

Понятие «система»

4.1. Выбор адекватного определения системы

Буду долго стоять, вспоминая внезапное слово.
Непривычно звучанье его, а значение темно.

Ю. Лорес

Определение системы, которое будет использовано в этой книге, было дано во введении. Надо заметить, что это определение не общепринятое — существует множество других. Чтобы задушить в зародыше бесплодную дискуссию на тему, «чье определение правильнее» (по поводу правильности определений см. раздел 3.3.4), здесь будет обоснована адекватность предложенного определения. Это не отнимает права на существование других определений, вопрос только в том, насколько адекватные и экономичные модели они позволяют строить.

Первая, наиболее распространенная группа определений выделяет системы исключительно по принципу целостности или взаимосвязанности. Эти определения придумывают в основном философы, и они кочуют по многочисленным философским трудам. Например: «Система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность, единство» [Садовский]. Или: «Система — совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое» [Перегудов, Тарасенко]. Такого рода определения бесполезны, если принять утверждение, что любые взаимосвязанные объекты формируют целостность. Действительно, представим

себе, что два реальных объекта a и b никоим (непосредственным или опосредованным) образом не связаны друг с другом. Тогда ни один объект, связанный с a , не может быть связан ни с каким объектом, связанным с b . Получается два никак не связанных друг с другом множества объектов A и B . Исследователь может одновременно находиться только в одном из этих множеств и никак не может перейти в другое, так как это означало бы наличие некоего канала связи, что невозможно по условию. Поэтому иного множества взаимосвязанных объектов, кроме того, в котором находится исследователь, для исследователя не существует. Таким образом, определение Садовского и аналогичные ему реально не кладут никакого предела и не позволяют выделять системы из окружающего мира.

Этот факт прекрасно осознавал физиолог П. К. Анохин, который писал: «Формулировки понятия системы, делая акцент на взаимодействии, не содержат в себе и не имеют даже ввиду какие-либо факторы, ограничивающие многочисленные степени свободы взаимодействия данного компонента с другими». Между тем, таких степеней свободы очень много. Например, на площадке с 400 электрическими лампочками возможно 10^{10120} комбинаций взаимодействий [Анохин]. Вместо этого Анохин предложил телеологическое определение системы: «Системой можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата». Это определение, по крайней мере, дает четкий критерий объединения элементов в систему, а именно «связанность одной целью». Это определение позволяет строить адекватные модели технических систем (то есть, систем, создаваемых человеком для удовлетворения тех или иных его нужд). Оно более или менее адекватно для моделирования систем, обеспечивающих функционирование отдельного организма (каковые и изучал Анохин). Сомнительно, чтобы печень или нервная система имели *цель*, но в нормально функционирующем организме они ведут себя так, *как будто* они ее имеют, поскольку иначе они вместе со всем организмом перестанут существовать. Однако при моделировании различных патологий организма это определение уже не позволяет создавать адекватные модели, ибо цель жировой ткани, которая замещает мышечную при ожирении сердца, совершенно не ясна. А вот цель или «полезный результат» в более сложных естественных системах вообще совершенно не очевиден: ну каков, в самом деле, полезный результат функционирования солнечной системы? Кроме того, запущенный человеком кирпич тоже имеет цель, однако все законы его полета совпадают с таковыми для кирпича, который падает сам по себе и цели не имеет. Следовательно, мы имеем два объекта с абсолютно одинаковыми свойствами, но попадающие в два разных класса (имеющие цель и не имеющие ее), что как минимум в два раза снижает адекватность

ответствующих моделей.

И, наконец, еще одно определение, данное инженером И. Ф. Скляровым, определяет систему не по наличию цели, а по наличию интегративного свойства. По Склярову, система — это ограниченный в среде и взаимодействующий с нею объект, который:

- 1) имеет цель, в процессе ее достижения функционирует и развивается;
- 2) имеет источники энергии и материалов для функционирования и развития;
- 3) ему присуще управление с использованием информации о внешней среде и собственном состоянии и с моделированием собственного поведения во внешней среде;
- 4) состоит из взаимосвязанных компонентов, выполняющих некоторые функции в составе объекта;
- 5) обладает интегративным свойством [Скляров].

