



*КОНЦЕПЦИИ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОГО  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕОРИЙ  
САМООРГАНИЗАЦИИ*

- **1. Возникновение и становление концепций постнеклассического естествознания**
- **2. Динамика возникновения диссипативных структур**
- **3. Устойчивость структур и механизм их эволюции**
- **4. Механизмы потери устойчивости структур, катастрофы, бифуркации, математическая теория катастроф и прогнозы будущего**
- **5. Природные диссипативные структуры (стихии)**



# 1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ



# Три части научной картины мира

- Неорганическая
- Органическая
- Социальная

Процессы самодвижения, самоорганизации имели место, но с точки зрения общего эволюционизма они не были объединены.



# ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИИ

- Последняя четверть XX века
- Диссипативные структуры (Пригожин), синергетика (Хакен, Князева; Курдюмов; Моисеев), теория катастроф (Том, Арнольд), теория автопоэза или теорию Сантьяго (Матурана, Варела) и др.
- Магистральная эволюция непротиворечивым образом объединяет и то, как материя движется, и то, как она мыслит.



## СПЕЦИФИКА КАРТИНЫ МИРА

- Язык диссипативных структур и синергетического (корпоративного) эффекта
- Процессы самоорганизации, самосозидания (автопоэза) и самодвижения
- Самоорганизация - одна из форм организации материи.

Равновесные формы организации, отличающиеся от самоорганизации

+

Нелинейно-динамический класс (физические, химические и биологические структуры, которые ранее принципиально не сводились вместе)



## МИФЫ ЛИНЕЙНОГО, КЛАССИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

- Хаос - деструктивное начало мира.
- Случайность - изгонялась из научных теорий.
- Мир - не зависит от микрофлуктуаций на нижележащих уровнях бытия, от малых влияний космоса.
- Картина мира - причинно-следственные связи
- Однозначное, линейное, предсказуемое воздействие.



# Илья Пригожин

- Самоорганизация — это процесс, в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной динамической системы.
- Система называется самоорганизующейся, если она стремится сохранить свои свойства и природу протекающих процессов за счет структурных изменений.





## КЛАСС СИСТЕМ, СПОСОБНЫХ К САМООРГАНИЗАЦИИ

- - это открытые, нелинейные системы.
- Открытость системы означает наличие в ней источников и стоков, обмена веществом, информацией и энергией с окружающей средой.



## НЕОБХОДИМОСТЬ И ДОСТАТОЧНОСТЬ

- Открытость системы — необходимое, но не достаточное условие для ее самоорганизации: то есть всякая самоорганизующаяся система открыта, но не всякая открытая система самоорганизуется, строит структуры.
- Взаимодействие двух противоположных начал: создающего структуры, наращивающего неоднородности в сплошной среде (работы объемного источника), и рассеивающего (диссипирующего), размывающего неоднородности, т. е. начал самой различной природы.



## 2. ДИНАМИКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР



# Что надо?

- Структуры
- Элементы
- Прочные связи
- Необходимы:

диссипация, рассеяние, передача в  
окружающую среду энергии связи;

внешняя «окружающая среда»

+

исходная неоднородность, к которой  
переходит часть энергии извне.



# ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ

- могут существовать только при наличии непрерывного «сквозного» потока энергии или вещества.



## *ЯЧЕЙКИ БЕНАРА*

- - простейший, классический пример диссипативной структуры - правильные шестигранные конвективные ячейки, возникающие в плоском слое жидкости, подогреваемой снизу



## *ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА ЗЕМЛИ*

- также диссипативная структура, порожденная конвективным переносом тепла и подвижных легких компонентов вещества из глубины к поверхности.



## *СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ*

- результат как внутриземных диссипативных процессов, так и потока солнечной энергии.





## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР

- связано с производством избыточной энтропии.

При определенных условиях, вдали от равновесия, неравновесная стационарная система становится неустойчивой и естественным образом переходит в новое, более организованное состояние (с меньшей энтропией).



