

Министерство здравоохранения РСФСР  
Ленинградский Санитарно - гигиенический Медицинский Институт  
Кафедра Марксистско-Ленинской философии .Зав.кафедрой А.Ф.Камынин

**РЕФЕРАТ**

**на тему : МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И ТЕОРИЯ СИСТЕМ**

Подготовлен  
старшим инженером кафедры  
ГИГИЕНЫ ТРУДА  
Лихницким А.М.

Ленинград 1973 год

# О Г Л А В Л Е Н И Е

## Введение

Глава 1	Проблемы современной биологии	
§1	Причины отставания в биологии	стр 2
§2	Возможные пути решения проблемы	стр.3
Глава 2	Моделирование	
§1	Модели и аналоги	стр 5
§2	Модели описания и модели объяснения	стр 6
§3	Классификация моделей	стр 7
Глава 3	Критика терминального подхода	
§1	Причинные отношения	стр 9
§2	Анализ и синтез	стр 10
§3	Проблема "черного ящика"	стр 11
Глава 4	Системный подход в биологии	
§1	Телеологический подход к биологическим системам	стр 14
§2	Возникновение теории систем	стр 17
§3	Основные понятия теории систем	стр 20
§4	Основные принципы теории систем	стр 24
§5	Решение проблемы "черного ящика"	стр 26
	Литература	стр 28

## ВВЕДЕНИЕ

Характерной чертой научно-технического прогресса  $\bar{X}$   $\bar{X}$  века является всё возрастающий интерес к биологическим наукам. Выдвинулись на первый план проблемы, которые до сих пор заслонялись успехами в области техники и интенсификации производства, однако, именно, развитие техники, урбанизация, рост численности населения послужило причиной появления проблем, которые требуют безотлагательного разрешения ./1/

Среди них главные это:

1. Восстановление экологического равновесия в природе, нарушенного в последнее время.
2. Оздоровление окружающей среды.
3. Поиски новых пищевых ресурсов.

Решение этих проблем в ближайшем будущем возможно при условии высоких темпов развития фундаментальных исследований в области биологии.

В настоящее время биология приближается к важному перекрёстку дорог. С одной стороны идут представители традиционных направлений - зоологи и ботаники; они идут по проторенному пути, который становится всё менее плодотворным и всё более однообразным, так мысль исследователей, работающих в этих областях, в большинстве случаев не отличалась ни строгостью ни творческой силой. Поэтому их работа характеризуется скудостью количественных данных и невысоким теоретическим уровнем. С другой стороны идут представители новой биологии - биофизики, молекулярной биологии, биоматематики и теории систем; они следуют по иному пути, имеющему истоки в математике, физике химии и технике - областях, которые сами отличались изрядной строгостью и концептуальной силой. Но, несмотря на свой внешний лоск и подчас блестящие достижения, работа этой второй группы ученых часто обесценивается из-за недостатка конкретных знаний и даже пренебрежитель-

ного отношения к детальным фактам, касающимся клеток, организмов и популяций, а также их сложной интеграции в пространстве и во времени. Каждый из этих подходов к изучению жизни, взятый в отдельности, может так и не привести к цели — к широкому научному познанию жизненных явлений. С другой стороны, если бы "традиционалисты" могли научиться в большей мере использовать математику и теоретическое мышление, а новая новая школа сделала бы более "биологической", то создавалась бы по существу полная возможность эффективного сотрудничества способного привести к революционным последствиям.

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

### Проблемы современной биологии

#### §1 Причины отставания в биологии

То, что биология ещё не достигла уровня количественной науки с хорошо развитой системой понятий, объясняется рядом причин; некоторые из них обусловлены недостатками самих биологов и их научной подготовки, другие же явно зависят от природы самого предмета. Живые организмы — это многокомпонентные открытые системы, сочетающие в себе поразительную устойчивость с тончайшей чувствительностью к изменениям. Такие системы, важные характеристики которых определяются именно наличием многих сильно взаимосвязанных переменных, представляют трудности для описания, и эффективный анализ их — дело чрезвычайно сложное. Без математики вряд ли можно приступить даже к предварительному анализу объектов, содержащих больше двух или трёх переменных. А ведь внутренние переменные организмов вместе с существенными переменными среды исчисляются сотнями и тысячами. Выбрать среди них те, которые подлежат изучению, и определить минимальное их число, достаточное

для объяснения поведения системы  $\gamma$  - вот главная задача биолога

Таким образом ,первичное накопление данных и их чисто описательная систематизация представляют огромную трудность даже тогда , когда внимание сосредоточено на каких-то ограниченных аспектах системы . По этой причине биологи нередко с головой уходят в сбор фактических данных и игнорировали , иногда даже с презрением , необходимость делать что-то большее. Однако в любой развитой науке первичные факты , или чувственные данные, составляют лишь начало.