Однако это определение вполне можно обработать «бритвой Оккама», «отрезав» от него без всяких отрицательных последствий пп. 1–4. Тогда оно будет сформулировано так же, как во введении: **система** — совокупность объектов, обладающая **интегративным свойством**, то есть свойством, не являющимся суммой или средним объектов совокупности. Пункт 1 можно отрезать постольку, поскольку интегративное свойство формально можно считать целью системы (хотя вопрос о том, происходит ли реальное целеполагание в естественных системах, остается открытым), а пп. 2–4 следуют из «обритого» определения, что будет показано ниже. Это определение предлагает достаточный критерий выделения системы, вполне адекватный для решения различных задач, а именно — наличие у совокупности интегративного свойства.

Собственно говоря, такое определение системы появилось отнюдь не в последние годы. Еще Аристотель сказал замечательную фразу: «Целое больше своих частей». Это же свойство обсуждал в начале 20-х годов А. А. Богданов, не называя его. Его работа «Тектология» фактически ставит вопрос, почему целое может быть больше или меньше суммы частей, и даже частично его разрешает. Богданов, правда, не употреблял слово «система», а называл ситуацию «целое больше суммы частей» **организованностью**, а «целое меньше частей» **дезорганизованностью**. Фактически, и организованная, и дезорганизованная совокупность по Богданову и есть система по нашему определению. Пример конкретной «организованной совокупности» (без употребления этого термина), приводил Наполеон (цитируется по «Анти-Дюрингу» Ф. Энгельса, гл. 12). «Два мамелюка безусловно превосходили трех французов; 100 мамелюков были равноценны 100 французам; 300 французов обыкновенно одерживали верх над 300 мамелюками, а 1 000 французов уже всегда разбивала 1 500 мамелюков». Более того, сам Наполеон в качестве причины такого положения упоминает

ключевое слово «дисциплина», что весьма близко к слову «организованность». Увы, ни Наполеон, ни Энгельс, не стали развивать из этого частного примера общую теорию.

В соответствии с общим определением системы, приведенным во введении, определение любой конкретной системы (или определение любого объекта как системы) должно звучать следующим образом: «Система A — совокупность таких-то компонентов, обладающая таким-то интегративным свойством».

Приведенное определение показывает, в каком случае объект имеет смысл моделировать как систему, а в каком — не имеет. Объект имеет смысл моделировать как систему в том случае, если субъекту нужно решить экспертную или конструктивную задачу относительно интегративного свойства. Например, если нас интересует экспертная задача, «где окажется в час X человек, вышедший из пункта A в пункт B в час Y со скоростью Z », его совершенно не нужно моделировать как систему, а достаточно моделировать как материальную точку (модель a , рис. 6). Если же нас интересует задача, «сколько вещества A будет в органе B через X часов после введения вещества в орган C », то человека имеет смысл моделировать как систему органов (модель z , рис. 6), интегративное свойство которой — перераспределять вещество между компонентами, что не есть ни сумма емкостей каждого органа к веществу, ни среднее от прочности связывания вещества с каждым органом.

Из этого можно сформулировать экспертную и конструктивную задачи теории систем. Экспертная задача: каким интегративным свойством будет обладать та или иная взаимосвязанная совокупность объектов. Конструктивная задача: как создать или сохранить такую взаимосвязанную совокупность объектов, чтобы получить или сохранить то или иное интегративное свойство.

4.2. Свойства систем, непосредственно следующие из определения

Из приведенного в предыдущем разделе окончательного определения системы следует, что система с необходимостью обладает следующими свойствами (эти свойства не интегративны, но являются необходимым условием для формулирования интегративного свойства):

1. **Отграниченность системы.** Для формулирования интегративного свойства нужно доказать, что это свойство не является суммой свойств отдельных компонентов совокупности. Если совокупность неограничена, то есть включает в себя всю Вселенную, мы не сможем поручиться, что не найдутся отдельные объекты совокупности, обладающие свойством, которое мы считаем интегративным. При этом

ограниченность не следует путать с ограниченностью и с отсутствием внешних связей у системы. Ограниченность — категория субъективная и зависит исключительно от исследователя, ограничивающего систему.

Открытость системы. Система должна иметь связи с внешней средой, иначе она недоступна для находящегося во внешней среде субъекта, который и формулирует интегративное свойство.

Множественность составляющих системы следует из определения интегративного свойства как свойства совокупности объектов.

Взаимосвязанность компонентов системы очевидна, так как они связаны хотя бы через интегративное свойство. Однако следует различать связи, существенные для возникновения интегративного свойства (иногда их называют **системными связями**), и связи, не существенные для возникновения такого свойства. Система, разумеется, связана с внешней средой хотя бы для того, чтобы предстать находящемуся во внешней среде субъекту. Связь системы с внешней средой осуществляется через какие-то ее компоненты.