# КАК ЖЕ ВСЕ ЭТО НАЧАЛОСЬ? КАК СКОНЦЕНТРИРОВАЛСЯ ТОТ ОГРОМНЫЙ ЗАПАС ЭНЕРГИИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА, КОТОРЫЙ СЕЙЧАС РАСХОДУЕТСЯ?

- Сейчас Вселенная разрастается, 13-17 млрд. лет назад она была сосредоточена в ничтожно малом объеме (в сингулярности).
- Вселенную мы можем рассматривать только как изолированную систему, которая расходует запас энергии «высокого качества» (эта энергия теряет качество, диссипирует), обеспечивая «жизнь» Вселенной.
- Если взять любой ограниченный объем во Вселенной, он будет представлять собой неизолированную, открытую, систему, которая взаимодействует с окружающей средой. В открытой системе, которая непрерывно обменивается веществом и энергией с окружающей средой, этот обмен может обеспечить локальное (местное) увеличение порядка и усложнение структур, включающих, в частности, области временной концентрации энергии, диссипация которой создает условия для возникновения структур следующего, более высокого порядка. Такие области часто в первом приближении могут рассматриваться как изолированные.



### 3. УСТОЙЧИВОСТЬ СТРУКТУР И МЕХАНИЗМ ИХ ЭВОЛЮЦИИ



## ЧАРЛЬЗ ЛАЙЕЛ (1797-1875)

- «Основы геологии», 1830-1833 гг.
- «...все изменения, которые произошли в течение геологической истории, происходили постепенно под влиянием факторов, которые действуют и в настоящее время. Следовательно, для объяснения этих изменений совершенно не нужно прибегать к представлениям грандиозных катастроф — необходимо лишь допустить очень длительный срок существования Земли».




# ЧАРЛЬЗ ДАРВИН

- Теория происхождения видов
- Эволюция жизни идет в сторону усложнения, а сама жизнь есть грандиозное усложнение по сравнению с неживой природой.
- Что является движущей силой эволюции?
- Как осуществляется переход к новой структуре?
- Движущая сила - случайные изменения и естественный отбор, механизм - постепенное накопление признаков, улучшающих конкурентоспособность.



## ОБЩАЯ ЭВОЛЮЦИЯ МИРА

- Движущая сила - расширение Вселенной и диссипация, механизм не такой гладкий, перманентный, включает резкие скачкообразные преобразования структур.
  - Дискретность
  - в вещественной, пространственной структуре Вселенной и каждой ее части,
  - в протекании любых эволюционных процессов, меняющих эту структуру, во времени.
  - Четырехмерное многообразие мира Эйнштейна-Минковского требует, чтобы наблюдаемая дискретная пространственная структура создавалась дискретными во времени процессами.
- 

# Устойчивость

Диссипативная структура - динамическая система, которая сохраняет свою идентичность, стабильность, благодаря непрерывному обмену с окружающей средой и такому характерному свойству, как устойчивость.

- Устойчивость свойственна как статическим, равновесным структурам, так и динамическим.
- Устойчивость - отсутствие существенных отклонений, сохранение основных, важных для структуры характеристик при приблизительном воспроизведении условий.



# Устойчивость

- Связана с реакцией системы, на демпфирование (от нем. Dämpfen — глушить), гашение флуктуаций: в устойчивой системе, вслед за флуктуацией, возникают процессы, приводящие к изменениям, противоположным флуктуации, гасящим ее.





# ПРИМЕРЫ

- Случайное изменение плотности газа в небольшом объеме приводит к возникновению градиента концентрации молекул на его границе, и диффузия немедленно начинает сглаживать это изменение плотности.
- Сопротивление судна переворачиванию обусловлено формой его корпуса и закономерностью распределения груза, благодаря чему при крене возникает возвращающий в вертикальное положение момент.
- Поднятие гор активизирует процессы их разрушения, а прогибание впадин — процессы их заполнения осадками. Поэтому Земля устойчиво сохраняет очень близкую к идеально шарообразной форму.
- Комплекс процессов, способствующих стабильности внутренней среды живого организма при очень сильно меняющихся внешних условиях. Например, температура тела теплокровного животного сохраняется с точностью до 0,1 градуса при изменении температуры внешней среды на величину во много десятков градусов.