## §2 Возможные решения проблемы

После того как факты добыты ,они должны служить основой для создания взаимосвязанных утверждений ,которые могут в конце концов привести к индуктивным обобщениям, гипотезам и законам. Такие индуктивные заключения высшего порядка , для того чтобы их можно было признать ценными, должны удовлетворять определенным философским требованиям , признаваемым за нечто само собой разумеющееся ; таковы например , требования логической плодотворности , здравого смысла , изящества и причинности .

Таким образом , биология , чтобы стать зрелой наукой должна разработать мощную систему основных конструктов , чтобы частные явления можно было объяснить как логические следствия небольшого числа более фундаментальных принципов .

Дальнейшее развитие дедуктивных объяснений с переносом на них центра тяжести имеет решающее значение , если мы хотим вывести биологию из ее нынешнего положения главным образом описательной науки и превратить её в строгую дедуктивную науку, способную объяснить значительную часть своего фактического материала на основе широких обобщений.

Весьма значительная часть биологических явлений объясняется с помощью гипотез, исходящих из представлений о приспособленности как суммарном эффекте свойств, благоприятных для выживания. В зависимости от взятой временной шкалы приспособленность можно рассматривать в аспекте физиологии и экологии (короткие промежутки времени), генетики и индивидуального развития (более длинные периоды времени), эволюции и филогении (геологические масштабы времени). Из этого не следует, конечно, что лежащие в основе адаптации процессы не протекают длительно и непрерывно; это значит лишь то, что временные интервалы, на протяжении которых приобретает значение различные ряды событий, а также пути воздействия их этикетных событий специфичны для разных типов подходов, свойственных указанным областям биологии. Адаптация имеет очевидное отношение к принципу "адекватной конструкции" / 2 / Принцип, согласно с которым та конкретная структура или конструкция, которую мы действительно находим в природе является простейшей из возможных структур или конструкций способных выполнять данную функцию. (принцип максимальной простоты) Дальнейшая разработка этого принципа /3 / конкретизировала меру оптимальности в форме требуемого материала и затрат энергии.

## глава вторая М О Д Е Л И Р О В А Н И Е

### §1 Модели и аналоги

Под моделью понимается мысленное ( концептуальное , умозрительное ) отображение структуры и связей изучаемого явления или процесса . Если, однако , из объектов другой природы удастся подыскать такие свойства, которые могут быть по отдельности подогнаны к свойствам изучаемой биологической системы , то целесообразно построить , из таких объектов и в согласии с гипотезой о всей системе вещественную модель или аналог ( электрический , гидравлический и т.п. ) .

Модель - всё равно осуществлена ли она в виде аналога или нет , всегда содержит в себе скрыто или явно элемент уподобления . С того момента как экспериментатор переходит от простого наблюдения или констатации наблюдений к попытке установить и как-то символизировать внутренние связи этого явления , схематизируя и соотнося между собой эти элементы он , в сущности , переходит от самого явления к попытке установить и как-то символизировать внутренние связи этого явления . Схематизируя и соотнося эти элементы , он в сущности переходит от самого явления во всей его сложности и неповторимости к его упрощённому уподоблению . Вполне естественно , что его мысль всего легче обращается при этом к другим , раньше и лучше изученным областям явлений , с тем чтобы найти среди них наиболее сходные с изученными , сразу перенести присущие и точно известные закономерности на занимающий его живой объект .

Таким образом , ценная сторона моделирования ( независимо от того , воплощены ли модели в аналог или нет ) состоит в том что оно играет направляющую роль подсказывая новые эксперименты , как проверочного так и поискового характера . Эта мысль сформулирована Р.Фишером /4/ так: " Сначала со всей тщательностью

Формулируется некоторая гипотеза ; из неё дедуктивным путем выводятся логические следствия ; эти следствия сравниваются с надлежащими наблюдениями , если эти наблюдения находятся в полном согласии с дедуктивными выводами , то гипотеза считается подтвержденной ". На основе приведенной формулировки может быть четко определена последовательность шагов при планировании эксперимента, которые состоят из:

1. Определение цели эксперимента
2. Введение критериев , обеспечивающих возможность количественной оценки качества получаемых величин .
3. Определение объема априорных сведений и характера накладываемых на процедуру ограничений.

Таким образом , всякое логическое следствие любого закона , даже математического , должно быть подвергнуто экспериментальной проверке , и если оно не подтвердится закон следует отбросить как не приемлимый .

Модель может указать направление поисков , но окончательное решение остается за экспериментом.

## §2 Модели описания и модели объяснения

Модель описывается в терминах , принятых на уровне с более высоким разрешением , чем тот на котором производились наблюдения или эксперименты , в этом случае модель представляет собой объяснение явлений .

Модели сформулированные на языке того же уровня разрешения, на котором получены данные в основе данные обычно представляют собой простое описание.

Так, например , мы осмысливаем термодинамическое поведение , используя статистическую модель действия между образующими тело молекулами.



Для специалистов по тому уровню разрешения, на языке которого сформулирована модель, эта последняя становится не объяснением а описанием. Для специалистов по более <sup>высокому</sup> низкому уровню разрешения попытка специалистов создать модель более низкого уровня вызывает скептицизм, который объясняется трудностями для узкого специалиста объединить большое число "элементарных" объектов. В результате модель строится слишком медленно, либо, чтобы поскорей получить результаты не слишком тщательно и потому неряшливо.

