

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМЫ И СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

В. И. Кремьянский. Доклад А. А. Малиновского был очень интересен, в частности, тем, что он выделяет крайние типы структур, не исключая в то же время возможности объединения обоих типов и, более того, прогрессивности такого объединения для процесса эволюции. Как мне кажется, это относится к самой сути общего понятия системы. Для живой природы оказалось не просто прогрессивным, а жизненно необходимым объединение сильно выраженной упорядоченности системы как целого, жесткой, или функциональной структуры со структурой не жесткой, характеризуемой относительной независимостью элементов и подсистем.

Но для общего хода прогрессивной эволюции в целом, вероятно, наибольшее значение имеет преобладание системной организованности. Сама дискретность элементов, облегчая изменчивость связей и отношений между ними (эти связи не сводятся только к рекомбинации), служит развитию именно системности живого целого. В этой связи я хотел бы сказать несколько слов о понятии системы.

Если определять систему как «совокупность» множества элементов, то понятие системы по отличается от понятия множества и теории множеств. В литературу уже высказывалась мысль о том, что понятию системы больше соответствует понятие группы, «частично упорядоченного» множества. Понятие упорядоченности, действительно, очень существенное для понятия системы. Обратим внимание на то обстоятельство, что именно частичная упорядоченность указывает на определенную структуру; она предполагает определенную выделенность элементов. Поэтому многие авторы и, на наш взгляд, вполне оправданно считают, что понятие системы органически связано с понятием структуры, что эти два понятия коррелятивны.

Не собираюсь давать здесь определения понятия «система», я хотел бы подчеркнуть эту его обязательную связь с понятием структуры, отображающим во всех его определениях непременно присущую системам упорядоченность отношений и связей между

элементами. Имеет смысл обратить внимание на корреляцию двух этих понятий еще с одним понятием: говоря о системе, мы имеем в виду целое и элементы. А это два уровня системы со своими соответствующими структурами, поскольку элементы не могут быть совершенно бесструктурными. Но в силу этого элементы сами представляют собой системы, и тогда мы сталкиваемся с опасностью смешать понятия «элемент» и «система».

Эти два понятия, следовательно, должны определяться как нечто относительное, и эта относительность связана с существованием различных структурных уровней. В статье «Материя» в «Философской энциклопедии» (т. 3, М., 1964) Н. Ф. Овчинников вводит понятие «относительно неделимый элемент». Мне кажется, что оно может помочь в ликвидации существующей неясности. Неделимость элементов существенна, но относительна: то, что на данном структурном уровне выступает как нечто неделимое по отношению к данной системе, на другом более глубоком уровне может само раскрываться как целая система.

Несколько слов о необходимости и значении исторического подхода к понятию системы. Там, где образовалась система, возникает внутренняя для нее преемственность. Но формы преемственности весьма различны. В неживой природе преемственность развита очень мало. Как преемственность самовоспроизведения (ауторепродукции) она развивается в живой природе. Но и там как процессы ауторепродукции, так и процессы эволюции тоже имеют различные уровни организации. В частности, процессы эволюции начинаются как таковые с того уровня, который, во всяком случае, не ниже уровня популяций. И Дарвин, значение теории которого характеризовать здесь не нужно, имел в виду как раз различные структурных уровней индивидуальной изменчивости и процесса эволюции. Верно то, что изменения возникают в организме, и даже в его молекулярных структурах, но это еще не эволюция. Это различие у Дарвина ясно выражено, и оно очень важно для понимания роли структурных уровней в биологии.

Система может быть такой динамичной, что про нее нельзя сказать, что она остается одной и той же. Иначе говоря, системы весьма разнообразны, и для абстрактного подхода вполне допустимо и даже очень важно отвлечься от их особенностей, в том числе и от тех, которые характеризуют разные этапы развития одной системы. Как говорил Уэллс, если представить серию фотографий человека, снятых в разные периоды его жизни, то получится змееподобное существо.

Если сравнивать объекты различной сложности и различных степеней развития, то при сравнении для выделения сходного приходится отбрасывать все отличия. А между тем отличия от исходного и составляют содержание развития. Во «Введении» к «К критике политической экономии» Маркс отмечал, что если

мы сравниваем последовательные ступени развития, то самое общее оказывается самым низшим и самым простым. Иными словами, при выделении общего (в смысле сходного) неминуемо выделяется только первичное и наиболее простое. Я думаю, что такого рода ограниченность обязательна, но она не подрывает значения общего. В этом смысле теория систем, будучи основана на наиболее абстрактном подходе, очень плодотворна, и это не вызывает сомнений. Но мне кажется, что она должна быть дополнена и теорией структурных уровней, которая позволит понять взаимоотношения систем разных уровней.

Что же касается понятия структуры, то я хотел бы обратить внимание на ценное дополнение, сделанное к этому понятию И. В. Кузнецовым: он указал, что структура — это не только определенная упорядоченность взаимосвязей между элементами, но и выделенность элементов. Это отчасти соответствует понятию корпускулярной системы у А. А. Малиновского, который, правда, доводит эту корпускулярность до крайней степени. Но важно подчеркнуть, что элементы и блоки должны быть обязательно выделены, иначе получатся неопределенные образования с мало выраженной структурой. Эшби указывает на необходимость «разделения» частей «хорошо организованной» системы: в принципе это и есть понятие выделенности частей, блоков, элементов.

