

# Биотехнические системы и технологии



**Системный подход к изучению объектов живой и неживой природы**

# Лекция 1.

## Введение. Системный подход к изучению объектов живой и неживой природы

1. Введение.
2. Системный подход к изучению объектов живой и неживой природы: основные задачи теории систем; основные определения и понятия системного анализа; понятие системы, способы описания систем, определение системы, классификация и свойства систем, системный анализ и системный синтез.
3. Основные функциональные характеристики сложных систем.

## 1.1. Введение

Необходимость применения системного подхода для анализа и проектирования БТС:

- Биологический организм является сложным объектом, отдельные элементы которого сложным образом взаимосвязаны между собой.
- Характер данных взаимосвязей не поддается точному математическому описанию.
- Когда мы имеем дело с любым сложноорганизованным объектом, то для его исследования обычно применяется системный подход.

## 1.2. Основные определения и понятия системного анализа

### **Системный анализ:**

- анализ проблем с позиции системного подхода, помогающий связать между собой все известные факты и взаимосвязи, которые составляют существо анализируемой проблемы, и создать обобщенную модель, отображающую эту проблему с максимально возможной степенью полноты.

### **Системный синтез:**

- синтез систем с позиций системного подхода, позволяющий на основе исходных данных (которые включают сведения о назначении системы, ее характеристиках и функциях), знаний элементной базы и опыта проектирования подобных систем предложить обобщенную модель системы, отвечающую поставленным задачам с максимально возможной степенью соответствия при вводимых ограничениях на выбор характеристик ее компонентов.

## Что такое система?

- **Определение 1.** Система - совокупность элементов, определенным образом связанных и взаимодействующих между собой для выполнения заданных целевых функций.

- **Определение 2.** Система - некоторый, класс множеств

$$S = \{M_s^i \ L_s^j \ K_s^h \}$$

где  $S$  – система;

$M_s^i$  -подкласс множеств которые состоят из элементов системы  $S$  ;

$L_s^j$  подкласс множеств, образующихся в результате деления элементов системы  $S$  на подэлементы;

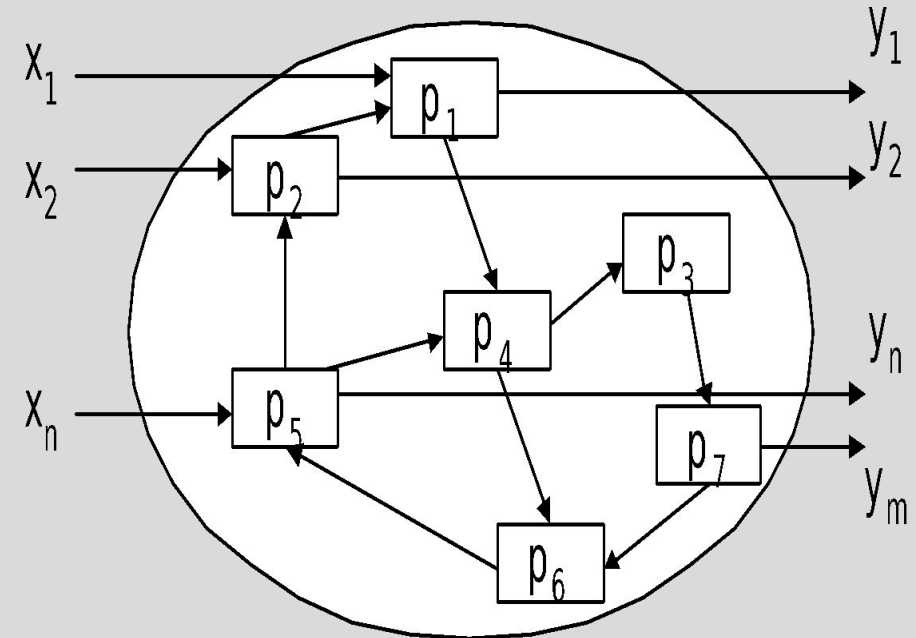
$K_s^h$  - подкласс множеств, в которые рассматриваемая система сама входит в качестве элемента.