Высмеивать модели, созданные теми, кто работает на более высоком уровне разрешения (на том основании, что эти модели недостаточно полны или неверны) или же предполагаемые специалистами по более низкому уровню разрешения (упрекая их в том, что это всего навсего описания, а не истинные объяснения или они созданы без учета всех имеющихся на нашем собственном уровне данных), значит подавить и, возможно, уничтожить один из важных стимулов в науке.

### §3 Классификация моделей

Модели организменных процессов и явлений делятся на субстратные, структурные и функциональные в зависимости от того, какие стороны оригинала воспроизводятся в модели /2/.

Под субстратной моделью обычно понимается модель, субстрат (материал), которой идентичен материалу оригинала по некоторым или основным свойствам. К такому моделированию прибегают в случае, если например, какое-либо реально существующее явление используется в качестве модели для изучения другого явления. Однако несомненно, элементарными объектами биологии являются физические и химические компоненты организма, т. е. можно теоретически допустить возможность построения модели живой

живого объекта на основе представлений о физическом субстрате, однако молекулярные и субмолекулярные единицы и фрагменты становятся биологически значимыми только тогда, когда они снова собраны воедино и рассматриваются в высокоорганизованном контексте живой системы. Тем не менее представители биофизики и молекулярной биологии, по-видимому, нередко полагают, что физические и химические объяснения жизненных процессов составляют конечную цель биологической науки. Если сформулировать основной вывод из рассмотренного представления то окончательное научное объяснение жизни следует быть по-прежнему биологическим.

Как в историческом, так и в ~~жизни~~ ~~жизни~~ функциональном плане живые организмы обладают рядом общих функциональных особенностей организации и поведения, неизвестных в неживой природе.

В связи с выше изложенным в наше время особенно сильно возрастает роль структурных и функциональных моделей. Возможность построения таких моделей заложена в том факте, что всякий объект имеет функциональную сторону, т.е. соответствующее поведение, и одновременно характеризуется внутренним содержанием. Вследствие этого в принципе возможно моделирование как поведения так и структуры данной системы. Как поведение так и структура биологических систем может моделироваться различными способами; следующие главы посвящены разбору существующих способов построения структурных и функциональных моделей.

# Глава третья КРИТИКА ТЕРМИНАЛЬНОГО ПОДХОДА

## §1 Причинные отношения

Для нашего способа мышления характерно, что мы представляем себе всё происходящее в природе события в виде упорядоченных пар „причина-следствие“. Однако в действительности мы должны исходить из того, что деятельность системы и производные от неё инвариантные во времени отношения могут составлять в общем случае наши собственные знания о системе. Бессмысленно говорить о причинных отношениях между соотносимыми величинами, пока невозможно указать единственно правильный способ для перевода найденных отношений в такую форму, когда одни величины однозначно зависят от других.

Если причинные отношения следуют однозначно из известных инвариантных во времени отношений, то вопросы вроде:

“Что появилось раньше, яйцо или курица?” - не имеют ни какого смысла.

В общем случае причинные отношения в системе нельзя предполагать заранее; они должны следовать, если это можно, из установленных или заданных инвариантных во времени отношений.

Сформулируем условия, которым должны удовлетворять отношения между внешними величинами системы для того, чтобы было возможно сформулировать их в виде причинных отношений:

1. Должно существовать четкое разделение величин на зависимые и независимые.
2. Независимые ~~какие-то~~ величины должны быть такими, чтобы их нельзя было выразить в явном виде или их явное выражение должно быть неоднозначным.

3. Зависимые переменные должны быть такими, чтобы их можно было выразить явно как функции только независимых величин.

Разделение величин на зависимые и независимые в особых специальных случаях задается заранее. Это типично для технических систем, где независимые величины обычно называют входными величинами, а зависимые - выходными величинами. В таких системах поведение рассматривается как инвариантное во времени относительно между деятельностью входных и выходных величин. Мы должны помнить, однако, что в этом случае мы не имеем дела с причинными отношениями, удовлетворяющими всем тем же условиям. Входные величины, например могут быть выражены через выходные величины. Кроме того выходные величины не обязательно однозначно зависят от входных.

## §2 Анализ и синтез

Цель анализа - определить, какое поведение соответствует данной структуре, или другими словами определить причинные отношения. Такая задача в принципе разрешима, если её решение однозначно.

Проблема синтеза систем в определенном смысле является обратной по отношению к проблеме анализа. Её можно сформулировать следующим образом. Задано поведение системы и множество типов элементов из которых она должна состоять, у которых постоянное поведение. Необходимо найти такую структуру системы, которая реализует предписанное поведение и включает только допустимые типы элементов.