Если учесть все это, то можно сказать, что понятие системы относится к образованиям, материальным и идеальным, включающим некое множество элементов, которые существуют в определенной взаимосвязи и которые как-то выделены. А структура — это определенные свойства таких образований. Я бы хотел подчеркнуть, что это не вещь, а именно свойство, поскольку понятие структуры применяется иногда и в вещном смысле. Например, геологи часто говорят о структурах, имея в виду не свойства упорядоченности и т. п., а сами геологические образования — группы пластов. Именно поэтому надо дифференцировать употребление слова «структура».

Понятие организации, которым также часто пользуются при рассмотрении систем, несколько шире, чем понятие структуры. Его можно трактовать как мгновенный снимок связей между элементами. А для структуры характерна, повторяю, устойчивость. Может быть, надо четко определить, что структура — это установившееся, это то, что стало устойчивым; такое понимание подчеркивается в определениях структуры рядом авторов. А организация может быть чем-то еще неустойчивым: это то, что постепенно превращается в структуру. Но структура — это не только статическая, а и динамическая устойчивость.

Оба понятия — структура и организация — очень близки, но в понятии структуры больше отражены моменты устойчивости, инвариантности отношений, тогда как организация может быть

и неустойчивой. А отсюда следует, что организация может оказаться даже более динамичной, чем развернутая, как бы уже выкристаллизовавшаяся структура.

Я. И. Старобогатов. Прежде всего я хочу сказать несколько слов о критерии для выделения системы, который должен быть положен в основу определения этого понятия.

А. А. Малиновский был весьма последователен. Если система — это любой комплекс элементов, то определить принадлежность к одной системе двух одновременных объектов, двух одновременных снимков системы можно только благодаря преемственности, и ничего больше у нас не остается для решения такой задачи. Но представим себе такой парадокс. У нас биологические системы состоят в основном из самовоспроизводящихся элементов, благодаря чему в них происходит дивергенция: в течение определенного времени из одной системы мы в конце концов получаем две системы, каждая из которых, будучи связана преемственной связью с одной и той же исходной системой, оказывается тождественной самой себе. Таким образом, это и одна система, и две системы в одно и то же время. От этого парадокса не спасает, между прочим, и требование наличия определенной структурности в системе: легко видеть, что дивергенция все равно приводит к тому же результату.

По-видимому, при определении системы надо сформулировать еще одно требование — требование упорядоченности во времени. Речь идет о наличии у системы следующего свойства: через некоторое время она повторяет себя по структуре и составу элементов. При наличии этого свойства мы в результате дивергенции строго получаем из одной системы две разных. А пока дивергенция не происходит, система остается сама собой, поскольку она через некоторые промежутки времени, может быть даже и не строго фиксированные, неопределимые, повторяет саму себя.

Это, по-видимому, важно при самых различных аспектах изучения биологических систем. Поясню это на примере одного довольно незатейливого вопроса. Представим себе, что гарь в лесу оказалась засеянной какими-то случайно попавшими туда семенами растений. Так вот, заросли на гарь, это что — определенная система или, выражаясь экологически, экологическая система, или же это случайное собрание организмов, которое только со временем превратится в некую систему, после того как гарь превратится в такой же самый лес, который сторел? Если говорить, что это система, поскольку более или менее закономерен набор тех организмов, которые мы найдем в первое лето на этой гарь, то возникает следующий вопрос: а если мы эту закономерность нарушим и не будем предоставлять гарь самой себе, засеяв ее набором семян из Ботанического сада? В этом случае на гарь примутся растения из разных климатических зон, а затем все, что выросло, потихоньку будет отмирать в меру возможности или

невозможности существования в данном месте; в конце концов все придет опять-таки к тому же лесу, который сгорел.

Из этого примера видно, что требование устойчивости во времени создает ту определенность, без которой нельзя, по-видимому, определить понятие системы. Таким образом, получается, что в определение понятия системы должны включаться: во-первых, наличие элементов; во-вторых, наличие определенной структуры, т. е. взаимосвязи между элементами; в-третьих, наличие упорядоченности во времени, то есть повторяемость через какие-то интервалы времени.

Г. А. Викторов. Мне кажется, что под системой можно понимать какое-то множество предметов или явлений, определенным образом взаимосвязанных друг с другом. При таком определении характерной чертой системы будет именно организованность или, что то же, наличие структуры. Из предшествующих выступлений я не мог уяснить, в чем разница между понятиями структуры и организованности. По-моему, термин «организованность» лучше, чем термин «структура», и к тому же он более распространен применительно к биологическим системам.

Структура, насколько я понимаю, предполагает пространственное распределение различных элементов, а в определении системы, по-моему, важен функциональный подход, при котором взаимодействие элементов рассматривается вне зависимости от того, как они пространственно расположены.