# Система как объект исследования

□ Общая схема системы



□ Блок-схема системы



## Закон поведения системы

он выражается системой нелинейных уравнений вида:

$$y_j = f_j (x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_r),$$

где  $y_j$  - выходной сигнал на  $j$ -м выходе системы;  $j = 1, m$ ,

$x_1, x_2, \dots, x_n$  - входные сигналы;

$u_1, u_2, u_r$  - определяющие параметры системы

$f_j$  функционал, связывающий сигнал на  $j$ -м выходе с входными сигналами и определяющими параметрами.

# Классификация систем

- по уровню сложности;
- по характеру поведения;
- по роли в процессе передачи информации;
- по типу связей между элементами;
- по характеристикам элементов.



## Система как объект исследования

- Классификация систем по сложности
  - 1) *простые системы*, состоящие из небольшого числа элементов и характеризующиеся простым динамическим поведением,
  - 2) *сложные системы*, структура которых отличается разветвленностью и разнообразием связей, но поддается точному описанию,
  - 3) *очень сложные системы*, точно и подробно описать которые нельзя.
  
- Классификация систем по характеру поведения
  - 1) *детерминированные*, для которых точно известен закон поведения,
  - 2) *стохастические*, для которых можно определить вероятность того или иного ее состояния.

## Система как объект исследования

- Классификация систем по информационным входам и выходам
  - 1) *информируемые системы*, имеющие хотя бы один информационный вход;
  - 2) *информирующие системы*, имеющие хотя бы один информационный выход;
  - 3) *информационные системы*, имеющие некоторое количество информационных входов и выходов .
- Классификация систем по характеристикам элементов:  
*линейные, нелинейные и гистерезисные системы*
- Классификация систем по типу связей между элементами:  
*замкнутые, разомкнутые,  
с непосредственными и опосредованными связями, прямыми и обратными связями.*

## Способы описания систем

- Функциональное описание
- Морфологическое описание
- Информационное описание
- Генетико-прогностическое описание.

## Функциональное описание

Функциональное описание исходит из целевых функций (одной или нескольких) системы:

- Пассивное сосуществование в качестве материала для других систем;
- Обслуживание систем более высокого порядка;
- Выживание т.е. противостояние другим системам и среде обитания;
- Поглощение и подавление других систем и среды;
- Преобразование других систем и среды и т. д.