Если данного множества типов элементов недостаточно, синтез системы не осуществим. Во всех других случаях проблема синтеза имеет неоднозначный характер, то есть определенное

поведение может реализовываться различными структурами, построенными из элементов одних и тех же типов. По этой причине обычно, выдвигаются дополнительные требования в отношении структуры, например минимальные затраты, максимальная надежность системы и т. д. Тогда задача синтеза - найти из всех возможных структур такую, которая в наибольшей степени отвечает определенным требованиям. Проанализировав предложенную структуру, можно выяснить правильно ли проведен синтез системы.

По сравнению с анализом синтез представляет значительно более сложную задачу. Анализ системы может быть осуществлен, как правило чисто интуитивно, то есть не пользуясь какими-либо формальными методами, в то время как синтез системы в достаточно сложных случаях вообще не может быть проведен без тех или иных эффективных методических средств. Бесмысленно говорить об общей методологии синтеза систем, так как методические процедуры, используемые для различных классов систем, весьма отличаются друг от друга и в значительной степени зависят от типа рассматриваемых систем.

### § 3 Проблемы черного ящика

Термин "черный ящик" обычно используется применительно к любой системе, у которой не известны ни структура ни поведение, но с которой тем не менее можно проводить эксперименты и регистрировать ее деятельность.

Пока у нас нет данных, касающихся структуры черного ящика мы можем получить знания только об относительно постоянном, поведении соответствующем установленной деятельности.

Если у нас имеются данные относительно поведения системы мы можем построить различные гипотезы относительно структуры системы, однако, если у нас есть некоторые данные относительно

структуры чёрного ящика ( нам известны, например, количество и типы его элементов ), мы можем, приняв некоторые допущения, получить в ряде случаев ( с помощью соответствующего эксперимента ) исчерпывающие сведения о его постоянном поведении .

Способы, которыми наблюдатель проводит эксперименты с чёрным ящиком, весьма разнообразны, однако они должны удовлетворять некоторым общим условиям, в частности :

1. Во время эксперимента чёрный ящик должен быть изолирован, чтобы на него не могли воздействовать никакие другие стимулы ( с точки зрения данного уровня анализа ), кроме тех, которые намечены наблюдателем . Конечно, эти условия при изучении некоторых систем, например биологических, может удовлетворяться только приближенно .
2. Наблюдатель должен быть в состоянии оказывать соответствующее воздействие на чёрный ящик в ходе эксперимента .
3. Во время эксперимента экспериментатор обязан запротектировать все имеющиеся пары стимул - реакция, обращая должное внимание на порядок их появления .

На основании протокола стимулов и реакций ( или в других случаях графической записи ) экспериментатор пытается установить постоянное поведение чёрного ящика . Это относительно легко сделать, если система обнаруживает комбинаторное поведение и этот факт известен экспериментатору .

Постоянство же структуры предполагается на основании наблюдения относительно постоянного поведения .

Таким образом, в биологии чёрный ящик - это просто символ для функций какого-то компонента, представляющего интерес . Он не является чем-то метафизическим, недоступным для научного исследования ; это всего лишь полезная для анализа единица, которую можно в известной степени рассматривать изолированно.

Хотя содержимое чёрного ящика неизвестно, обычная цель

видения его в качестве единицы состоит в том, чтобы выяснить, какого это содержания, или сформулировать с ним гипотезу.

Для этого черный ящик пребудет заменит в нашей системе некоторым белым ящиком, содержание которого известно и даже специально подобрано так, чтобы отношения между его входом и выходом были такими же, что и у соответствующего черного ящика. Таким образом, белый ящик представляет собой модель, гипотезу или объяснение способа функционирования черного ящика.

Однако синтезированный белый ящик определяет или задает исследуемую систему лишь с точностью до изоморфизма (т.е. подобия по форме) так как причинно-следственные отношения не определяют однозначно структуры системы. Это, как очевидно, связано с тем, что определение структуры черного ящика происходит в результате применения последовательно двух методов синтеза и анализа.

Однако рассмотренные нами методы однозначного определения структуры систем по заданному поведению применимы только к системам, для которых установлены критерии оптимальности, для живых систем установлены таких критериев и составляет главную задачу разрабатываемой в настоящее время общей теории систем.

К трудностям использования метода черного ящика следует добавить, что для живых систем рассмотренные нами методы не удовлетворяют четыре условия оказываются в большинстве случаев не выполняемыми. Это так же стимулирует теоретическую биологию к поиску более надежных идей, чем те которые она получила от кибернетики, в которой главное внимание уделяется причинным цепям. Именно кризис идей в биологии и послужил поводом к разработке Л. фон Берталанфи общей теории систем /6/.

## Глава четвертая СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И БИОЛОГИЯ

### § 1 Телеологический подход к биологическим системам.

Почему бабочка оранжевая? Цитолог мог бы ответить: "Потому, что она содержит оранжевый пигмент или ген контролирующий его синтез". Представитель популяционной биологии ответил бы: "Потому, что оставить потомство могли только те предки этой бабочки, которые были оранжевыми и, таким образом, будучи похожи на несъедобных представителей другого вида, ввели в заблуждение своих врагов". Ни один из этих ответов нельзя считать более правильным или более глубоким, чем другой. Главное различие между ответами состоит в том, что один из них касается механизма а другой — стратегии при достижении некоторой цели. Цитолог указывает на механизм, в результате которого данная особь стала оранжевой, а популяционист на стратегию, благодаря которой этому виду удалось выжить. Предсказания популяциониста обычно основаны на предположении, что организмы приобрели хорошую стратегию в результате естественного отбора.