Другим важным критерием системы должно быть наличие у нее единства, целостности. Систему, как специфическое явление, отличает способность выступать в качестве единого целого при взаимодействии с другими явлениями. Биоценоз будет определенным образом как целое реагировать с другими биоценозами или определенным образом меняться под влиянием тех или иных факторов среды.

Еще один критерий — устойчивость системы, определяющая приспособленность к каким-то регуляторным реакциям внутри системы, а также способность ее сохранять свою организацию при изменениях внешних параметров.

При таком понимании системы более ясной становится суть системного подхода, а вместе с тем и тающиеся в нем возможности, которые не всегда имеются при обычном описании изолированных единиц. Прежде всего системный подход позволяет определить иерархию уровней организации в природе как единой и целостной системе. С другой стороны, системный подход очень важен при анализе частных явлений, при рассмотрении того, как определенная система входит уже в качестве элемента в более широкую систему явлений.

Скажем, при изучении отбора важно учитывать не только уровень организма как системы, но и уровень популяции, так как отдельные особенности воздействия отбора на организмы как

элементы популяционной системы можно понять только с учетом их функциональной роли в этой системе. Яркий пример этого дает изученная Н. А. Северцовым конгруэнция взаимного приспособления особей. Анализируя турнирное оружие оленей, он показал, что особенности строения рогов оленей таковы, что противники не могут нанести друг другу смертельное увечье. Особенности эти могут быть поняты именно на основе рассмотрения не организма как такового, а популяции в целом. И таких примеров можно найти много. Однако часто ограниченность некоторых эволюционных представлений связана с тем, что рассматривается эволюция организма как такового в какой-то абстрактной среде без учета того, что он в свою очередь входит как элемент в систему более высокого уровня и подвержен отбору не только как самодовлеющая система, но и как функциональный элемент, входящий в систему более высокого порядка.

Л. А. Блюменфельд. Я хотел бы предложить определение системы, причем, поскольку я не философ, то не боюсь ошибиться.

Системой называется совокупность любым способом выделенных из остального мира реальных или воображаемых элементов. Эта совокупность является системой, если: 1) заданы связи, существующие между этими элементами; 2) каждый из элементов внутри системы считается неделимым; 3) с миром вне системы система взаимодействует как целое; 4) при эволюции во времени совокупность будет считаться одной системой, если между ее элементами в разные моменты времени можно провести однозначное соответствие. Соответствие должно быть именно однозначным, а не взаимнооднозначным. Я думаю, что упорядоченность во времени не является обязательным признаком: если есть дивергенция, можно считать все одной системой, а можно выделить в системе подсистемы.

А. С. Мамзин. Понятие системы имеет не только объективную, но и определенную гносеологическую сторону, а разобраться в ней помогает история науки. Было время, когда к объектам подходили как к чему-то точечному. Этот атомизм отразился и в эволюционной теории. Затем обнаружилось, что объект нельзя рассматривать только как совокупность элементов. Его нужно рассматривать как целое, а разные типы целостности определяют различные типы систем. Далее понятие целостности сближается с понятием организации, к анализу привлекаются структурные и функциональные связи и элементы.

На современном уровне, говоря о системе, нужно, кроме всего прочего, различать системы мысленные и системы, которые существуют как объективное образование, хотя резкую грань здесь не всегда можно провести.

В. Н. Садовский. Мне представляется, что важнейшим свойством любого определения понятия «система», имеющегося в литературе или предлагаемого здесь, должны быть его конструктив-

ность, оперативность, то есть, проще говоря, должны быть указаны операции, позволяющие работать с таким определением. В определении Л. А. Блюменфельда легко усматриваются четыре узловых пункта: выделенность множества элементов, взаимосвязь между элементами, целостность системы в ее взаимоотношениях со средой и, наконец, время как фактор существования системы. С точки зрения свойства оперативности кажется более или менее ясным, что выделение множества элементов, указание связей между ними и фактора времени могут быть представлены через соответствующие операции. Но возникает вопрос, какова должна быть система операций, позволяющая фиксировать целостный характер системы в ее взаимоотношениях с внешней средой?

Л. А. Блюменфельд. Изучая систему в ее взаимоотношениях с окружающим миром, мы будем рассматривать только такие реакции системы, в которых она реагирует со всем остальным миром как целое, а не как отдельный элемент. Конкретный выбор операции зависит от того, с какой системой мы имеем дело. Если с биологической, то у нас система будет эволюционировать благодаря взаимодействию с остальным миром, благодаря изменению окружающих условий и т. д. То, что мы можем считать ее одной системой, подчеркивается в четвертом пункте предложенного мною определения. Если система будет изменяться таким образом, что мы можем провести однозначное соответствие между элементами системы в данный момент времени и в любой другой момент времени безотносительно к тому, что из одного элемента может получиться два, три, четыре, то тогда эта система будет оставаться одной системой. А конкретный выбор операций, при помощи которых я могу определить целостность системы, зависит от конкретной системы.