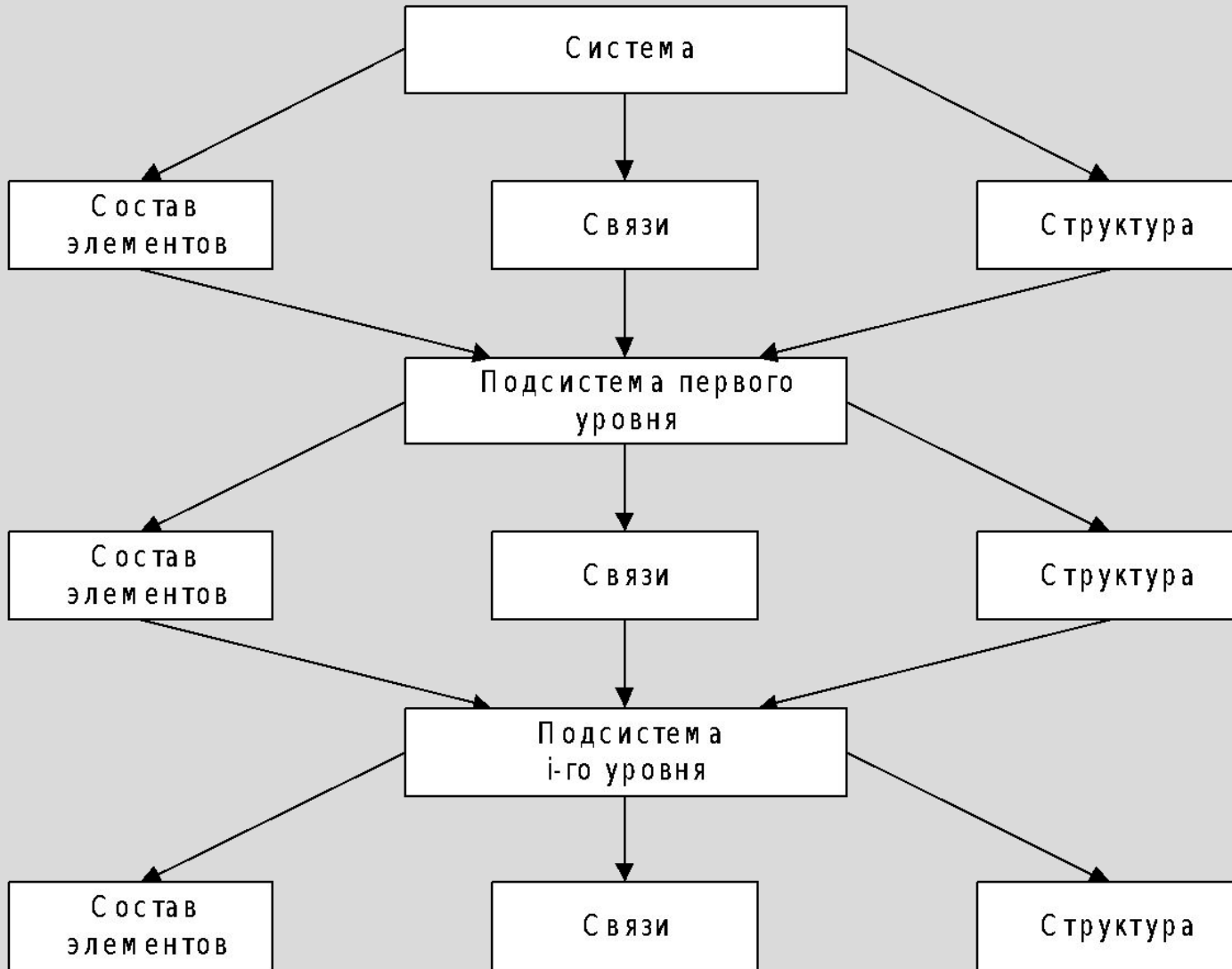
# Функциональное описание



## Морфологическое описание системы

- **Морфологическое описание** начинается с характеристики элементного состава, который может быть *гомогенным* (содержать однотипные элементы), *гетерогенным* (содержать разнотипные элементы), *смешанным*.
- Затем исследуются *свойства элементов*:
  - *по содержанию* (информационные, энергетические, вещественные смешанные);
  - *по степени специализации* (для однотипных функций, для близких (смежных) функций, для разнотипных функций);
  - *по степени свободы* (программные, адаптированные и инициативные);
  - *по времени действия* (регулярные, непрерывные, нерегулярные).
- **Характеристика связей** между элементами внутри системы и между системой и средой:  
*информационные, энергетические, вещественные, смешанные*

# Морфологическое описание системы



**Определяет состав элементов системы**

Элементы по своему составу могут быть:

- информационными,
- энергетическими,
- вещественными,
- смешанными.

## Морфологическое описание системы

Под *структурой* понимается множество всех возможных отношений между элементами внутри данной системы.

Выделяют:

- многосвязные,
- иерархические,
- смешанные структуры.

Наличие иерархии, как правило является признаком высокого уровня организации, каковыми являются биологические системы.

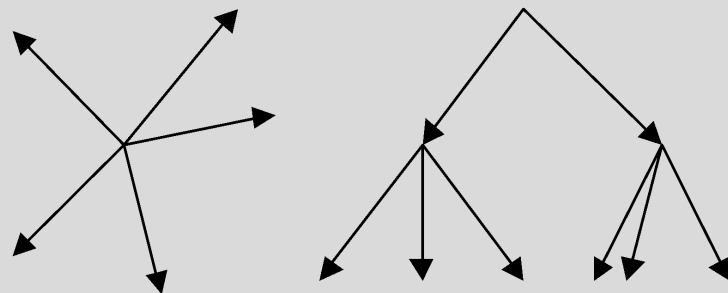
Для *иерархических структур* характерно наличие управляющих элементов.