Пример показывает, что может существовать два различных подхода: первый рассматривает образование пигмента на уровне физического субстрата, при изоляции процесса от внешних условий и связей со средой. В соответствии с другим подходом образование пигмента рассматривается как результат сложного взаимодействия особи со средой. Последний, в отличие от терминального (причинно-следственного) подхода не ограничивает возможность исследования систем, даже если они не являются изолированными, более того, этот подход в основном и занимается взаимодействием систем и среды, представляя его как целое более высокого порядка, образующее систему, свойства которой не являются очевидными свойствами образующих её элементов.



Представление о том, что целое больше чем сумма частей, хорошо знакома биологам. Современная формулировка этой идеи связана с понятием системы и теории систем.

Совокупность взаимодействующих единиц мы встречаем во многих областях биологии; это могут быть сети нейронов, циклы и метаболизм, генные фонды, особи в некоторой группе, виды в популяции и огромное множество других систем.

Главная задача при теоретическом изучении таких совокупностей состоит в том, чтобы предсказать свойства целого, исходя из правил взаимодействия между его компонентами. С этой целью поведение живого объекта рассматривается как целенаправленное. Термин "целенаправленное" здесь означает, что действие или поведение допускает истолкование как направленное на достижение некоторой цели, т.е. некоторого состояния, при котором объект вступает в определенную связь в пространстве и во времени с внешней средой.

Споры о роли телеологических обоснований в биологии и об их приемлемости начались очень давно и не теряют остроты до сих пор. Фен Брюкке приписывает высказывание (приведенное в работе Дэвиса /7/), в котором он характеризует "телеологию как даму, без которой не может прожить ни один биолог, но с которой, он, однако, стыдится появляться в обществе".

Теория систем вносит свой вклад в эту дискуссию, однако обратимся к истории; когда под целесобразностью понималась целесобразность идеального сверхприродного начала.

Целесобразность стремления, т.е. внутренняя целесобразность, целесобразность приспособленности, надежности вещей к среде их существования, т.е. внешняя целесобразность, особенно резко бросается в глаза при рассмотрении живых существ. Именно поэтому целесобразность организации живого всегда была для телеологов одним из самых веских доказательств бытия

божия. ~~Метафизический~~ ~~то~~ ~~Материализм~~, исходя из механистического понимания причинности (лапласовский детерминизм как стремление из одного механического движения конечных частиц объяснить все свойства мира), не будучи в состоянии объяснить целесообразность вещей, вообще отказались рассматривать это свойство.

К рациональному решению проблемы целесообразности впервые приступили классики диалектической немецкой философии<sup>\*)</sup>. Прежде всего необходимо отметить огромную роль Канта в решении этой проблемы. Кант фактически приступил к диалектическому решению проблемы целесообразности. Целесообразность по Канту, в совершенном взаимодействии причин и следствий, цели и средства, части и целого. Организованным продуктом природы является тот, в котором имеются все цели, а также соответственно средства. Ничто в нём не является напрасным, беспредельным или таким, что можно было бы приписать голому механизму природы.

Шеллинг развивает далее мысли Канта, обнаруживая в природе две формы связи причин и следствий: механизм с разделенным рядом причин и следствий и организм с единством так взаимодействующих причин и следствий, что в процессе его жизнедеятельности причина и следствие, цель и средства непрерывно меняются местами, на основе чего самообновление и репродукция частей происходит без внешнего влияния (т.е. осуществляется внутренняя регуляция). Отличие живой организации от неживой, по Шеллингу, или для неживых заключается в том, что в отличие от неживых систем непрерывно поддерживаемый поток причин и следствий замкнут. Это значит что живое — лишь степень развития неживого; его специфичность возникает только благодаря изменению направления ряда причин и следствий, так что они

<sup>\*)</sup> используется материал М.И. Сетрова Организация биосистем (1971)

начинают регулировать себя, что и ведет к саморепродукции и сохранению организма как целого .

Гегель критикует понимание целесобразности Кантом ( значит и Шеллингом ) лишь как чисто "внутреннего" явления , считая, что организм > есть единство внутреннего и внешнего , где , однако , внутренняя целесобразность является решающим направляющим фактором жизнедеятельности организма . Это новый шаг вперед в диалектическом понимании целесобразности .

Но настоящей победой науки над религиозной телеологией было развитие Ч. Дарвином теории естественного отбора . Целесобразность живого его приспособленность к среде существования Дарвин и объясняет действием непрерывно идущего отбора наиболее приспособленных организмов . Материалом отбора служат всякие случайно возникшие наследственные изменения непрерывно возникающих в геометрической прогрессии организмов . Организмы с вредными признаками элиминируются , а с полезными , соответствующими данной среде и , значит , целесобразными признаками , - сохраняются и размножаются дальше , вытесняя неприспособленных . Таким образом , целесобразность живого имеет простое и естественное объяснение .