В. Н. Садовский. Ваше определение является абстрактным. Поэтому логично предположить, что наряду с достаточно общими и в целом более или менее разработанными методами задания элементов и связей системы должны существовать абстрактные методы описания целостного поведения системы. Вопрос этот возникает еще и потому, что с аналогичной трудностью столкнулись практически все сформулированные в литературе определения понятия «система». Если первоначально Бергаланфи и другие подчеркивали важность целостности как условия для понимания системы, то позднее оказалось, что найти оперативные способы задания целостности системы (во всяком случае на уровне абстрактного анализа) не удалось. Поэтому в определениях системы, предлагаемых, например, О. Ланге, М. Месаровичем, И. Клиром и др., момент целостности в явном виде отсутствует.

Л. А. Блюменфельд. Я думаю, что нельзя дать в одном определении способа, который был бы пригоден для описания всех систем.

В. Н. Садовский. Этого, по-видимому, и не требуется. Достаточ-

по сформулировать условия, пригодные для определенных классов систем, причем делать это не в самом определении.

Я. И. Старобогатов. Как с точки зрения требования целостности системы можно оценить такие ситуации, когда один и тот же объект при одном и том же воздействии, строго в одних условиях, строго одновременно реагирует и как целое, и как совокупность не связанных между собой частей? Такие объекты составляют около половины всего органического мира, в том числе к ним относятся почти все высшие организмы.

Л. А. Блюменфельд. Если Вы рассматриваете этот биологический объект как часть системы, то Вам его поведение неважно. А когда он сам выступает как система, то к нему применимо все то, что я говорил: каждый объект может быть или частью системы, или всей системой.

Я. И. Старобогатов. Но я имею в виду тот случай, когда мы берем объект в отрыве от всего, и он при одних и тех же условиях проявляет свойства системы и не-системы. И нас в этом случае интересует вопрос, является ли этот объект системой или случайным набором элементов.

И. В. Блауберг. Это зависит от нашего подхода к данному объекту.

В. А. Геодакян. Я не понимаю, почему мы так много говорим об определении, хотим обязательно все уточнить. Неужели, товарищи, мы не знаем, что такое система? Все знаем (*смех*). В докладе А. А. Малиновского фактически есть определение системы, и я удивляюсь, почему он не захотел выразить его кратко, в одной формуле. Как определяет систему физика? Для нее система — это часть, выделенная из пространства. Как определяет систему Берталанфи? Для него система — это совокупность элементов, объединенных взаимодействием.

Но так как в принципе все элементы Вселенной взаимодействуют друг с другом, то с этой точки зрения только Вселенная в целом является системой. Это неудобно для исследования. Чтобы избавиться от возникающего в этой связи неудобства, нужно к определению Берталанфи добавить еще одно условие: система есть совокупность выделенных из среды элементов, объединенных взаимодействием.

Чем не устраивает такое определение? Возможно, что определение Л. А. Блюменфельда более уязвимо, а в таком кратком виде определение системы достаточно широко, и пока большего от него не требуется. Ведь мы же не составляем статью «система» для толкового словаря, а сами хотим что-то уяснить. И если при таком определении своей цели мы обнаружим, что система и структура одно и то же, то в этом не будет ничего страшного. Я предлагаю пока остановиться на таком достаточно широком определении и двигаться дальше.

Я считаю, что наша задача сейчас не детализировать, а, наоборот, по возможности сознательно не видеть деталей, абстраги-

роваться от них, чтобы видеть целое. В этом случае можно провести аналогию с картиной абстрактного художника: если присматриваться к такой картине и требовать деталей, вся картина исчезнет. Нам нужно исходить из четырех главных задач науки: описать, затем объяснить системы и их поведение, затем предсказать это поведение и, наконец, управлять системами.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Для этого и нужно прежде всего определить, что такое системный подход, иначе мы ничего не выделим и не опишем.

В. А. Геодакян. Если мы не можем однозначно определить системный подход, то это отчасти оттого что у нас не хватает на сегодня соответствующих обобщенных понятий. Мне кажется, что такими понятиями являются понятия упорядоченности и организации. А они в свою очередь требуют анализа понятия информации как меры организации и понятия цели организации. Тогда мы сумеем подойти к задаче выделения элементарных функций живого и на этой основе построить теорию.

А. М. Молчанов. У меня два замечания.

Обсуждение, которое сейчас происходит, производит на математика (а я математик) двойственное впечатление.

Казалось бы, нужно радоваться, что биологи идут навстречу математике, предлагая аксиоматизировать весьма существенную часть своей науки. Но эта радость омрачена сознанием, что даже внутри самой математики вера во всемогущество аксиоматического подхода сильно подорвана. Среди математиков идет довольно острый спор, притом не всегда явный. Я отношусь к числу людей, считающих, что математика больше нуждается в приливе свежей крови новых, естественнонаучных задач, нежели в продолжении расковыривания старых болячек полноты и непротиворечивости систем аксиом.

Здесь высказывалось предложение учитывать историю науки. Мне кажется, что история математики довольно определенно показывает невозможность давать определения основным понятиям. Нельзя давать определение точке, прямой, плоскости. Если мы их через что-то определим, то потом придется определять это что-то. Поскольку где-то остановиться придется, то лучше остановиться в самом начале.