В *неиерархических структурах* управляющие функции распределены между всеми элементами и группами элементов.

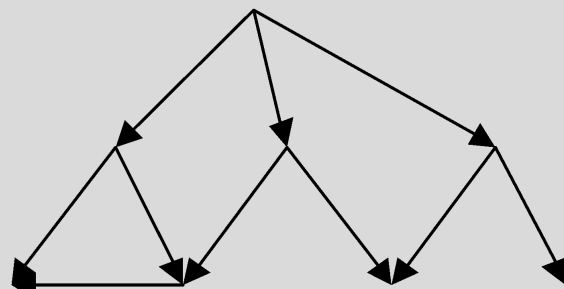


□ Структурные свойства систем определяются характером отношений между элементами системы:

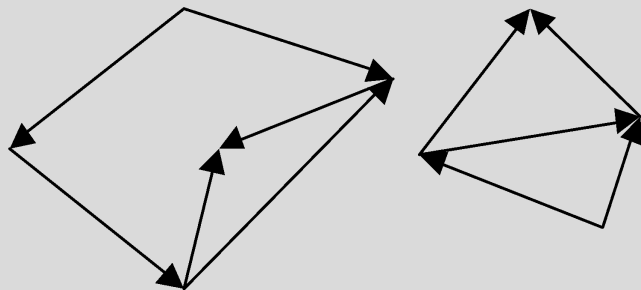
□ иерархические



□ многосвязные



□ смешанные



*Пример:*

*При количестве элементов  $h = 20$  полное число связей между элементами системы  $h(h-1) = 380$ , число вариантов системы 2.*

*Если эта система разделена на  $K=4$  подсистемы  $h=5$  элементов в каждый, а для всех  $k$  подсистем  $h(h-1)K=80$ .*

*Число связей между подсистемой  $K(K-1)=12$ .*

*Т. о. общее число связей  $80+12=92$  вместо 380.*

## Морфологическое описание системы

- Различают следующие типы подсистем (элементов):
  - **эффекторные**, способные преобразовывать управляющие воздействия и воздействовать веществом, энергией или информацией на другие подсистемы, соседние системы и среду;
  - **рецепторные**, способные преобразовывать внешние воздействия в информационные сигналы;
  - **рефлексивные**, способные воспроизводить внутри себя процессы воздействия на информационном уровне;
  - **неопределенные**, которые не могут быть точно отнесены ни к одному из перечисленных типов.

# Информационное описание системы

Информационное описание определяет упорядоченность системы и выражает способность системы предсказывать свое будущее поведение.

Чтобы система существовала, взаимодействовала со средой, она должна обмениваться с ней информацией.

Этот процесс называется информационным метаболизмом.

Вместе с вещественным и энергетическим он определяет полный метаболизм.

## Генетико-прогностическое описание

Генетико-прогностическое описание позволяет проследить исторический путь развития системы:

- выявляет происхождение системы (объекта)
- отражает главные этапы в его развитии
- позволяет оценить перспективы дальнейшего существования
- позволяет разобраться в особенностях их структуры и функционирования
- понять роль и назначение ряда подсистем
- оценить роль внешних и внутренних факторов в эволюционном развитии.

Особую роль данное описание играет при исследовании биологических систем.

## 1.3. Основные функциональные характеристики сложных систем

К ним относятся:

- эффективность,
- надежность,
- качество управления,
- помехозащищенность,
- устойчивость,
- степень сложности.



