

# ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Глава 10. Развитие представлений о природе  
теплоты в физической картине мира.

## **10.1. Термодинамическое и статистическое описание свойств макро систем.**

## Макромир описывают 3 концепции:

1. Механическое движение системы описывается классической механикой Ньютона.
2. Внутреннее строение системы и её свойства описывает молекулярно-кинетическая теория.
3. Процессы превращения энергии в системе описываются классической термодинамикой.

## Основные положения молекулярно-кинетической концепции.

1. Любое тело — твердое, жидкое или газообразное — состоит из большого числа весьма малых частиц — молекул (атомы можно рассматривать как одноатомные молекулы);

2. Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом тепловом движении, не имеющем какого-либо преимущественного направления. Интенсивность движения зависит от температуры, поэтому температура показатель хаотичности системы.

**3.** Между частицами существуют силы взаимодействия – притяжения и отталкивания. Природа этих сил – электромагнетизм.

**4.** В отличие от механического движения, нагревание и охлаждение систем может привести к изменению их физических свойств (фазовые переходы – жидкость, газ, твердое тело и т.п.).

**Фаза** – это часть системы, имеющая границу и сохраняющая внутри основные физические свойства системы

*Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа прямо пропорциональна его термодинамической температуре и зависит только от нее:*

$$\bar{E} = \frac{3}{2}nkT$$

для  $n$ -го количества молей,  
где  $k$  — постоянная Больцмана;  
 $T$  — температура.

## **Основное применение молекулярно-кинетической теории:**

- для разработки криогенной и вакуумной техники;
- в космонавтике;
- исследование сверхпроводимости металлов;
- исследование нейтронных полей в ускорителях и ядерных реакторах (термоядерный синтез).

## **Основные понятия классической (равновесной термодинамики).**

**Термодинамическая система** – это система, состоящая из большого числа частиц, взаимодействующих между собой.

Термодинамические системы могут быть:

- а) изолированными (замкнутыми) – это те системы, которые не сообщаются с окружающей средой ни работой, ни теплом, ни веществом, ни информацией. Другое название – равновесные.
- б) открытыми – сообщаются с окружающей средой. Открытые системы не изучаются классической термодинамикой.

# Термодинамические законы.

Классическая термодинамика описывается двумя законами:

**1. Закон сохранения и превращения энергии** - *первое начало термодинамики.*

$$Q = \Delta U + A,$$

где  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии,  $A$  – работа.

*Количество теплоты, сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии и совершение телом работы.*