МЕХАНИЗМЫ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ СТРУКТУР,  
КАТАСТРОФЫ, БИФУРКАЦИИ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ  
КАТАСТРОФ И ПРОГНОЗЫ БУДУЩЕГО



# ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ

- Конец 60-х годов XX в.
- Французский математик Рене Том
- Русский математик Владимир Арнольд
- Термин «теория катастроф» Рене Том придумал для обозначения качественного изменения объекта при плавном изменении параметров, от которых этот объект зависит.



# ПРИМЕР. МЕХАНИЗМ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ КАКОЙ-ЛИБО СТРУКТУРОЙ.

- Структурные элементы - обладают устойчивостью, - эволюционируют.
- Качественная перестройка структуры или состояния системы = потеря устойчивости.
- Переход системы в новое состояние происходит скачком, который подготавливается изменениями параметров – управляющих параметров.
- Момент скачка определяется некоторым критическим значением параметра, приближение к которому может быть медленным и плавным.
- Последнее ничтожное, в пределе бесконечно малое, изменение какого-то параметра приводит к полной, кардинальной перестройке.
- Снежные лавины, камнепады, сели и другие природные явления.



# ПРИМЕР. НАГРЕВ ГЕРМЕТИЧЕСКИ ЗАКРЫТОГО СОСУДА, ДО ПОЛОВИНЫ НАПОЛНЕННОГО ВОДОЙ

- Разделенные две фазы — вода и пар, по достижении некоторой критической температуры граница фаз мгновенно утрачивается — система перейдет в качественно новое — надкритическое состояние, в котором нет ни пара ни воды как таковых.
- При критическом крене судно мгновенно переворачивается вверх дном.
- По достижении критической массы урана происходит ядерный взрыв.
- При изменении внешних условий дальше какого-то предела живое существо умирает.
- Катастрофы
  - скачкообразные перестройки.

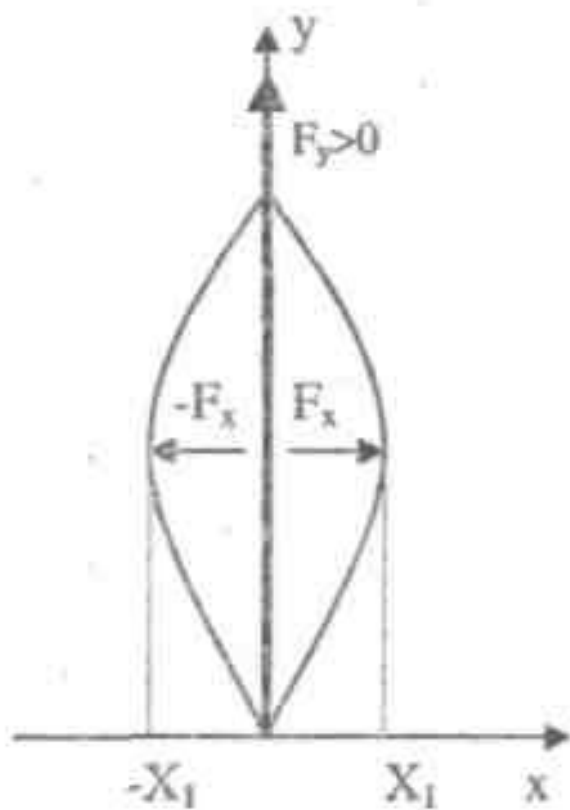


## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ - ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ.