Другое дело, что в приложениях (или, как говорят математики, в реализациях) нужно четко указывать, какие именно реальные объекты мы собираемся сопоставлять с идеальными, и подробно обсуждать меру точности такого соответствия. Если мы прямую отождествим с геодезической линией (кратчайшим путем), то возникает вопрос об искривлении луча света. Это уже вопрос физический, вопрос о правильности модели Эвклида, вернее, о ее применимости к реальному пространству.

Аксиоматизации же подлежат не объекты, а связи, отношения между ними. Аксиома эвклидовой геометрии — через каждые

две точки проходит только одна прямая — невыполнима, например, на сфере, где через полюсы проходят все меридианы.

Второе замечание ближе к существу дела. Мне очень понравились соображения Александра Александровича о жестких и дискретных системах. Это очень в духе математических подходов, выделяющих всегда крайние, идеализированные ситуации.

Нужно, однако, как мне кажется, уточнить, что речь идет не о предельных системах, а скорее о предельных, асимптотических свойствах систем.

Приведу простой пример. Металлическую цепочку растянуть вдоль нее самой невозможно, но очень легко поворачивать ее звенья поперек ее длины. Таким образом, цепочка оказывается одновременно кристаллом «вдоль себя» и газом «поперек себя». Следовательно, по одним свойствам эта простенькая система является жесткой, а по другим — дискретной. Эта двойственность свойств является источником богатства поведения системы. Если такую длинную цепочку ударить в поперечном направлении множеством палочек, то в продольном направлении цепочка приобретает свойство упругости.

Почти несомненно, что резина устроена именно так, причем перпендикулярные удары обеспечиваются тепловым движением.

Можно также высказать догадку, что жидкость — это газ из микрокристаллов.

Еще раз подчеркиваю, что, на мой взгляд, правильнее говорить именно о выделении и классификации крайних предельных свойств или типов поведения, а не систем, хотя несомненно, что существуют системы, реализующие то или иное свойство в «чистом», так сказать, виде. Однако при этом мы рискуем проглядеть самое, на мой взгляд, интересное — взаимодействие этих крайних видов свойств.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Все-таки, несмотря на то что Вы, Альберт Макарьевич, рассказали нам об исторической судьбе математики, нам нужно как-то договориться об употребляемых нами словах-понятиях. Когда мы говорим о системе, мы должны хотя бы примерно знать, что под этим подразумевается. Понятно, речь не идет о строгом математическом определении, но какое-то рабочее определение необходимо, и мне кажется, что то определение, которое дано Львом Александровичем, является достаточно и вполне рабочим. Только таким путем можно построить некую иерархию слов-понятий. Скажем, договорившись об определении понятия «система», можно найти способ разумного и уместного употребления такого выражения, как структура; тогда структуру мы будем подчинять понятию системы и сможем даже говорить об организации, предварительно договорившись, что организация — это определенное свойство, присущее или, наоборот, не присущее системе. На такой основе можно договориться и о пока, по-видимому, довольно телеологическом понятии «цель», поскольку

из организации цель выбросить трудно (конечно, при этом телеология толкуется не в высоком философском смысле, а в смысле формулировки слов-понятий).

Когда я задавал вопрос о разнице между структурой и системой, мне хотелось услышать примерно то, что сформулировал Лев Александрович. Эта формулировка представляется мне очень важной для биологии, учитывая разнокачественность материала, с которым имеет дело эта наука. В подтверждение я позволю себе сослаться на самый общий пример.

Мы можем говорить о биосфере как о системе. Тогда целостное взаимоотношение этой системы с другими системами или с внешним миром будет голое понятие — *terminus nusus*, потому что другого биогеоценоза мы пока не знаем и можем говорить лишь в общем виде о взаимодействии биосферы с планетами и их энергетикой, с окружающим пространством и т. д. Руководствуясь определением Льва Александровича, в качестве неделимого элемента биосферы резонно выделить биогеоценозы, каждый из которых, в свою очередь, представляет собой систему, состоящую из совсем иных элементарных составляющих.

Можно говорить о популяциях, которые представляют собой системы, состоящие из своих особых элементарных единиц — индивидуумов одного и того же вида, занимающих территорию, которая примерно соответствует территории, занимаемой биоценозом, в который они входят. Но, конечно, популяции не будут состоять из элементарных единиц, подобных атомам, молекулам и т. д.

Мы можем говорить о генетической динамике популяций. В этом смысле в качестве элементарных единиц мы будем рассматривать генотипы, которые в известной мере и при известных формулировках будут соответствовать тем же индивидуумам того же вида, которые составляют популяцию. Двигаясь таким образом, мы можем при желании дойти до молекулярно-генетического уровня, на котором набор хромосом представляет собой определенную систему, состоящую из совсем особых элементарных единиц, разумно неделимых, поскольку они входят в данную систему.

Конечно, биогеоценозы состоят из бесчисленного количества генов, генотипов и т. д., но в пределах биогеоценоза все эти низшие единицы нельзя рассматривать как разумно выделенные, а разумно неделимыми являются здесь другие единицы, хотя они состоят из деревьев, насекомых, птиц и т. д.