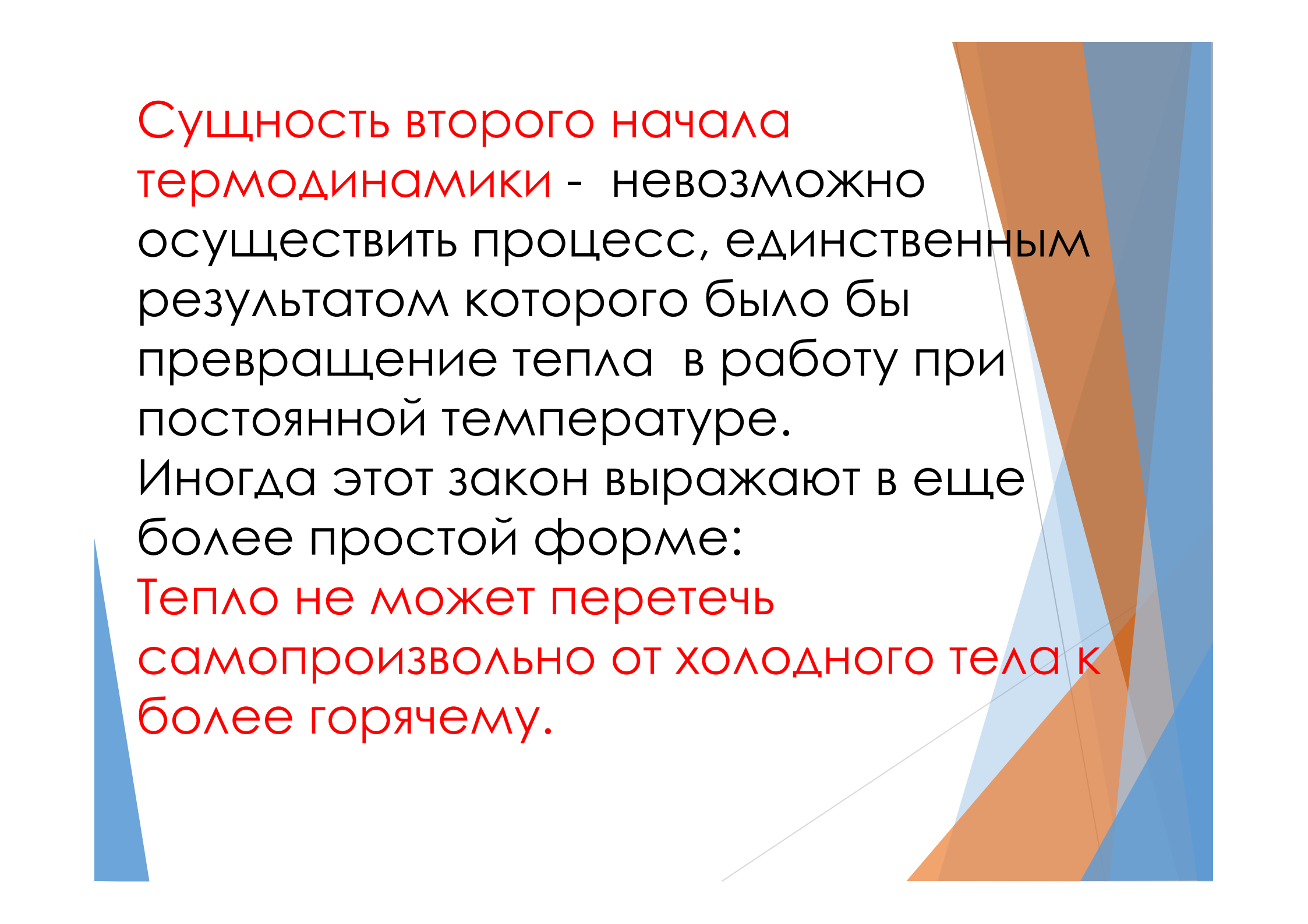


## **2. Второй закон термодинамики**

рассматривает возможность и направление наблюдаемого процесса.

Если реализуется какой-либо термодинамический процесс, то обратный процесс, при котором проходятся те же тепловые состояния, только в обратном направлении, практически невозможен. Другими словами, *термодинамические процессы необратимы.*

*Всякая предоставленная самой себе система стремится перейти в состояние термодинамического равновесия*



Сущность второго начала  
термодинамики - невозможно  
осуществить процесс, единственным  
результатом которого было бы  
превращение тепла в работу при  
постоянной температуре.

Иногда этот закон выражают в еще  
более простой форме:

Тепло не может перетечь  
самопроизвольно от холодного тела к  
более горячему.

Рудольф Клаузиус использовал для формулировки второго закона термодинамики понятие **ЭНТРОПИИ**, которое впоследствии Людвиг Больцман интерпретировал в термине **ИЗМЕНЕНИЯ ПОРЯДКА** в системе.

Когда энтропия системы возрастает, то соответственно усиливается беспорядок в системе. В таком случае второй закон термодинамики постулирует (закон возрастания энтропии):

**Энтропия замкнутой системы, т.е. системы, которая не обменивается с окружением ни энергией ни веществом, постоянно возрастает.**

**Энтропия** – это количественная мера хаоса в системе, мера неупорядоченности.

Общий итог достаточно печален: необратимая направленность процессов преобразования энергии в изолированных системах рано или поздно приведет к превращению всех видов энергии в тепловую, которая в среднем равномерно распределится между всеми элементами системы, что и будет означать термодинамическое равновесие, или полный хаос. Если наша Вселенная замкнута, то ее ждет именно такая незавидная участь. Из хаоса, как утверждали древние греки, она родилась, в хаос же, как предполагает классическая термодинамика, и возвратится.

# Концепции эволюции реальных систем.

Материя способна осуществлять работу и против термодинамического равновесия, самоорганизовываться и самоусложняться.