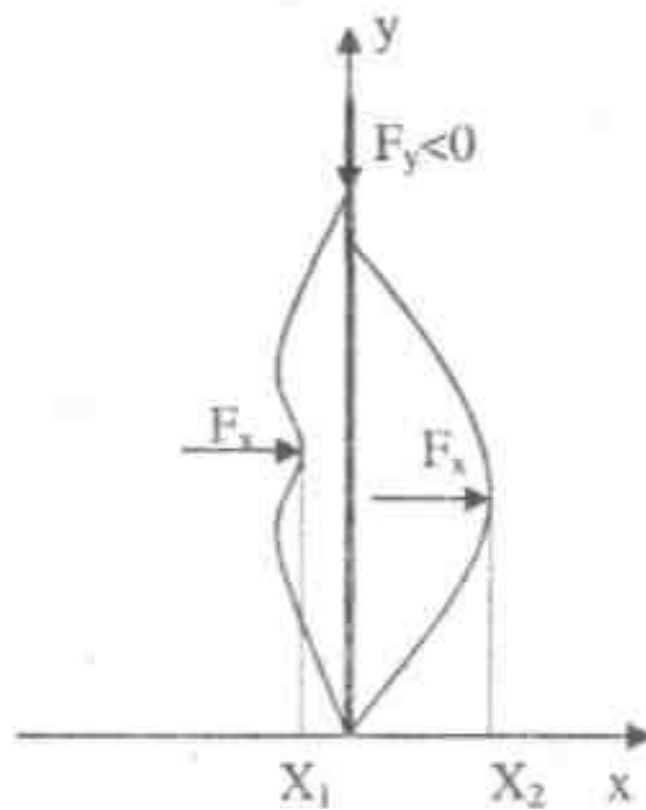
- Описывают не причины изменений в природных системах, а механизм этих изменений и являются следствием их внутренних характеристик.



КЛАССИЧЕСКИЙ ПРИМЕР — ПРОЦЕЛКИВАНИЕ  
ИЗОГНУТОЙ ПЛАСТИНЫ (ПОЛОСКИ, «ЛИНЕЙКИ»).