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Рассмотрение организма с позиций системного анализа
  - 1. Существование организма как целостной системы в условиях частых изменений физико-химических свойств внешней среды связано со значительными энергозатратами. На первом месте на всех уровнях биологической организации выступает экономичность обмена веществ. При этом высшие организмы переходят к более энергоемким продуктам питания (от растительной пищи к животной).
  - 2. Сравнения низших и высших форм показывает, что простейшие одноклеточные организмы находятся в негативных условиях, с одной стороны вследствие несовершенства форм преобразования энергии питательных веществ (основной процесс преобразования - брожение), а с другой, в результате большей площади контакта с внешней средой по отношению к объему организма, что приводит к значительным удельным энергозатратам. У высших форм более совершенны клеточные преобразования энергии (окислительное фосфорилирование).
  - 3. На более высоких уровнях развития клетки, объединенные в одном организме, изолируют себя от управляющей внешней среды, создавая промежуточную, более регулируемую внутреннюю среду.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Рассмотрение организма с позиций системного анализа
- 4. Появление внутренней среды, необходимость поддержания параметров этой среды на условиях нормального функционирования организма приводит к появлению специализированных систем регулирования параметров внутренней среды (температуры, кислотности, давления и т.д.). На уровне отдельных слоев организма принцип экономичности принимает формы минимизации расхода энергии.
- 5. У высших форм организмов постоянный контроль за работой отдельных органов и систем обеспечивается разветвлением рецепторной подсистемой.
- 6. Происходит обособление восприятия и обработки информации от двигательной деятельности, формируется нервная система, функции которой не производительной, а целиком управленческие, организующие.
- 7. Выполнение функций может происходить под влиянием сразу нескольких подсистем, а само влияние выражается в различных физико-химических способах передач управляющих сигналов: гидродинамическом, гуморальном, нервном и т.д.