Таким образом, система должна состоять из различных компонентов (элементов) и связей между ними и иметь связи с внешней средой. Указание состава системы, связей между ее элементами и ее связей с внешней средой можно назвать **описанием системы по определению**.

4.3. Компонент, функция, связь

4.3.1. Определения

По определению, любая система состоит из компонентов и связей между ними, а также их связей с внешней средой. В дальнейшем компоненты и связи мы будем называть **звеньями** системы, а смысл понятий «компонент» и «связь» разберем ниже.

Компонент (элемент) системы — один из объектов, входящих в систему. Он осуществляет некие преобразования входов в выходы. Входы и выходы могут быть пространственными и временными, причем временной вход есть причина, а выход — следствие. Например, у объекта «проводник», пространственный вход электрического тока — обмотка генератора, а выход — потребляющее устройство. Временной же вход в него — это напряжение, а выход — ток.

Законы преобразования входов компонента в выходы называются **функцией** компонента, а сам процесс преобразования — его **функционированием**. Например, функцией проводника может быть передача электрической энергии от источника к потребителю. Или величина тока, которую пропускает проводник при данном напряжении. Функция может описываться количественно. Тогда говорят о **математической функции**. Например, для количественного описания проводника с током нужно математически выразить зависимость силы тока от напряжения¹:

$$I = f(U),$$

где I — сила тока, U — напряжение, $f()$ означает «функция от выражения, стоящего в скобках». Для простого проводника такая функция линейна и называется Законом Ома:

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление. Для полупроводников эта математическая функция носит более сложный характер. Математические функции — основной инструмент математического моделирования систем. **Математическая модель** — это система взаимосвязанных математических функций, призванная решить задачу «каково будет значение одних параметров при определенном значении других». Соответственно математическая функция в математической модели — это компонент, осуществляющий превращение причинных параметров в следственные. Круг замкнулся: реальная система моделируется математической.

Видимо, если покопаться, мы не найдем в природе никаких очевидно движимых в пространстве сущностей, кроме материи (вещества и энергии) и информации. Поэтому на пространственных входах и выходах компонента в конечном счете могут быть только разные виды материи (массы и энергии) или информации.

Связь, с точки зрения структуры системы, формирует эту самую структуру. С точки зрения функционирования системы, она преобразует выход одного компонента во вход другого [Скляров]. Основное ее отличие от компонента заключается в том, что это преобразование тривиально. То есть, если компонент существенно изменяет поток, то связь его существенно не изменяет. Например, провод в радиоприемнике существенно не изменяет протекающий через него электрический ток (потери на нагрев проводника невелики и для реализации интегративного

¹Математики, вместо выражения «сила тока зависит от напряжения», говорят, что «сила тока есть функция напряжения».

свойства приемника несущественны). А вот транзистор изменяет протекающий через него ток существенным для интегративного свойства образом. Поэтому транзистор будет компонентом, а провод — связью. Однако в некоторых ситуациях провод, выступая в роли проводника с током, может существенно изменять этот ток. Например, в единой энергосистеме (интегративное свойство — поддерживать наличие напряжения в сети вне зависимости от колебаний его потребления), где ток передается по проводам на очень большие расстояния, из-за потерь энергии ее может не хватить, что приведет к исчезновению интегративного свойства. Из этого следует важный вывод: *в зависимости от задачи один и тот же объект можно моделировать как компонент, а можно — как связь*. При моделировании радиоприемника провода имеет смысл рассматривать как связь, а при моделировании единой энергосистемы — как компонент.

3.2. Виды связей

Как и входы с выходами, связи могут быть пространственными (структурными) и временными (причинно-следственными). Структурные и причинно-следственные связи во многом различаются, однако не все это осознают. Ниже мы эти связи разберем по отдельности.

Структурная связь — некая часть пространства между компонентами (представляющими собой объекты-0), заполненная энергией, массой или информацией, причем энергия, масса или информация, заполняющая связь, не может перемещаться или видоизменяться независимо от компонентов. Структурные связи бывают **статическими** (энергия, масса или информация, заполняющая связь, не перемещается от одного компонента к другому) и **динамическими** (от одного компонента к другому идет поток энергии, массы или информации). Например, структурная связь между черенком и штыком лопаты — статическая, а между штыком лопаты и землей, в которую ее втыкает землекоп — динамическая (от лопаты к земле идет поток энергии). Кстати, лопату можно рассматривать как динамическую связь между землекопом и землей, ибо именно через лопату землекоп передает энергию земле.