а



б

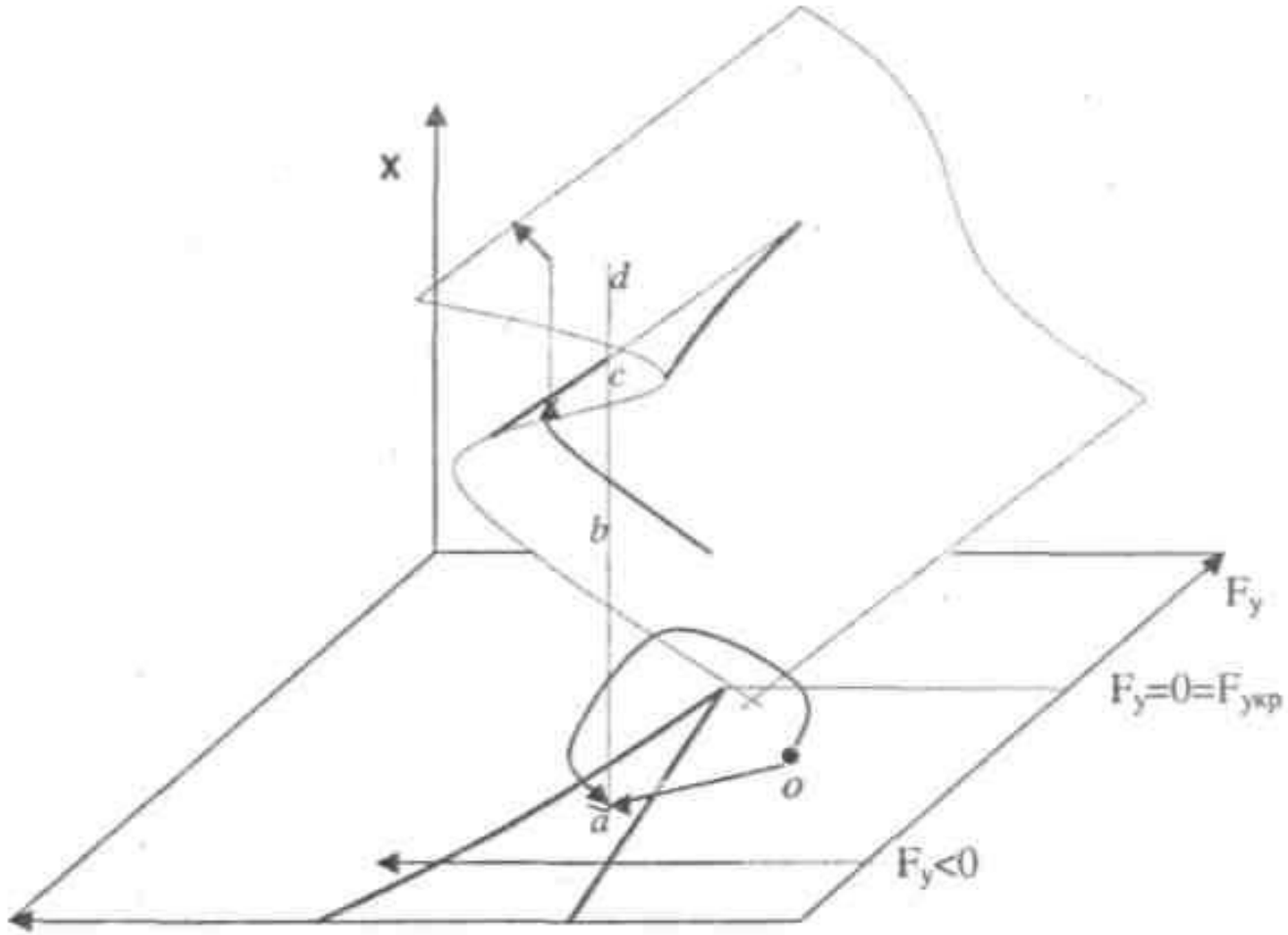


## ПРИМЕРЫ.

- Механическая устойчивость, фазовые переходы, динамика звездной эволюции и популяций живых существ, экономические кризисы и революции.







## СКЛАДКИ И СБОРКИ

- — это структурно устойчивые особенности, то есть особенности не исчезающие при малых изменениях параметров.
- Английский математик Уитни - любая более сложная особенность при малом «шевелении» распадается на складки и сборки.



## ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА

- определить и количественно охарактеризовать основные управляющие параметры. Это достаточно легко сделать для механических систем, несколько сложнее для химических, термодинамических, и часто чрезвычайно сложно для биологических и, особенно, для социальных систем.



# ПРИМЕРЫ

Выводы из теории катастроф применительно к системе, находящейся в устойчивом состоянии, признанном плохим (российская экономика на современном этапе, в начале XXI век), поскольку в пределах видимости имеется лучшее состояние :

1. Постепенное движение в сторону лучшего состояния сразу же приводит к ухудшению. Скорость ухудшения при равномерном движении к лучшему состоянию увеличивается.

2. По мере движения от худшего состояния к лучшему состоянию сопротивление системы растет.

3. Максимум сопротивления достигается раньше, чем самое плохое состояние, через которое нужно пройти для достижения лучшего. После прохождения максимума сопротивления состояние продолжает ухудшаться.

4. По мере приближения к самому плохому состоянию сопротивление, начиная с некоторого момента, начинает уменьшаться и, как только самое плохое состояние пройдено, не только полностью исчезает сопротивление, но система начинает «притягиваться» к лучшему состоянию.

5. Слабо развитая система может перейти в лучшее состояние почти без предварительного ухудшения, в то время как развитая система, в силу своей устойчивости, на такое непрерывное улучшение неспособна.

6. Если, однако, систему удастся сразу, скачком, а не непрерывно, перевести из плохого устойчивого состояния в состояние, достаточно близкое к лучшему, то дальше она сама собой будет эволюционировать в сторону лучшего состояния.



