должен считать информацию, подчиниться данной информации, следовать ее инструкциям.

Отсутствие информации, нарушение процесса ее считывания или нарушение восприятия и соответствующего ответа на считанную информацию может приводить к одинаковым последствиям. Сбой под действи-

ем внутренних (мутация) или внешних (морфоз) причин приводит к нарушению процесса. «Тот факт, что морфоз может копировать фенотипические проявления мутации, свидетельствует о том, что и внешние (средовые), и внутриорганизменные (генетические) повреждающие факторы нарушают одни и те же формообразовательные процессы. <...> Морфоз, вызванный каким-либо средовым воздействием, представляет собой фенотипическую копию мутации, а мутация – генокопию морфоза» (Северцов 2005: 78).

И морфоз, и мутация – это чаще всего сбой в установившемся процессе. Система пытается приспособиться к нему, минимизировать его отрицательный эффект, меняя корреляции, что вызывает перестройку всего организма. Поэтому такое нарушение может приводить к определенным эволюционным последствиям. По-видимому, многие сильные морфологические изменения у растений являются снятием морфогенетического регулирования роста. Так, видимо, образуются капы и «ведьмины метлы» у растений. Они вызываются неспецифическими причинами и могут быть как мутациями, так и морфозами.

Однако сбой и деградация ведут лишь к перебору возможных вариантов морфогенеза. Магистральный путь универсальной эволюции – это не путь сбоев и аномалий. Поэтому особый интерес представляет самоорганизация новых процессов (динамических систем). Исходя из изложенных представлений, морфогенетический процесс должен сначала состояться, а уж потом быть закрепленным в генотипе. Один из механизмов генетического контроля – это, видимо, введение ограничений, выбора из возможных нескольких вариантов. Мы наблюдаем это, например, при реализации типов филлотаксиса (Брынцев 2006).

### **Заключение**

Сходство организации динамических процессов приводит к сходству форм в биологическом мире и мире неживых систем. В процессах их морфогенеза можно выделить общесистемные закономерности, свойственные как биологическим, так и небиологическим динамическим системам. В качестве общего в образовании биологических и небиологических форм следует указать на рекуррентный (пошаговый) характер неравновесного формообразования. Каждый следующий шаг морфогенеза опирается на предыдущий, причем эти шаги можно четко выделить.

Мы живем в системно-динамическом мире, и единство мира держится на общности законов движения. В универсальной эволюции универсальны такие процессы, как самоорганизация, саморазвитие, деградация и взаимодействие динамических систем. Естественно, что они специфичны на каждом уровне организации хотя бы уже потому, что реализуются в системах различной природы. Системы и элементы этих уровней различны, а организация динамических процессов сходна. Универсальны движение и его законы.

**Библиография**

- Брынцев В. А. 2006.** *Филлотаксис. Опыт применения компьютерных моделей для решения вопросов теоретической морфологии растений.* М.: ФГУ УМЦ.
- Брынцев В. А. 2017.** *Эволюция в движении: Циклические процессы природы и общества.* М.: Ленанд.
- Либбрехт К. 2017.** *Снежинки: тайна и красота зимней природы.* М.: Добрая книга.
- Лима-де-Фария А. 1991.** *Эволюция без отбора: Автоэволюция формы и функции.* М.: Мир.
- Любищев А. А. 1973.** Морозные узоры на стеклах (наблюдения и размышления биолога). *Знание – сила* 7: 23–26.
- Медников Б. М. 1982.** *Аксиомы биологии.* М.: Знание.
- Северцов А. С. 2005.** *Теория эволюции: учебник для студентов вузов.* М.: Владос.
- Чайковский Ю. В. 2008.** *Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни.* М.: Тов-во научных изданий КМК.
- Черданцев В. Г. 2003.** *Морфогенез и эволюция.* М.: Тов-во научных изданий КМК.
- Шафранова Л. М. 2001.** Проблема гомологии в растительном мире: растения как объект гомологизации. *Гомологии в ботанике: опыт и рефлексия* / Ред. А. А. Оскольский, Д. Д. Соколов, А. К. Тимонин, с. 30–38. СПб.: Санкт-Петербургский союз ученых.