Статическая связь может переходить в динамическую и наоборот. Например, если землекоп воткнет лопату в землю и уйдет обедать, лопата останется связанной с землей статической связью. Именно эта статическая связь не дает лопате упасть, ибо как только на лопату оказывается какое-то воздействие (например, подует ветер), связь немедленно становится динамической: энергия ветра через черенок и штык передается земле, поэтому лопата не движется. Если лопата никак не связана с землей, то она тоже

может стоять в вертикальном положении (если поставить ее в равновесие), однако малейшее движение воздуха ее уронит. То есть *невозможно сказать, существует ли статическая связь или нет, не попытавшись превратить ее в динамическую*, пустив по ней поток энергии, массы или информации. Чтобы понять, взаимосвязаны два объекта или они просто «лежат рядом», нужно попытаться сместить их друг относительно друга. Чтобы понять, куда ведет труба, нужно пройти по ней самому или, в крайнем случае, пустить воду. И так далее. *Именно за счет динамизма связей и происходит сохранение структуры при внешних воздействиях*, поскольку воздействие «как с гуся вода» проходит по связи в виде некоего потока. И только если связь не может свободно пропустить поток, происходит ее разрушение.

Таким образом, получается, что статическая связь — эта некая «вещь в себе», проявляющаяся только в результате внешних воздействий на нее. Это означает, что статические связи обеспечивают *качество*, а динамические — *свойства*. Отсюда следует, что *для реализации интегративного свойства системные связи должны быть динамическими*. Пока системные связи остаются статическими, интегративное свойство не реализуется. Но при этом, поскольку динамические связи невозможны без статических, статические связи в системах обязательно должны присутствовать. И конструирование систем обычно начинается с создания статических связей, которые при «включении» системы заполняются потоками, превращаясь в динамические. Например, пока система «радиоприемник» обесточена, все структурные связи в ней статичны и интегративное свойство у нее потенциально есть, но в действительности (актуально) оно не реализуется. Чтобы оно актуализовалось, нужно подключить к приемнику питание, то есть наполнить статические связи потоками. Процесс превращения статических связей в динамические в дальнейшем мы будем называть **актуализацией связей**.

Для возникновения статической связи между двумя объектами-0 необходимы два условия. Условие первое — совместимость выхода одного объекта со входом другого. Например, для того, чтобы заряженное тело *A* образовало связь с телом *B*, тело *B* также должно быть заряжено, то есть воспринимать электрическое поле, «вытекающее» из первого тела. Если деятель *A* хочет что-то сказать деятелю *B* (запустить поток информации на энергетическом, то есть волновом носителе), деятель *B* должен иметь уши, а деятель *A* — язык. Условие второе — компоненты должны располагаться друг относительно друга определенным образом. Например, если между деятелем *A* и деятелем *B* находится бетонная стена, то ничего сказать друг другу они не смогут — связи нет. Кроме того, *при образовании любой связи всегда выделяется энергия*.

Для актуализации связи также необходимы два условия. Условие первое — наличие объекта-0, который может перемещаться по связи. Если деятель *A* хочет что-то сказать деятелю *B*, то, во-первых, *A* должен иметь что сказать (иметь сообщение), и, во-вторых, между *A* и *B* должен быть какой-то носитель звуковых волн (например, воздух). Условие второе — наличие некой разности обобщенных потенциалов на концах связи, то есть наличие некой движущей силы. Например, для образования электростатической связи между двумя телами они должны иметь заряды. Чтобы деятель *A* что-то сообщил деятелю *B*, *A* должен приложить усилия, которыми исторгнет звук из своего ротового аппарата (а для этого скушать кашки, иначе у него не хватит сил пошевелить языком). В природу движущей силы мы пока углубляться не будем.

Любые препятствия потоку сводятся к нарушению одного из указанных условий. Чтобы остановить поток информации от *A* к *B* можно нарушить совместимость входа и выхода, хотя бы заткнув уши *B* ватой или рот *A* — кляпом. Можно переместить объекты *A* и *B* в пространстве на такое расстояние, что один до другого не докричится. Можно изъять сущность потока, например, переведя *A* в состояние сильного алкогольного опьянения («не желаю слушать этот пьяный бред»), либо создав между *A* и *B* вакуум, по которому звуковые волны не распространяются. И, наконец, можно лишить субъекта *A* сил, долго не кормя его кашей.