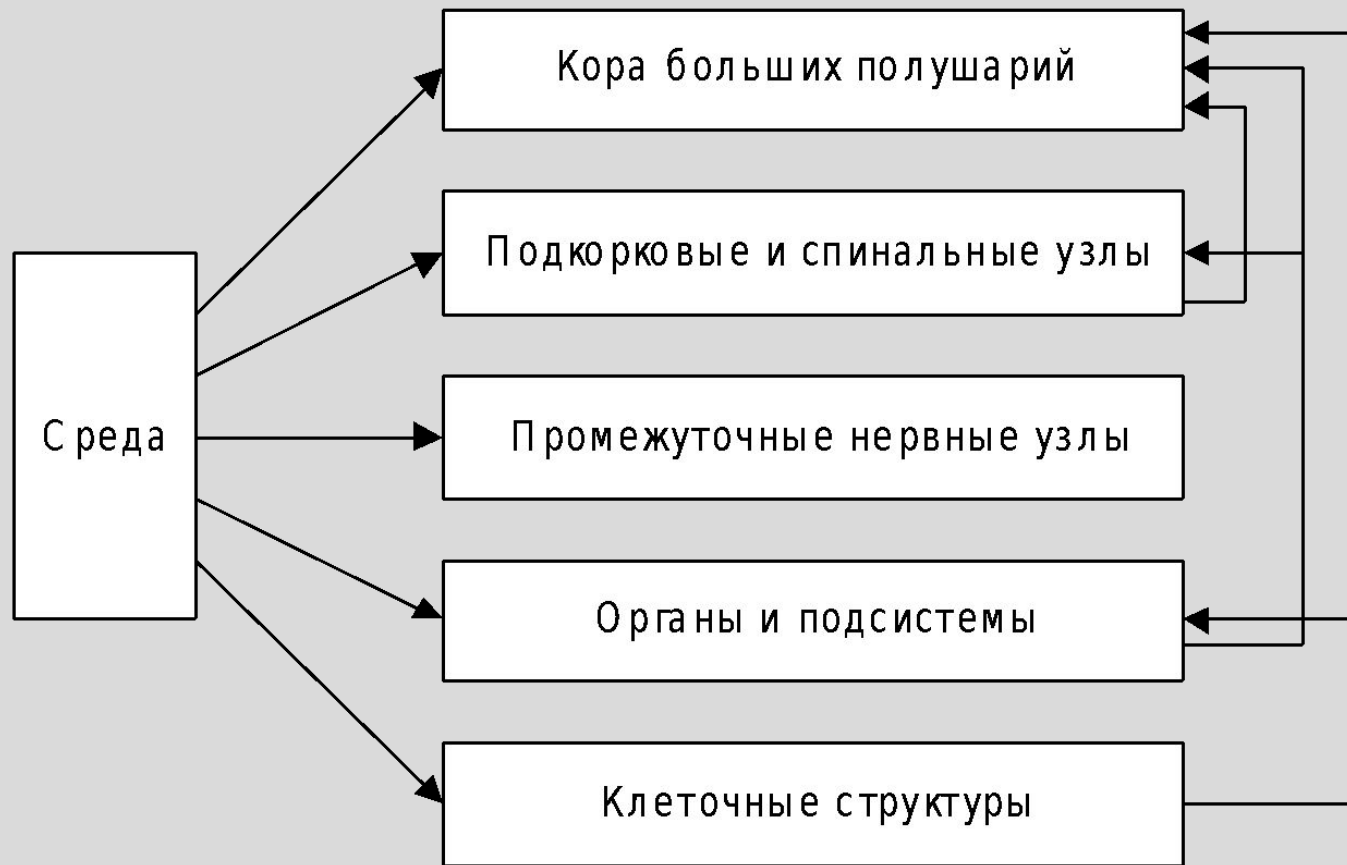


# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Некоторые принципы организации управления, действующие в биологических системах.
- 1. Анализ результатов физиологических исследований позволяет легко обнаружить иерархическую организацию этих подсистем.
- 2. Органы и подсистемы организма, управляемые нервными центрами, решают отдельные частные задачи регулирования в соответствии со своей сложно организованной внутренней структурой.
- 3. Иерархичность структуры организма приводит к тому, что взаимодействие нервной системы с органами и подсистемами строится на принципе последовательности уровней.
- 4. Для нормального функционирования всего организма необходим обмен информацией между уровнями как с верху вниз, так и снизу вверх.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Упрощенная схема многоуровневого управления



# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Зависимость функционального уровня организма от режима воздействия
  - 1. **Совокупность существенных переменных**, описывающих физико-химические свойства внутренней среды организма и физические характеристики **определяет функциональный уровень организма.**
  - 2. В состоянии режима покоя, или слабых воздействий каждая подсистема организма работает по принципу наименьшего взаимодействия.
  - 3. При сильных внешних воздействиях на организм принцип наименьшего взаимодействия нарушается, возникают эффекты непосредственного возмущающего воздействия одних подсистем на другие - эффекты иерархических влияний, доминирования, конкурентных отношений.
  - 4. Попадая в экстремальные условия организм стремится поддержать постоянство наиболее важных показателей в ущерб менее ответственным, т.е. действует принцип поддержания постоянства внутренней среды.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Организация выполнения функций управления
  - 1. В организации выполнения функций у высших организмов принимает участие сразу несколько уровней управления. При этом регулирующий фактор может передаваться разными путями: нервными, гормональными, гидродинамическими, биохимическими и пр.

*Пример: На низших уровнях используется биохимический и гидродинамический пути. На высших уровнях используется гормональный и нервный (нейрогуморальный).*

- 2. Скорость протекания процессов при различных способах передачи сигналов различна. Поэтому для одновременного функционирования всех уровней целостного организма характерен принцип разновременности процессов.

*Пример: Время запаздывания в передаче управляющих сигналов нервным путем достигает 0,3 сек., химическим путем - 3 сек, нейрогуморальным - 3 мин., гормональном - 7 мин. кванты поведения и погрешности созревания составляют соответственно 10 и 30 дней, а жизненные процессы и процессы деградации - 15 и 70 лет. Первые 4 показателя (0,3сек,-7мин.) соответствует гомеостатическим механизмам регуляции, а остальные адаптивным процессам и генетическим эффектам.*