Я согласен с теми, кто говорил, что в биологии пока еще не наработан достаточный материал для того, чтобы можно было заниматься построением строгих определений. Но вместе с тем, если не ограничить каким-то образом с самого начала словоупотреблений, то пройдет слишком много времени, пока из хаоса накопленного материала мы сможем создать известный порядок, эмпирически построить более строгие понятия. Многим биологам это хорошо понятно.

Сошлюсь на такой пример. Я не фитоценолог, но мне много приходится иметь дело с фитоценологическим материалом. Это каторжная работа. Чтобы понять короткую статью, нужно сначала разобраться в словоупотреблениях. Представитель одной школы употребляет слово в одном значении, другой ученый, употребляя это же слово, описывает, оказывается, совершенно другие процессы. Практически почти во всех биохорологических дисциплинах терминология совершенно произвольна, и это делает огромный накопленный материал почти несравнимым. Количество, так сказать, не переходит в качество. Материала много, а с ним ничего не сделаешь, невозможно даже перевести все это на какой-то один язык.

Именно поэтому в своих вопросах я позволил себе немного придаться к словоупотреблениям. Мне кажется, в этом смысле Л. А. Блюменфельд говорил очень интересные вещи. Из данного им определения я хотел бы особенно подчеркнуть значение элементарных составляющих, неделимых в данной системе. Только таким путем можно, по-моему, подойти к проблеме различных уровней структуры и уровней организации жизни на Земле. А определение А. А. Малиновского, как мне кажется, отличается от определения Л. А. Блюменфельда в отрицательную сторону своей чрезмерной краткостью. Л. А. Блюменфельд дал достаточно краткое определение.

А. А. Малиновский. Все, очевидно, согласны, что жесткое определение невыгодно. Я согласен с Л. А. Блюменфельдом относительно неделимости элементов с точки зрения системы. Меня немного смущает в его определении пункт о реакции системы как целого. Мне кажется, можно говорить о системах очень целостных и менее целостных. Кроме того, в совокупной реакции системы едва ли можно отделить реакцию ее как целого и реакцию отдельных элементов. Эта последняя существует, хотя и входит в целое. Поэтому мне кажется, что это не особенно желательное дополнение. Сама целостность возникает тогда, когда возникает более высокая организация, и является одним из признаков организации.

Разделяя понятия системы и структуры, я исхожу из того, что система — это нечто реальное, а структура — это тот разрез, в котором мы ее рассматриваем. Когда мы определяем понятие системы, нужно учитывать, что изучение объекта с точки зрения системности и структурности — это метод, и именно таким образом мы должны подходить к этому понятию. В частности, отсюда следует, что когда мы рассматриваем какое-то явление, то нужно учитывать возможность рассмотрения его с разных точек зрения. Поэтому, говоря, что система — это любая группа элементов, выделенных нами, надо иметь в виду, что мы не можем выделить их произвольно: должен существовать какой-то принцип, объединяющий элементы в систему.

И. В. Блауберг. Мы были свидетелями очень полезного суждения понятия «система». Поскольку эта проблема более или менее прояснилась, мне кажется, имело бы смысл перейти к обсуждению более широкой проблемы — какова суть системного подхода в биологии. В этой связи возникают такие вопросы: можно ли считать, что изучение биологической системы — это и есть уже системный подход, или системный подход предполагает нечто существенно новое, отличное от того, что было до сих пор? Если это новый подход, то в чем его характерные черты? Есть ли различие между системным и структурным подходом? Если есть такое различие, то в чем оно состоит?

Г. Н. Громов. Здесь выступали математики, биологи, философы. Мне бы хотелось выразить точку зрения техники на системный подход в биологии. Прежде всего мне кажется важным, что в биологии сегодня каким-то образом различают несколько уровней, о которых, в частности, говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский. Каждый из уровней представляет собой соответствующую систему.

По-видимому, опираясь на аксиоматику, можно было бы выделить некоторые принципы, и затем на их основе определить на каждом из уровней те элементы, из которых составляются системы. Тогда для каждого уровня мы имели бы соответствующую совокупность аксиом; с помощью аксиом мы получаем элементы системы. Кроме того, у нас есть связи, которые можно истолковать как операторы, применяемые к этим аксиомам. В таком случае можно было бы двигаться более или менее строго: есть аксиомы, есть связи — значит должны быть системы. При этом аксиомы одного уровня организации для следующего уровня теряют силу, хотя некоторые из них могут действовать на всех уровнях.

Именно таким образом мы рассуждаем с инженерной точки зрения, опираясь на математику и создавая неживые системы. Если бы аналогичный подход был в биологии, мы могли бы брать используемые там принципы и переносить их в технику.

В. Н. Садовский. Вы считаете, что тот идеальный план, который Вы сейчас нарисовали, действительно используется в математике? Иначе говоря, считаете ли Вы, что существует одна аксиоматика для одного уровня, другая — для другого?