Как правило, в любой системе есть те или иные потенциальные связи, не задействованные в ее функционировании. Их актуализация может в корне изменить свойства системы, вплоть до уничтожения интегративного свойства и/или возникновения нового. Например, в бригаде землекопов (интегративное свойство — извлекать больший объем грунта, чем это сделают все землекопы по отдельности) всегда есть множество потенциальных связей между землекопами. Если вдруг два землекопа друг другу не понравятся и начнут махать друг на друга лопатами (актуализовав связь, по которой потечет поток энергии), интегративное свойство бригады изменится: она начнет извлекать *меньше* грунта, чем все землекопы по отдельности.

Для того, чтобы завязать какую-либо связь (хотя бы статическую), объект должен обладать соответствующим входом или выходом. Совокупность всех входов и выходов объекта будем называть **конфигурацией объекта**.

Что касается **причинно-следственной связи**, то можно считать, что она тоже преобразует выход одного компонента во вход другого. Только компонентами являются объекты ненулевого уровня (свойства и процессы), и, соответственно, эта связь есть поток процессов, причем не в пространстве,

а во времени. Этим причинно-следственная связь отличается от структурной связи. Иными словами, в отличие от структурных связей, обеспечивающих порядок в пространстве, *причинно-следственные связи обеспечивают порядок во времени, структурируя его*. И действительно, именно благодаря наличию причинно-следственных связей, мы можем совершенно определенно сказать, что кирпич, оторвавшийся от карниза, через определенное (причем, вполне рассчитываемое) время упадет вниз. Следовательно, наличие причинно-следственной связи позволяет нам снять неопределенность относительно поведения кирпича, оторвавшегося от карниза.

Может возникнуть вопрос, а откуда берутся причинно-следственные связи. Вряд ли имеет смысл отвечать на него. По всей видимости, в соответствии с принципом «бритвы Оккама» наиболее экономичным будет принять их существование. Фактически, функция компонентов есть одно из отображений этой причинно-следственной связи: если на входе в компонент появилось нечто, то на выходе появится другое нечто.

В отличие от структурной причинно-следственная связь актуализуется только при одном условии: при появления причины. Оторвался кирпич от карниза — связь между отрывом и вмятиной на земле актуализовалась, не оторвался — связь остается потенциальной до тех пор, пока существует кирпич на карнизе и земля под ним. А вот если кирпич с карниза убрать, то тем самым потенциальная причинно-следственная связь также уберется. Поэтому для полного разрушения причинно-следственной связи нужно уничтожить *возможность возникновения причины*. Как говорил Аристотель: «Все возникает дважды: сперва как возможность, а потом как действительность». К этому положению мы еще вернемся, когда будем обсуждать развитие систем.

Пример с кирпичом показывает также, что причинно-следственные связи невозможны без структурных и наоборот. Ведь функция компонентов есть причинно-следственная связь, которая обеспечивается структурой. Но и образование или разрушение структурных связей всегда бывает либо причиной чего-то, либо следствием чего-то (а правильнее сказать, и тем и другим сразу). Это всегда следует учитывать при моделировании систем: любая система имеет как пространственную структуру (сетка структурных связей), так и временную (сетка причинно-следственных связей), и они взаимно определяют друг друга.

Наиболее проницательные читатели, может быть, заметили, что пространственная и временная структура находятся не только в единстве, но и в борьбе: структурные связи ликвидируют какие-то причинно-следственные (прочное прикрепление кирпича к карнизу ликвидирует причинно-следственную связь между падением кирпича и вмятиной на земле), а причинно-следственные связи могут вызывать разрушение структурных

связей (удар молотком по карнизу может быть причиной отрыва кирпича от него). Следовательно, структурные и причинно-следственные связи составляют диалектическую пару.

4.4. Роль и амплуа

Положение объекта в системе требует проявления некоторых свойств, которые необходимы для реализации системой интегративного свойства. Набор свойств, проявления которых условия требуют от объекта, будем называть **ролью** объекта. Например, роль диода в приемнике — пропускать ток в одну сторону (есть на входе — есть на выходе) и не пропускать в другую.

Фактически, для выполнения той или иной роли в системе (здесь система выступает условиями, задающими роль) объект должен завязывать те или иные связи и выполнять те или иные функции. Эти два процесса и определяют соответствие объекта роли. Поэтому, чтобы соответствовать роли, конфигурация объекта должна быть такой, чтобы он мог связаться с другими компонентами системы. Объект также должен выполнять необходимую для системы функцию. Результат несоответствия конфигурации или функции объекта требованиям системы мы рассмотрим в разделе «10».

Получается, что любой объект по своему характеру может исполнять одни роли лучше, чем другие. Набор ролей, которые объект, вследствие своего характера, может исполнять хорошо (которые соответствуют характеру объекта), будем называть **амплуа** объекта.