## § 2 Возникновение теории систем

Как мы убедились ранее терминальный подход не может раскрыть содержание "черного ящика" биологической природы.

Общетеоретические проблемы , связанные с черным ящиком пытаются разрешить общая теория систем.

Концепция общей теории систем была выдвинута в тридцатые годы австрийским биологом Л. фон Берталанфи . Идея Берталанфи состояла в том , чтобы найти общий подход к общим системам разной природы, будь то сложные неживые

комплексы, системы управления производством или другими крупными операциями, биологические системы вплоть до экологических сообществ. Мы должны отказаться от мысли, будто природа разделена на факультеты, подобно университетам. Разделение труда по дисциплинам перестало быть эффективным" (Л.Акеф).

Хотя общая теория систем возникла уже почти 40 лет назад, она пока не представляет собой сформировавшуюся дисциплину. Скорее это система взглядов, основанная на том, что при изучении различных сложных систем могут оказаться полезными одни и те же общие подходы и понятия, перенос результатов из одной области в другую и желание разговаривать на общем языке. Широкий интерес к теории систем связан в основном с постановкой вопросов; число хоть сколько-нибудь удовлетворительных ответов значительно скромнее.

Вместе с тем по общей теории систем уже написаны сотни статей и довольно много монографий; с 1956 г. существует журнал "General Systems", созданы научные центры, состоялся ряд международных симпозиумов (в 1960, 1963 и в 1966 гг.).

Интерес научной общественности к общей теории систем можно объяснить прежде всего тем обстоятельством, что идея о системах и структурах в настоящее время является одной из самых плодотворных идей. Конкретное воплощение системный подход получили в виде так называемой системотехники, т.е. науки о построении сложных технических систем, в котором важным компонентом являются сами люди.

Системно-структурные исследования находят все более широкое применение и в философии. Особое внимание заслуживает область, получившая название исследование операций. Одной из

наиболее существенных черт операционного исчисления, является стремление получить оптимальное решение, определить оптимальную стратегию. Результаты этих исследований находят широкое применение в управлении.

Основной вопрос, стоящий перед современными системно-структурными исследованиями, состоит в уточнении исходных понятий (система, структура, связь, поведение системы и др.) с тем, чтобы раскрыть принципы функционирования и развития систем. Как отмечает М. Мезаревич /8/, если в прошлом науки создавались в пределах различных обособленных областей знаний, областей, которые имели своим предметом ту или иную конкретную систему (например, биологическую, химическую, физическую и т. д.), то быстрый прогресс в деле накопления фактов и развития самих наук поставил новые задачи более высокого порядка или уровня обобщения. Появилась особая необходимость в создании общей теории, которая стала бы теоретическим фундаментом более конкретных и специализированных теорий. Общая теория систем явилась ответом на потребность именно такого рода.

Общая теория систем не исследует те или другие конкретные системы. Во всех понятиях находят отражения также черты (характеристики), которые являются общими для всех систем.

Согласно М. Мезаревичу основным объектом исследования общей теории систем является "общая абстрактная система" /8/.

Л. Берталанфи сравнивает эту теорию с теорией вероятности, которая может быть применена в самых различных обстоятельствах и областях. В том же смысле некоторые авторы, в том числе и Л. Берталанфи, рассматривают общую теорию систем как метатеорию других наук.

Следуя Берталанфи, общая теория систем (в широком смысле слова) представляет собой фундаментальную науку, которая имеет свои корреляты в прикладных науках, иногда называемых

емых науками о системах .К этим наукам он относит систематехнику , исследование операций , инженерную психологию . Каждая из них использует различные средства : кибернетику и теорию информации , методы линейного программирования и теорию игр/8/

За последнее время достигнуты серьезные успехи в разработке общей теории систем . Несмотря на это всё ещё отсутствует единство во взглядах на вопрос о сущности этой теории и на возможные подходы к её разработке , что , по всей видимости , может быть объяснено только сложностью проблемы .

### § 3 Основные понятия теории систем

Едва ли будет приуменьшением сказать , что в современной литературе существует своеобразный кризис при попытке определить понятие системы . Одни авторы например , определяют систему как совокупность элементов организованных таким образом , что изменение , исключение и введение нового элемента закономерно отражается на на всех остальных элементах ( В.Н.Теплов ) ; другие как всякую совокупность переменных , которые экспериментатор выбирает из числа переменных реальной " машины " ( У.Р.Эшби ) , третьи - как комплекс элементов, находящихся во взаимодействии ( Л. Берталанфи /8/ ) , четвертые - как совокупность , части которой связаны между собой отношениями значения , формы и т. д. . Такое "разноязычие" может быть объяснено как незрелостью теории систем , так и тем фактором , что непрерывающаяся дифференциация научных знаний , в результате которой обособляются новые науки , постоянно стимулирует неоднозначность использования терминов .