Г. Н. Громов. Мы уже некоторое время работаем с биологами и пытаемся сформулировать принципы, которым подчиняются процессы функционирования в живой природе в разной среде. При проектировании технических систем мы каждый раз выдвигаем аксиоматику, удобную нам. Например, разрабатывая усилитель, мы сразу в самом начале разработки задаем центр усиления, диапазон входных и диапазон выходных сигналов и т. д. А дальше, чтобы получить эффект, т. е. нужный коэффициент усиления, мы применяем существующие законы, скажем закон Ома и т. д., и начинаем строить свою систему. Переходя на следующую

щий уровень — систему автоматике, мы знаем, что есть законы, выработанные в автоматике, и используем соответствующую часть этих законов. Иначе говоря, для каждого уровня систем у нас есть соответствующие единицы и свои особые закономерности.

В. Н. Садовский. Ваши исследования по созданию технических систем носят эмпирический характер или являются дедуктивными?

Г. Н. Громов. Если Вы говорите о разработке системы, то она носит совершенно конкретный дедуктивный характер. Если же Вы имеете в виду принципы, о которых я говорил, то они носят чисто эмпирический характер.

В. Н. Садовский. Мне кажется, что нам следует договориться о значении некоторых терминов, которые здесь употреблялись. Вы описали хорошо известный способ создания технических систем, которые выполняют те или иные биологические функции. Этот процесс является чисто эмпирическим. И в нем никакой аксиоматики в том смысле, как этот термин употребляется в математике, мы не пользуемся. Мы просто-напросто используем в этом эмпирическом исследовании те или иные закономерности, сформулированные на физическом, математическом и других языках.

Ваше требование к биологии, чтобы она использовала более строгий язык, чем это делается сегодня, совершенно справедливо, но оно не имеет никакого отношения к построению аксиоматических теорий тех или иных областей действительности. Процесс создания аксиоматик требует метаматематического аппарата, а это совершенно иной уровень исследования.

Я полностью согласен с другими основными мыслями Вашего выступления. Действительно, было бы чрезвычайно важно сопоставить закономерности, которые реализуются на этих разных технических уровнях, с закономерностями, которые биология выявила для соответствующих уровней своих систем. В такой постановке вопроса эта задача вполне разумна и реальна.

А. С. Мамзин. Говоря о системах, мы не имеем какой-то строго сформулированной системы понятий, хотя определенная совокупность категорий, главным образом полярных, при этом употребляется. Мне представляется, что было бы важно выявить эти категории, прежде всего системы и элемента. Где-то близко от них стоят категории целого и части, а также структуры и функции. Видимо, к ним примыкают единое и множественное. Противоположностью организации является дезорганизация.

Важным аспектом теории систем является изучение развития. Это правильно подчеркивал, в частности, Берталанфи, который говорил, что теория систем должна исследовать не только строение и функционирование систем, но и проблему их генезиса, которая не рассматривается кибернетикой, теорией информации или теорией игр.

А. А. Малиновский. Для различных уровней биологических систем можно выделить разные закономерности. Скажем, с точки зрения внутренней связанности наиболее высокие формы организации мы видим на уровне индивидуума, которого можно считать наиболее сложной и наиболее организованной системой.

Но в то же время с точки зрения положения организма в системе видов у него имеется определенный дополнительный момент — ограниченность срока жизни, которая является необходимым условием развития видов. Иначе говоря, связь между разными уровнями определяет не только положение элемента в системе более высокого уровня. Чтобы элементы могли совершенствоваться под влиянием системы, они обязательно должны обладать запрограммированной ограниченностью срока жизни.

Другая важная задача теории систем состоит в том, чтобы по возможности найти некоторые общие закономерности, пригодные для всего живого в целом. Мне лично представляется, что основным для живого является способность ауторепродукции. Эта же способность переходит потом на социальный уровень, но она наиболее типична для всего живого. Это та основа, которая лежит и в основе наследственности, изменчивости, прогрессии размножения. Опираясь на такого рода основания, мы можем найти и вывести общие положения, которые пригодны на разных уровнях.

Конечно, формулируя такие положения, надо опираться на известные эмпирические факторы. Но главная задача теории систем состоит в том, чтобы свести к минимуму предпосылки, выделив из них наиболее существенные. Пользуясь такими предпосылками, мы сможем решать те вопросы, для изучения которых мы часто привлекаем огромное количество факторов, часто вовсе не необходимых, или необходимых только при условии, что у нас нет общих закономерностей.

В. Н. Садовский. Вы считаете, что теория, которая должна быть построена, это теория биологических систем или Вы имеете в виду концепцию типа общей теории систем?

А. А. Малиновский. Я считаю, что ее нужно строить как часть общей теории систем, но в биологии есть своя специфика. Ауторепродукция может быть использована в сфере автоматки, которая, вероятно, скоро научится этому; она может использоваться во многих социальных системах. Но все-таки прежде всего она представляет собой необходимое условие, без которого невозможна биологическая система. Не принимая в расчет этого условия, мы не сможем построить теории биологических систем, поскольку тем самым исключается сама возможность жизни.

И. В. Блауберг. Значит, теория систем в Вашем понимании будет распадаться на теории, специфические для биологии и для любой другой науки, а единого варианта теории систем не будет?