## 5. ПРИРОДНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ (СТИХИИ)



# ОБЛАКА

- - имеют отчетливую и наглядную диссипативную структуру (а, кроме того, они еще и фрактальные по своей геометрической природе, о чем будет сказано в следующем параграфе). Это динамические образования, существующие лишь при условии непрерывного переноса влаги потоками воздуха.
- - очень упорядоченные структуры, и существует не так много стандартных типов облачности, связанных с совершенно определенными динамическими процессами в атмосфере (хотя мелкие детали формы облаков очень разнообразны и поэтому до сих пор не удалось автоматизировать наблюдения за облаками).



# ТРОПИЧЕСКИЙ ЦИКЛОН

- (от греч. *kyklon* — кружащийся), тайфун (китайское название), ураган (классификация по шкале Бофорта) - это сложнейшая вихревая структура, обеспечивающая скачкообразное усиление рассеяния энергии, накопленной в нагретой воде некоторого участка океана.

Нагреваемая Солнцем вода океана длительное время спокойно отдает свое тепло и влагу атмосфере, там возникают конвекционные потоки, появляются облака, выпадают дожди, часть тепла в виде длинноволнового излучения уходит в космос, в открытое пространство. Но вдруг, по достижении потоком тепла, отдаваемого океаном, определенной интенсивности на участке поверхности достаточно большой площади, характер теплоотдачи резко меняется — возникает тропический циклон.

Огромная скорость ветра и волнение моря приводят к увеличению теплоотдачи с его поверхности в десятки раз. Основное количество тепла отнимается у воды путем испарения. Когда влага конденсируется в облаках, она отдает скрытую теплоту парообразования атмосфере — это очень эффективный механизм теплопередачи. Часть тепла преобразуется в энергию ветра, который усиливает теплоотдачу. Раз начавшись, благодаря такой положительной обратной связи, циклон очень быстро набирает максимальную интенсивность — происходит скачок системы в новое состояние с определенным образом упорядоченной вихревой структурой.

Перестройка, усложнение структуры, способствующее усилению диссипации, как возникновение правильных конвективных ячеек в подогреваемой снизу жидкости (бинаровская конвекция).



## ЦИКЛОН (ТАЙФУН, УРАГАН)

- структура устойчивая: раз возникнув, он сохраняется и при довольно значительном изменении условий, перемещаясь по поверхности океана на большие расстояния туда, где он никогда бы не мог возникнуть, и даже выходит на сушу.





## ГЛОБАЛЬНЫЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ, ЛЕДНИКОВЫЕ ПЕРИОДЫ

- скачки из одного устойчивого состояния в другое.

Оледенение, раз возникнув, способно поддерживать само себя: лед и снег обладают большой отражательной способностью и сильно уменьшают поглощение поверхностью Земли солнечного тепла. Охлаждающее действие постоянных ледников продлевает продолжительность снежного покрова там, где он не постоянный. Лес заменяется тундрой, которая также поглощает тепла меньше, а отражает больше.



# ВУЛКАНЫ

- - процесс аналогичный процессу возникновения и жизни ураганов.
- Устойчивые диссипативные конвективные структуры, резко интенсифицирующие рассеяние внутрипланетной тепловой энергии.
- Зарождаются в определенных тектонически активных районах при определенных условиях и также через какое-то время прекращают свою активность.
- Значительно большее время жизни вулканического центра, по сравнению с временем жизни урагана, связано с значительно большими характерными временами процессов тепло- и массо-переноса в недрах Земли по сравнению с атмосферой.



# ЭКОНОМИКА

- Мир разделен на две хорошо различающиеся системы - на промышленно развитых и отсталых стран.
- Пропасть между этими группами стран продолжает углубляться, а промежуточные устойчивые состояния отсутствуют. Перейти из бедной в богатую группу можно только скачком. Здесь также присутствует положительная обратная связь: снижение потребления сужает рынок, заставляет снижать производство, порождая безработицу и тем самым дальше снижая потребление.
- Бедность приводит к снижению уровня образования, квалификации и технологии, что еще больше усиливает эту бедность.



Спасибо за внимание!