В случае , когда данный термин употребляется неоднозначно , можно использовать мудрое правило , согласно которому соответствующий термин необходимо использовать в том смысле который первоначально был вложен в него /8/ .

В связи с этим заслуживает внимание определение системы, которое дал Л. фон Берталанфи /В/ : система - " это комплекс взаимодействующих компонентов". В этом смысле понятие системы является достаточно общим и обстрактным. С целью расшифровки своего определения Л. фон Берталанфи вводит ряд других понятий, таких как целостность, открытая и закрытая система, эквифинальность, дифференциация, централизация и т. д.

В соответствии с точкой зрения Берталанфи разделение объектов на систему и среду является произвольным. Предполагается, что среда для данной системы есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов чьи свойства меняются в результате поведения системы :

✓ Открытая система (по Берталанфи) - это система, которая обменивается со средой веществом и энергией.

✓ Система называется закрытой, если происходит обмен только энергией, а обмена веществом нет.

✓ И наконец, изолированной системой называется система, закрытая для обмена веществом, так и энергией.

Последние два вида систем также называются замкнутыми.

Замкнутые системы изучает физика и химия, в частности термодинамика. Открытыми системами, пока без заметных успехов, занимаются биологи, именно поэтому возлагаются большие надежды на теорию систем.

Для того, чтобы ввести ограничения при выборе границ открытой системы введено понятие целостность.

Целостность - это когда в составе системы есть полный набор элементов обеспечивающий выполнение определённых функций. Несколько другой оттенок получает понятие организация.

Организация - это когда в составе системы есть полный

набор взаимосвязанных элементов образующих целостность, которая направлена на достижение цели.

Понятие организации обычно отождествляется с понятием порядка, тогда как когда говорят об упорядоченности, то имеют в виду организованность системы. Между тем, несмотря на смысловую близость этих понятий, их содержание всё же существенно различается. Существо этого различия состоит в следующем: определении порядка:

Порядок — это когда предметы или процессы соотносятся друг с другом в некоторой временной или пространственной последовательности, при этом идея этого отношения попадает в поле зрения живой системы. (наблюдателя). Порядок это скажем мера возможности для наблюдателя предсказать соотношение предметов или процессов; которые ещё не вошли в поле зрения, на основании наблюдений за некоторой выборкой.

Мера упорядоченности системы является её эффективностью, то мерой упорядоченности является информация, которой располагает наблюдатель относительно не изученного соотношения между предметами и процессами, в некоторой среде.

В противоположность порядку — беспорядок это мера незнания рассмотренных соотношений в среде наблюдателя.

Таким образом понятие организации относится к фундаментальным свойствам живой системы, а понятие порядка к среде, в которой эта система функционирует.

В качестве рабочего определения понятия системы иногда можно использовать следующее: "Система — это множество объектов вместе с отношениями между объектами или между их атрибутами" (определение А.Д.Хелла и Р.Е. Фейджина /8/).

Это определение в большей степени формализовано, чем опре-



деление Бергаламфи, однако полезно, поскольку, оно не связывает систему с какими-либо пространственно-временными границами.

В связи с этим определением дополнительно следует определить следующие понятия:

Отношения - комплекс ограничений, налагаемых на возможные комбинации состояния системы (начиная с двух). С помощью отношений система приобретает целостность.

Объекты - компоненты системы.

Атрибуты - свойства объектов; например такие как температура, расстояние, скорость.

Структура - совокупность отношений в системе между ее подсистемами (предполагается инвариантность во времени этих отношений). Таким образом структура синоним потери свободы, поэтому можно сказать, что структура есть способ разбиения системы на части. Лишь потеря свободы позволяет нам избежать рассмотрения громадного числа возможных элементарных отношений.

Функции - отношение части к целому (например: отношение органа к организму), то есть выражает отношение различных уровней организации. Причем, свойства элементов становятся функцией относительно целого, то есть системы более высокого порядка.

Если структура отражает форму устойчивости объекта, то функции его, движение, развитие.

Исследование законов функционирования общества имеет большое практическое значение, особенно в связи с проблемой разработки теории функционирования и социалистического общества как сложной динамической системы. И в этой области исторический материализм, рассматриваемый как диалектическая теория функционирования и развития, играет первостепенную методологическую роль.

#### § 4 Энергичные принципы теории систем

Теория систем оказалась плодотворной в создании энергичных принципов функционирования и организации биологических систем. Сюда входят : принцип целесообразности , иерархического порядка, эквивалентности , прогрессивной дифференциации интеграции и полимеризации , а также изоморфизма.

Так как принцип целесообразности нами уже рассматривался, поэтому не будем на нём останавливаться и обратимся к остальным.

Любой объект, включая части , определенным образом взаимодействующие друг с другом , и одновременно сам объект , находясь в определенном взаимодействии с другими объектами , есть часть целого уже более высокого порядка ; именно в этом заключается идея иерархического порядка . Таким образом , и е р а р х и я показывает отношение субординации подсистем систем , суперсистем. В этой связи , первичное описание конкретной системы включает указание на тот уровень , который она занимает в общей иерархии систем мира.