**Синергетика** — теория самоорганизации.

Ее разработка началась несколько десятилетий назад, и в настоящее время она развивается по нескольким направлениям:

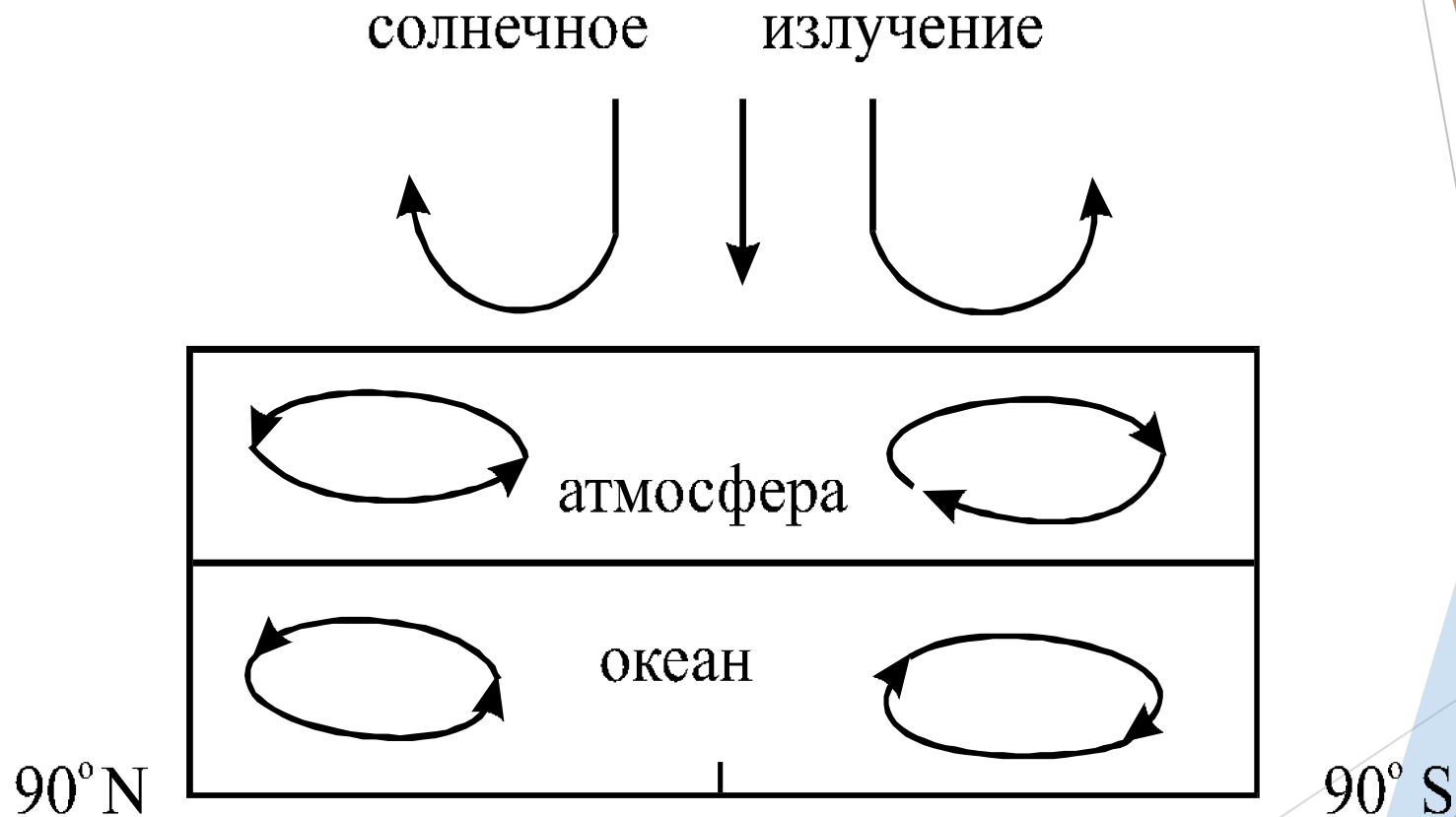
- синергетика (Герман Хакен),
- неравновесная термодинамика (Илья Пригожин),
- теория катастроф (Томас Кун).

**Самоорганизация** - спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее к более сложным и упорядоченным формам организации.