А. А. Малиновский. Нет, почему же. Такая теория обязательно будет.

А. М. Молчанов. Видно, что-то нужно добавить, потому что одной ауторепродукции недостаточно. Может быть, цепной характер реакций?

А. А. Малиновский. Цепные реакции играют определенную роль в жизненных процессах, но их роль — ускорительная, так сказать. Для жизни характерна ауторепродукция, чрезвычайно варьирующаяся. Кристаллы тоже могут репродуцироваться, но для этого нужна очень строго соблюденная концентрация раствора. Для процессов горения это выглядит менее строго, но все же и здесь нужны жесткие условия среды. В то же время для жизни условия среды становятся все менее жесткими, т. е. жизнь научается ауторепродуцироваться во все более разнообразной среде. Различие, может быть, только количественное, но мне оно кажется существенным.

А. М. Молчанов. Конкретно каждый раз понятно, что цепная реакция — это не жизнь. Но я не совсем понимаю, как это можно сформулировать в общих терминах, чтобы мы четко могли отличать воспроизведение вида от воспроизведения свободных радикалов.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. В свое время мы с группой физиков-теоретиков ввели понятие «конвариантная редупликация». Это то, что действительно типично и характерно для жизни, если отвлечься от очень распространенных в биологии различных исключений, связанных с вегетативной ауторепродукцией и другими эволюционно объяснимыми, но нетипичными формами размножения. А конвариантная редупликация — это понятие, включающее конвариантность, то есть возникшую вариативность. Для жизни характерно не просто идентичное самовоспроизведение, а редупликация, восходящая к самым низам. Конвариантная она в том смысле, что включает в себя ранее возникшие изменения структур, причем это, по-видимому, происходит на основе матричного принципа: имеется некая матрица, она способна строить рядом с собой себе подобную; если эта матрица изменилась (например, мутационно), то она и редуплицируется в измененном виде.

Я сейчас не берусь говорить, существуют ли какие-нибудь случаи вне живой природы, которые могли бы запутать это определение. Но во всяком случае мне такое определение основного свойства жизни представляется вполне аккуратным, потому что оно исключает конфликты с кристаллами, всякими цепными реакциями и прочими биологически неинтересными вещами.

А. М. Молчанов. С кристаллами мне не все ясно. Разве рост кристаллов — это не редупликация?

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Рост кристаллов — это не редупликация. А насколько он конвариантен, не знаю, я не кристаллограф.

С места. Эта аналогия приводится иногда в литературе.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. В учебниках общей биологии бывает иногда всякая ерунда, но обычно определение жизни, свя-

занное с конвариантной редупликацией, не приводится. В свое время мы пытались с довольно умными людьми обдумать этот вопрос насчет определения жизни и умнее ничего не придумали.

А. М. Молчанов. Значит, по-вашему, самое главное — это сохранение предшествующих модификаций? Существенно ли здесь, что это может иметь место в скрытом, т. е. не обнаруживающемся явно, виде?

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Если имеется некая структура, которая с помощью матричного принципа редуплицируется, строит рядом с собой себе подобную, то это рядом строимое себе подобное включает в себя те мутации, т. е. структурные изменения, которые претерпела до редупликации данная матрица. А скрытый вид — это понятие антропоморфическое. От кого скрытый? От нас, что ли?

А. М. Молчанов. Мы как будто бы договорились, что точка может быть элементом системы и в то же время иметь определенное строение. Тогда эта скрытая конвариантность «сидит» в элементе, который мы полагаем точкой, или в наше определение системы эти варианты войдут в чистом виде?

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Если представить себе эту матрицу в качестве некоего нуклеопротеида, то в отдельных частях этого нуклеопротеида могут произойти изменения самого различного рода: он может разорваться пополам или в нем может заместиться какое-то основание и т. д. При работе этой матричной системы далее, при редупликации эти изменения передаются строимой рядом с матрицей новой структуре.

Э. Г. Юдин. Насколько я понимаю, вопрос был несколько иной. Если говорить о редупликации с точки зрения определения системы, данного Л. А. Блюменфельдом и принятого Вами, то относится ли эта редупликация к системе или к элементам системы, далее неразложимым?

Н. В. Тимофеев-Ресовский. По Льву Александровичу, система избирается в зависимости от надобности. Скажем, нуклеопротеидная матрица может быть выбрана нами для чего-то в качестве системы. Тогда элементами в ней будут нуклеотиды или что-то в этом роде. А что может быть здесь скрытым? Я не понимаю: скрытое может быть от кого-нибудь или чего-нибудь, изменение же либо произошло, либо не произошло.

А. Я. Яблоков. Николай Владимирович говорит о редупликации на всех уровнях.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. С точки зрения системы, в системном рассуждении эта нуклеопротеидная матрица и будет рассматриваемой нами системой.

А. М. Молчанов. Тогда вопрос снят. Но мыслима другая система, в которую эта матрица войдет как единый неразложимый элемент. В таком случае может оказаться, что, хотя мы будем считать этот элемент неизменным, на самом деле он изменился.