Характер элемента никогда не соответствует роли полностью, поскольку роли задаются *системой*, а характеры — *качествам компонента*. Например, для наличия у приемника способности преобразовывать модулированные радиосигналы в звуковые сигналы, в некоем месте у приемника должен стоять диод, по своему характеру пропускающий ток в одном и только одном направлении. А некто неразумный может взять и поставить в это место резистор, пропускающий ток в обоих направлениях. Но даже если некто разумный поставит на это место диод, характер этого диода, скорее всего, будет не полностью соответствовать роли. Не бывает совершенных диодов: любой реальный диод хоть немного, но пропускает ток в обратном направлении. В результате в радиоприемнике могут возникнуть шумы, искажения и т. д. Но между диодом и резистором есть принципиальное отличие: если на данном месте стоит резистор, интегративного свойства у приемника нет вообще (ну не превращает он модулированные радиосигналы в звуковые). А если стоит диод, то интегративное свойство *есть*, а уж насколько оно удовлетворяет клиента — другой вопрос. Вероятность соответствия объекта своей роли тем меньше, чем более полное соответствие требуется.

Это нашло отражение в полушутливом правиле 20/80: «20 % компонентов выполняют 80 % функций». Например, 20 % людей выпивают 80 % пива, на 20 % деталей приходится 80 % поломок и так далее.

4.5. Системные, несистемные и избыточные звенья и потоки

Звено может быть **системным**, то есть участвующим в появлении интегративного свойства, и **несистемным**, то есть связанным с системой, но в появлении интегративного свойства не участвующим. Например, в системе из двух рабочих, интегративное свойство которой — расчищать поле от камней быстрее, чем два невязаносвязанных рабочих, системная связь — это воздух, по которому рабочие обмениваются разными словами, а несистемная — земля, по которой они обмениваются тепловой энергией. Точно также системными компонентами будут оба рабочих, а сигарета, которая находится в зубах у одного из рабочих, системным компонентом вовсе не будет, хотя и связана с этим рабочим.

Системные звенья могут быть **избыточными**, то есть такими, что удаление или разрушение одного из звеньев не приведет к исчезновению интегративного свойства. Однако удаление или разрушение *всех* или *какой-то части* избыточных звеньев может привести к потере интегративного свойства. Избыточные компоненты обычно играют сходные роли. Например, у двухмоторного самолета (интегративное свойство — перемещать груз из пункта А в пункт Б) один мотор — избыточный компонент, так как даже с одним отказавшим мотором самолет по-прежнему способен перемещать груз (хотя, может быть, и не так быстро). А вот если будут удалены оба мотора, самолет свое интегративное свойство потеряет.

Аналогично звеньям, потоки также могут быть системными и несистемными. В бригаде рабочих поток информации, указывающей, с какой стороны брать камень, будет существенным, а поток информации о вчерашней пьянке — нет. Потоки также могут быть избыточными. Например, для пилотов самолета потоки информации об их местоположении, получаемые визуально, от наземных диспетчерских служб и от спутниковой системы навигации будут избыточны (как минимум без одного из них можно обойтись без потери интегративного свойства), однако если не останется ни одного из этих потоков, посадить самолет в пункте Б будет проблематично, то есть интегративное свойство пропадет.

Системное устройство Мира

5.1. Иерархия систем

И обнаружил микроскоп,
Что на клопе бывает клоп.

В. Брюсов

Мир состоит из различных систем, которые в свою очередь формируют более сложные системы. Более сложные системы формируют еще более сложные и т. д. Возникает иерархия систем, в которой системы высших уровней организации материи базируются на системах более низких уровней организации материи. Система, являющаяся элементом данной системы, называется **подсистемой** данной системы. Система, элементом которой является данная система, называется **надсистемой** данной системы. Например, человек есть надсистема для печени, почек и других своих органов, но подсистема для системы «семья» (интегративное свойство — обеспечивать воспитание детей так, как это не смогут сделать два человека по отдельности).