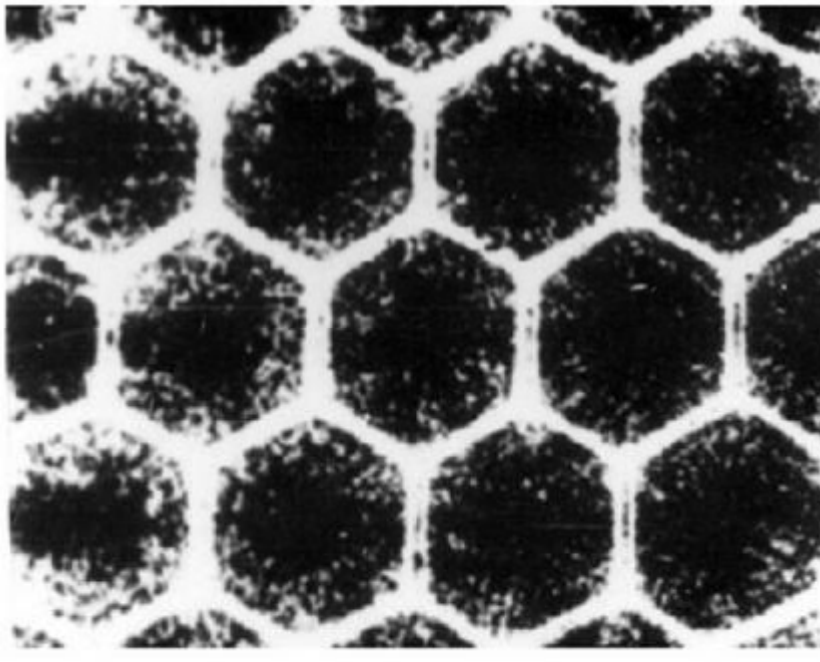
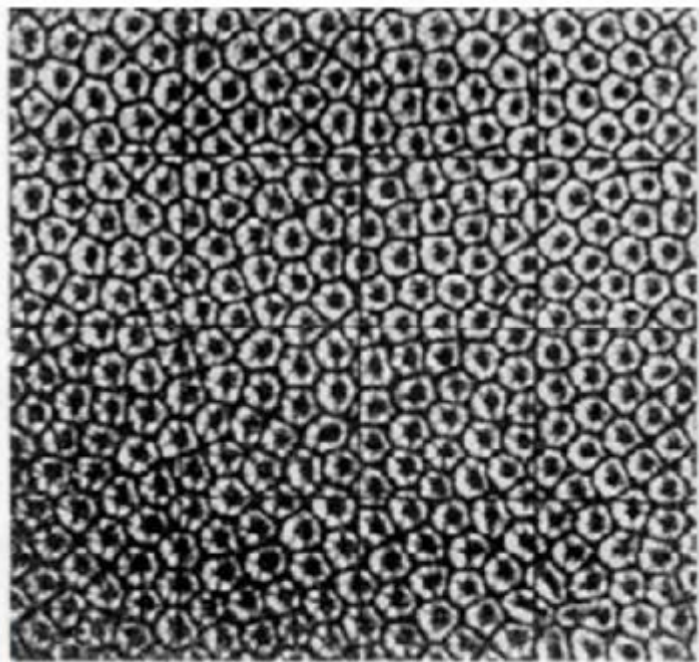
Отсюда следует, что объектом синергетики могут быть отнюдь не любые системы, а те, которые удовлетворяют двум условиям:

- 1) они должны быть открытыми, т.е. обмениваться веществом или энергией с внешней средой;
- 2) они должны также быть существенно неравновесными, т.е. находиться в состоянии неравновесия.