В живых системах рассматривается некоторая совокупность иерархий , среди них : пространственная иерархия живого ( частицы , атомы , молекулы , агрегаты молекул , мицеллы , коллоиды , клетка , ткань , орган , организм , колония , сообщества живых организмов ) , иерархия физиологических процессов , иерархия функций и др.

В иерархическом порядке функций организма целесообразность отношения функций разных уровней проявляется в чистом виде ; <sup>здесь</sup> свойства элементов обнаруживаются как функции проявления свойств их систем , в то же время свойства систем оказываются функциями проявления новых свойств системы более высокого порядка. Здесь принцип иерархичности сливается с принципом целесообразности.

В соответствии с теорией систем открытая система может развиваться не зависящего от времени состояния, которое не зависит от исходных условий. Этот вывод получил название принципа эквивалентности.

Наиболее часто, когда система включает некоторый творческий момент или процесс эволюции, она проявляется в виде составов деления на подсистемы, подподсистемы или в возрастающей дифференциации (А.Д.Хели, Р.Е. Фейджи /8/) этот процесс обычно выражается в дифференциации органов организма или процессов управления как по вертикали так и по горизонтали.

Одновременно А.Д.Хели и Р.Е. Фейджи используют понятие прогрессирующей систематизации или интеграции для того, чтобы описать процесс усиления ранее существовавших отношений между частями. Такой тип изменений характерен для всякой эволюционирующей системы.

Прогрессирующая интеграция играет значительную роль в обеспечении жизнеспособности системы, в её усовершенствовании в структурном и функциональном отношении, однако она не в состоянии исполнять такую роль, если не обеспечена необходимая автономность (дифференцированность) подсистем.

Наиболее общим принципом теории систем, красной нитью проходящим через её обоснование, является принцип изоморфизма. Из этого принципа, в частности, и возникла общая теория систем, как обнаруживающая подобие (изоморфизм) общих принципов и даже законов, установленных для различных областей науки. Из этого, в частности, вытекает, что общая теория систем, помимо всего прочего, облегчает также научные открытия: ряд принципов может быть перенесен из одной области в другую без необходимости дублирования работ, как это часто происходит в науке прикладной.

Диаг

Сист

#### § 4 Решение проблемы "черного ящика"

Принципиальным недостатком способа изучения "черного ящика" на основе терминального подхода является то, что отношения между изучаемой системой и окружением не рассматриваются, где под окружением следует понимать другие системы и то, что внутренняя организация системы остается неизменной.

~~С другой стороны~~, системный подход, который рассматривает данную систему как один из элементов иерархии больших систем или суперсистем, допускает построение системной модели, которая может представлять первый шаг на пути к пониманию реальных биологических объектов. При этом системная модель может основываться на словесном описании экспериментальных данных.

Метод с использованием системных моделей позволяет получить реалистическую оценку допущений, которые необходимы для дальнейшего построения более детализированной математической модели; кроме того указывает на новые эксперименты, которые необходимы для решения вопроса, какая из моделей лучше согласуется с рассматриваемой биологической системой; в дополнении к этому: общая теория систем создает основу для установления связи между такими формальными понятиями, относящимися к поведению (как адаптация, эволюция и т. п.), которые получают точное определение в обстановке минимальной математической детализации. Применительно к биологической науке, только системный подход позволяет выделить адекватные допущения для построения биологических моделей.

Необходимо отметить, что в формировании системного подхода значительная роль принадлежит советским ученым А.А. Ухтомскому, Н.А. Бернштейну, П.К. Анохину и др.

Следует также добавить, что, хотя, во времена становления диалектического материализма системный подход не мог быть во всей полноте разработан, так как естественно-научные представления того времени не соответствовали необходимым для этого требованиям, однако принципы развития общественных отношений, которые разработали классики Марксизма - Ленинизма были по своей сути уже с и с т е м н ы м и .

Так, разработанные К.Марксом /9/ законы капиталистического общества включают системный подход к взаимодействию подсистем капиталистического общества, в результате которых проявляются свойства целостной системы капиталистического общества не очевидные из рассмотрения изолированных элементов этой системы.

## ЛИТЕРАТУРА

- ✓ 1. Материали дванадцетого четвртогo съезда АНСС (1978 год)
2. Теоретическая и математическая биология  
(сб. переводов, Мир, М 1968 год)
3. Cohn D.L., Bull. Math. Biophys. 16-17 1954-1955
4. В. Винер Статистические методы для исследователей  
Госстатиздат, М 1968 год.
5. В.А. Глинокий с соавт. Моделирование как метод  
научного исследования Из-во ИГУ, М 1960 год
6. Bertalanffy L. von „Der Student“ Wien VZN 7-8  
(1948)
7. Davis. Gold Spring Sympos. on Quantitative  
Biology (1961)
8. Исследование по общей теории систем (сб. переводов  
под ред. В.Н. Садовникова) Прогресс М 1967 год
- ✓ 9. К. Маркс Капитал Издательство Подд 1952 год .