На рис. 8 приведен один из вариантов иерархической модели мировых систем, причем указаны науки, изучающие системы того или иного уровня. Эта схема далека от совершенства. Но прежде чем ломать вокруг нее копыя, следует уяснить, что это — всего лишь иллюстрация, как можно моделировать иерархические системы, и напрямую использовать ее для решения

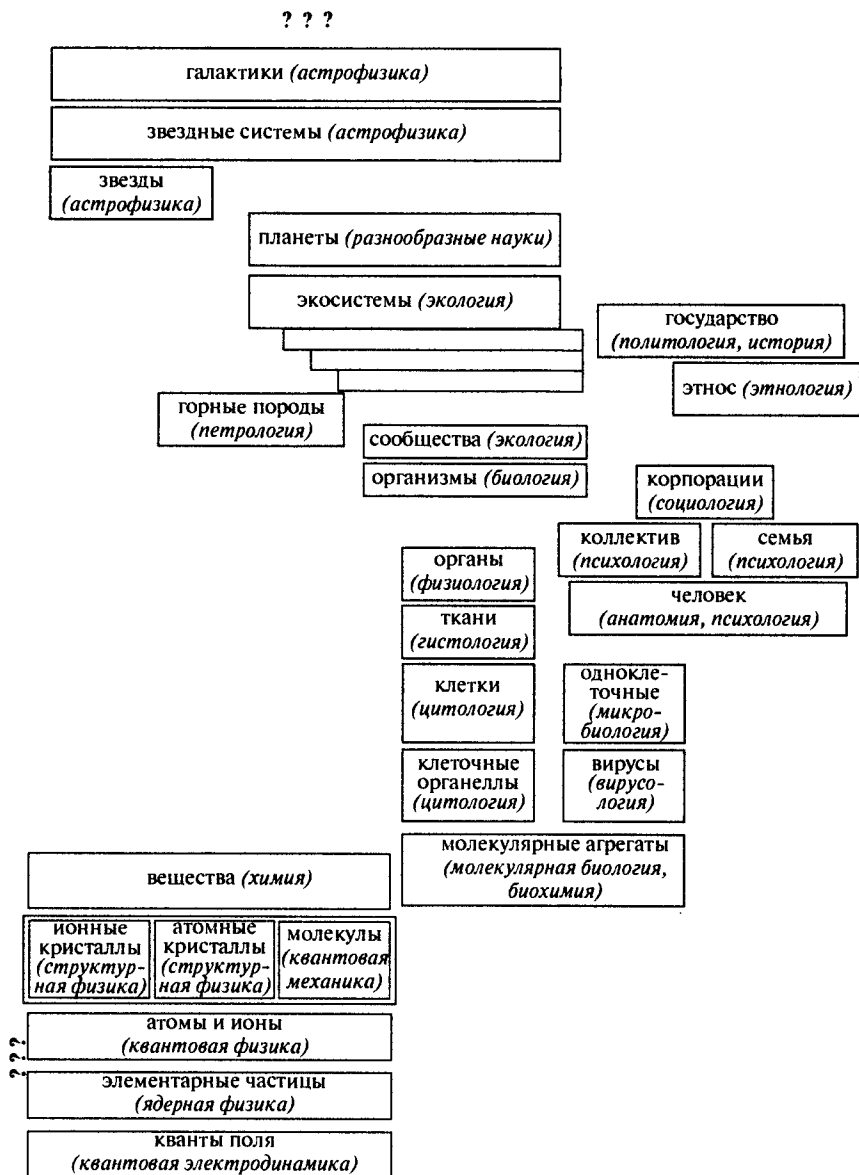


Рис. 8. Системность Мира. В этой схеме системы, лежащие выше и справа, включают ниже- и леволлежащие системы. Например, органы включают в себя вещества и ткани, но не включают горные породы

конкретных задач не имеет смысла. При решении конкретных задач имеет смысл моделировать данную систему, детализируя ее настолько, насколько это необходимо для решения задачи.

Эта схема, в частности, показывает, что системная организация мира нелинейна. Нельзя сказать, что вышележащая система состоит только из систем предыдущего уровня — она вбирает в себя и многие системы более низких уровней, причем как опосредовано, так и непосредственно. В человеческом коллективе люди — это непосредственные подсистемы коллектива. Люди, в свою очередь, состоят из органов и тканей (органы и ткани — подсистемы людей), а значит, органы и ткани тоже входят в коллектив, но в виде подсистем более низких уровней. Непосредственно, то есть вне человека, органы и ткани в коллектив не входят. А вот вирусы могут входить в коллектив как опосредовано (вместе с людьми), так и непосредственно. Витая в воздухе и вызывая в самый неподходящий момент эпидемию гриппа, вирусы могут привести к дезорганизации системы. Так, бригада рабочих, вытаскивающая камни с поля (интегративное свойство — выносить за единицу времени больше камней, чем все работники, работающие по отдельности), зараженная гриппом, не может вынести с поля ничего, равно как и каждый рабочий по отдельности. В бригаду рабочих непосредственно могут входить даже кванты поля (если рабочие зовут друг друга по рации), без которых интегративное свойство исчезнет. В некоторых системах какие-то из нижележащих уровней могут быть выпущены. Например, организм гидры не включает в себя органы, а планета Юпитер — горные породы.