# Образование упорядоченных вихрей в атмосфере и океанах Земли.

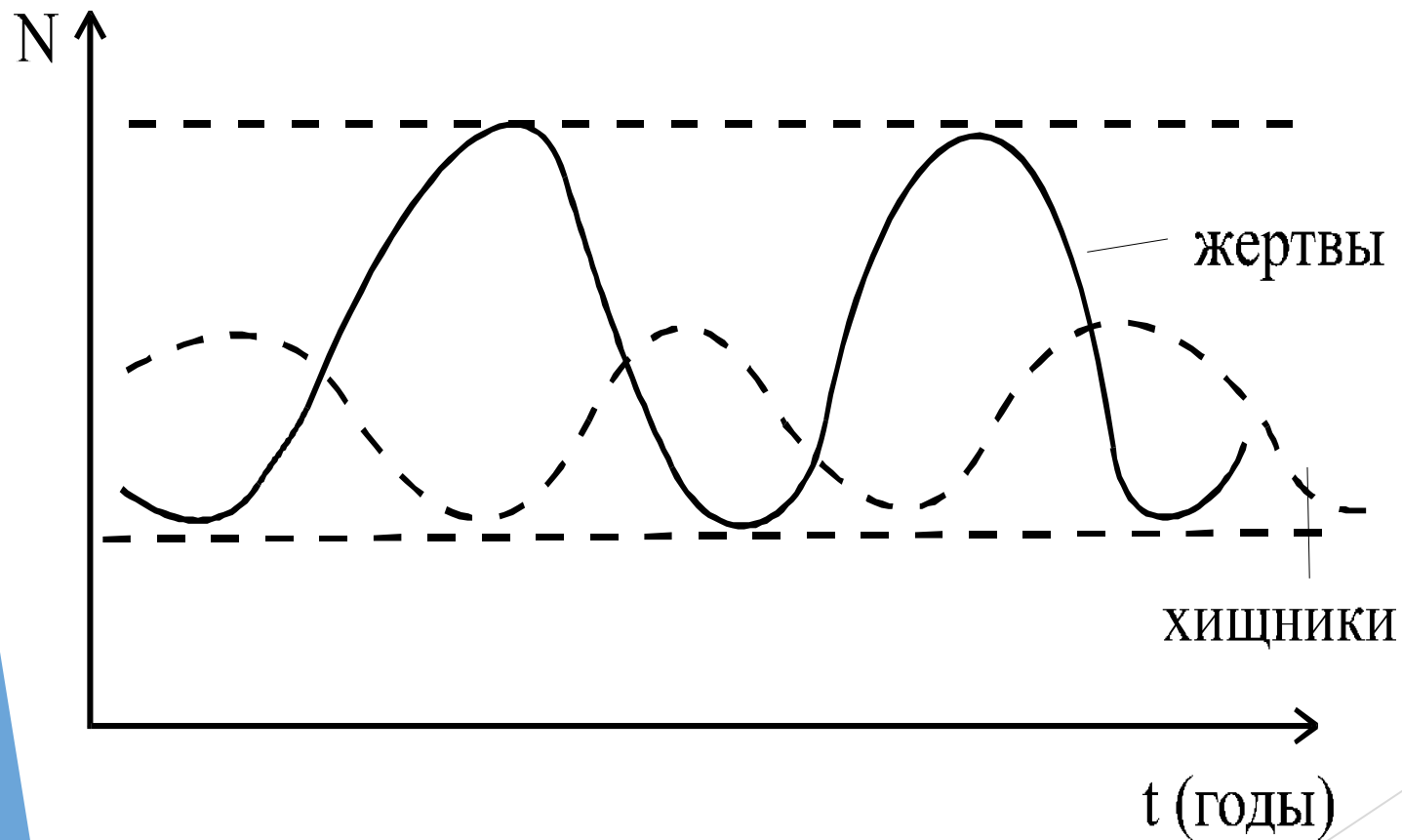


# Шестиугольные ячейки (Бенара)





# Динамика популяции жертв и хищника



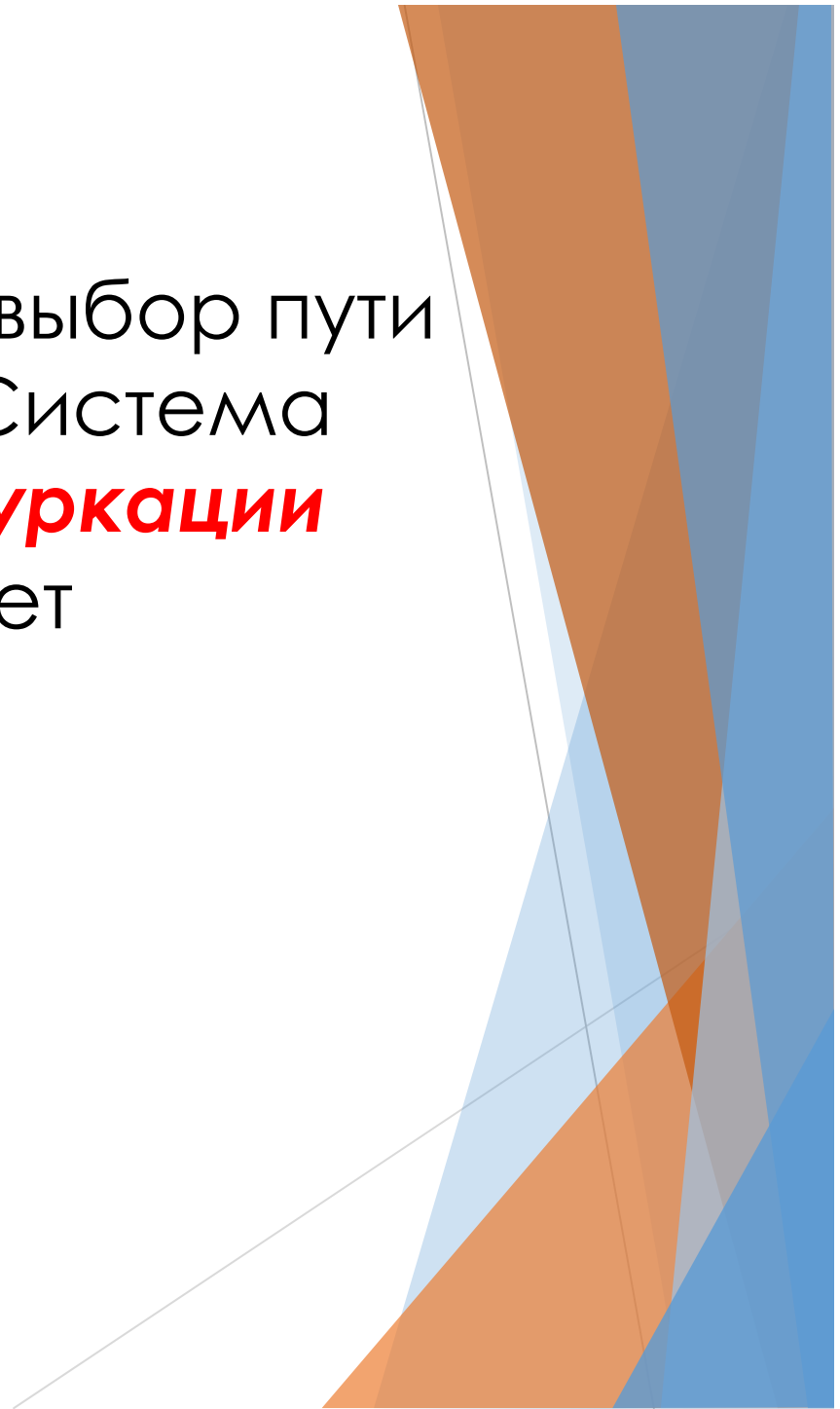
Развитие открытых и сильно неравновесных систем протекает путем нарастающей сложности и упорядоченности. В цикле развития наблюдаются две фазы:

1) период плавного эволюционного развития с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, подводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию;