Кроме того, нужно четко осознавать, что на рис. 8 изображена не только и не столько иерархия объектов, сколько иерархия их моделей. Мы не знаем и не можем знать, существует ли атом, ибо никак не ощущаем его своими органами чувств. Просто-напросто модели, подразумевающие существование атома (причем как системы, состоящей из элементарных частиц и имеющей целый ряд интегративных свойств — устойчивость, способность образовывать связи друг с другом и т.д.), более адекватны и экономичны, чем модели, подразумевающие его отсутствие. При этом даже в химии — науке, казалось бы, прочно базирующейся на понятии «атом» — адекватные модели вполне можно строить и без этого понятия, что блестяще продемонстрировал В. Оствальд, в начале XX века написавший трехтомный учебник химии, в котором ни разу не употребил слово «атом».

5.2. Место теории систем среди других наук

По утверждению А. А. Богданова, «организационные методы едины для всех областей», то есть законы организации систем низшего уровня в системы высшего уровня едины для любого перехода. Из этого следует, что тео-

рия систем — наука о правилах перехода с уровня на уровень, а естественные науки поставляют информацию о характере систем своего уровня. Таким образом, здание естественных наук включает в себя этажи — частные науки, и лестницы — теорию систем. Естественные науки без теории систем — дом без лестниц, теория систем без частных наук — лестница в воздухе.

Интегративное свойство оказывается очень удобным для определения различных объектов изучения естественных наук. При этом оптимальное определение должно выглядеть следующим образом: «Объект есть совокупность таких-то компонентов, обладающая таким-то интегративным свойством». Например: «Молекула — совокупность атомов, обладающая меньшей энергией, чем суммарная энергия любых ее отдельных фрагментов»; «Биоценоз — совокупность живых существ, способных поддерживать функционирование друг друга на большем промежутке времени, чем функционирование любого отдельно взятого живого существа» и т. д.

Мало того, что теория систем не имеет смысла без частных наук. Даже при наличии качественного материала, предоставляемого другими науками, возможности теории систем ограничены. По большому счету, она не позволяет решить **проблему сводимости**: можно ли свойства систем высокого уровня вывести из свойств систем низкого уровня. Грубо говоря, можно ли предсказать поведение животного, зная, из каких молекул оно состоит. Дело в том, что для решения поставленной задачи нужно моделировать систему каждого уровня, базируясь на свойствах ее подсистем. При этом неизбежны ошибки, которые приводят к неадекватности модели. Также невозможно учесть все случайные влияния на свойство моделируемой системы, что делает модель еще менее адекватной. Моделируя систему более высокого уровня, мы уже будем вынуждены отталкиваться от неадекватных моделей ее подсистем, что приведет к катастрофической неадекватности полученной модели. И даже если мы счастливо избежим неадекватностей и учтем случайности, полученная модель будет весьма неэкономична, ибо в нее придется закладывать слишком много исходных данных и учитывать слишком много связей, что приведет к неразумно подробной детализации модели. В самом деле, для того, чтобы предсказать, что кролика, который три дня не ел, нужно покормить, совершенно не нужно заниматься квантовохимическим расчетом конфигурации белковых молекул гипоталамуса кролика: пока будем получать исходные данные, вводить их и считать, кролик сдохнет.

5.3. Следствия иерархии систем

Иерархичны все системы, а не только указанные на рис. 8. Компоненты *любой* системы — сами по себе системы. Принципиально то, что законы

низкоорганизованных систем определяют законы высокоорганизованных, но не наоборот. Например, законы распространения радиоволн (квантов электромагнитного поля) влияют на функционирование общества, а общество никак не может изменить законы распространения радиоволн. Кроме того, все противоречия, существующие на низших уровнях (если они не сняты более высокими уровнями), будут влиять и на систему высокого уровня. Кроме того, система более высокого уровня будет добавлять свои противоречия. Интересно, что в многоуровневой системе выловить противоречия низких уровней, проявляющиеся на высоких уровнях, очень тяжело. На это с размаху напоролась программисты, создающие высокоуровневые языки и сложные программы на основе языков низких уровней и программных библиотек. В частности, созданная на основе плохо отлаженных программных библиотек операционная система Windows 95 из-за сбоев в работе превратилась в свое время в притчу во языцех. Более подробно следствия низкоуровневых противоречий мы разберем в разделе 10.1.