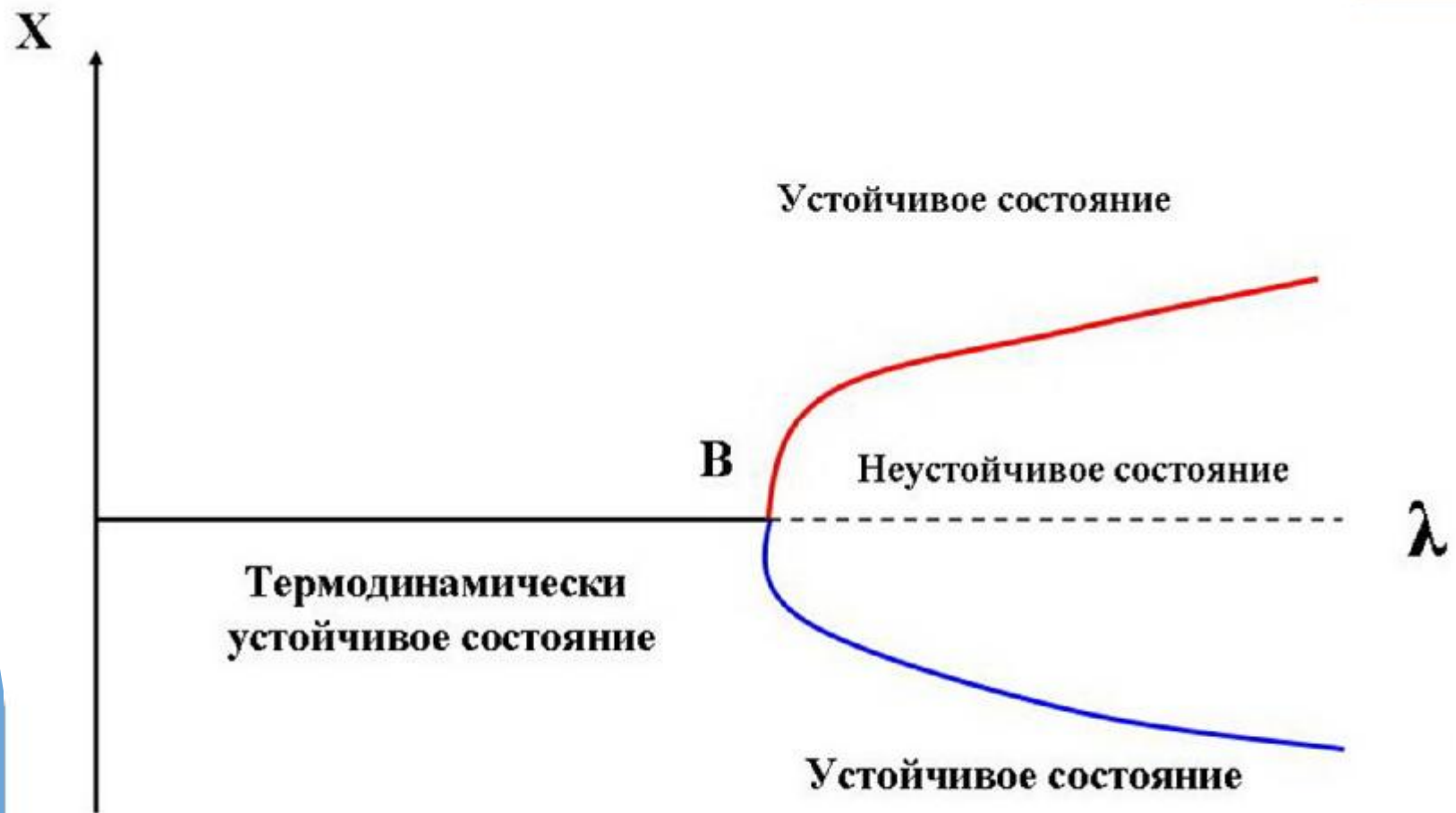
2) выход из критического состояния одномоментно, скачком и переход в новое устойчивое состояние с большей степенью сложности и упорядоченности.

Новый порядок связан с появлением и накоплением **флуктуаций** (случайных отклонений) в системе. В дальнейшем они нарастают и способствуют появлению хаоса в системе. Флуктуации ведут к возрастанию энтропии. Новый порядок всегда восстанавливается через хаос. Флуктуации расшатывают систему, она становится неустойчивой, и любое незначительное воздействие толкнет ее к саморазрушению, а дальше – к выбору пути.

Любая революция есть выбор пути социальной системы. Система приходит к **точке бифуркации** (выбора), где существует несколько альтернатив дальнейшего развития.



# Явление бифуркации



**Аппарат классической термодинамики** – линейные уравнения, дающие всего одно решение.

**Аппарат неравновесной термодинамики** – это нелинейные уравнения, которые дают несколько альтернативных решений, потому что неравновесная термодинамика описывает реальные процессы в природе, живых организмах, социальном обществе.

Открытые системы стремятся к большей организованности, так как энтропия у них не увеличивается. Чем больше информации поступает в систему, тем система более организована, и тем меньше её энтропия.

