

Структурные уровни биологических систем

Выступления

В. И. Креманский. Прежде всего, мне хотелось бы напомнить об одной модели общего и специфического во взаимоотношениях систем различных структурных уровней. Ее однажды предложил А. А. Малиновский; к сожалению, она осталась неопубликованной. Представьте себе пирамиду, перевернутую вершиной вниз. Ее узловые сечения — это структурные уровни, а ее грани — это те аналогии, которые нужно и возможно выявить. Кроме того, можно было бы показать стрелками взаимодействия и взаимосвязи между уровнями. В самом деле, молекулы могут влиять на клетку и даже на сложнейший многоклеточный организм. А популяция влияет на эти молекулы. Правда, это не прямые взаимосвязи, тут имеют место преимущественно косвенные влияния, посредством отбора. В живой природе (в отличие от общества)

пока не найдены возможности прямого влияния со стороны систем высоких уровней на нижний. Видимо, такое влияние со стороны верхнего уровня на нижний в живой природе может быть только косвенным, лишь посредством естественного отбора или, как мне кажется лучше говорить, естественной селекции.

Затем вопрос к математикам. Быть может, стоит попытаться найти единый принцип, который позволил бы подойти к ответу на вопрос, звучащий, правда, несколько наивно: а почему, собственно, существуют системы как дискретные образования? Почему в системах существует дискретность их подсистем и элементов? Понятие дискретности системы как целого, ее ограниченности, обособленности от других систем, часто не осознанное и лишнее обоснования, неявно включено и в самое общее понятие системы. Почему же материя существует главным образом в виде каких-то серий, групп, дискретных образований, систем?

Кстати, надо сделать небольшое добавление к тому, о чем я вчера говорил. Понятие системы отличается от общего понятия множества не только тем, что отображает какие-то взаимосвязи, но еще и потому, что материальная система представляет собой совокупность элементов, которые обязательно существуют вместе. Этим понятие системы, мне кажется, отличается и от понятия группы как частично упорядоченного (какой-то связью или каким-то соотношением) множества, выделяемого нередко просто по условному соглашению. Напротив, реальная совместность существования элементов — очень важный признак системы. Эта совместность обеспечивается не простой конденсацией, что имеет место, скажем, с молекулами газа, а такой конденсацией, которая делает достаточно значимыми возможные воздействия одних элементов на другие. Все отмеченные обстоятельства и дают, по моему мнению, искомый подход к ответу на вопрос — почему существуют системы. Ведь воздействия (и вообще взаимодействия) всегда имеют конечные скорости и оказывают значимые влияния — по крайней мере, порознь — только на конечных по дальности расстояниях. Я не говорю здесь об информационных взаимосвязях и взаимодействиях, присущих только высокоорганизованным системам. Информационные взаимодействия таких систем могут быть чрезвычайно дальнедействующими; но конечность скоростей взаимодействия имеет место и в этом случае.

Очень интересный пример ограниченности биологических систем вследствие дальности расстояний приводит зоолог, когда говорит об изоляции групп организмов посредством расстояния. Во многих случаях нет никаких естественных препятствий между популяциями; когда они населяют обширную равнину, они могут скрещиваться между собой. Но скрещивания осуществимы лишь между популяциями, не слишком удаленными друг от друга. Вот это ограничение дальности взаимодействий, не говоря уже о конечности их скоростей, и служит, как мне кажется, простой

реальной основой для существования систем как объектов, представляющих собой совокупность элементов, связанных совместностью существования в силу того, что между ними постоянно имеются значимые взаимодействия.

Принцип значимости взаимодействий и ограниченности этих взаимодействий в силу их конечности по скоростям и дальностям не вполне применим для того разделения систем на жесткие и дискретные, о котором говорил А. А. Малиновский. Мне кажется, что сформулированный им подход имеет не только субъективное, но и объективное значение. Это одна из особенностей тех отношений, которые мы находим в реально существующих системах. Сходные формы жестких и дискретных связей в системе, как отметил Александр Александрович, не вдаваясь в детали, наблюдаются на разных структурных уровнях. Это как бы одна из важных «граней» той пирамиды, о которой я говорил вначале.

В заключение сделаю одно терминологическое замечание. Когда мы говорим — кровеносная система, управляющая система и т. п., то можно упустить из виду, что это, в сущности, подсистемы. Ведь одно дело — система, существующая относительно самостоятельно (абсолютно самостоятельной системой является только вся вселенная, если вообще о ней можно говорить как о системе), и другое дело — подсистемы, которые дифференцируются и вычленяются внутри данной системы. И мне кажется, что дифференцировать термины «система» и «подсистема» (это довольно часто делается в литературе) нужно также и в дискуссиях.

Та дискретность в пределах системы, о которой говорил А. А. Малиновский, несколько отличается по своим характеристикам от дискретности системы как целого. Те системы, которые дифференцируются и вычленяются, скажем, в организме, это не самостоятельно существующие системы, а именно подсистемы. Незачем много говорить о том, что для процесса управления, осуществляемого, например, в процессе биосинтеза первичной биохимической структуры белка, требуется целая совокупность сложных факторов. Тут и определенная группа ступенчато действующих ферментов, тут и катионы двух- и одновалентных щелочных металлов магния, кальция, калия; а кроме того, конечно, определенные субстраты и участие водной среды. Все это не могло бы обеспечиваться только самой «управляющей подсистемой», а обеспечивается и совокупностью элементов всей системы клетки как целого в ее взаимодействиях с определенной внешней средой.

И. В. Блауберг. Здесь прозвучала боязнь субъективизма при введении достаточно произвольных критериев для выделения систем.

Выясняя специфику системного подхода в современной науке, нужно иметь в виду, что у нас нет достаточных оснований считать системным исследованием всякое исследование сложного объекта. Изучением таких объектов (жизнь, общество, мышление

и т. п.) наука занималась фактически с самого своего возникновения. Если мы считаем системный подход каким-то новым способом подхода к объекту, то дело состоит не в том, что изменился сам объект, а в том, с какими новыми познавательными средствами мы обращаемся к изучению этого объекта. В этой связи я поддерживаю то определение системы, которое было предложено на вчерашнем заседании Л. А. Блюменфельдом. В самом объекте, который мы исследуем, еще нет оснований для суждений о том, является ли он системой или нет. Если мы подходим к нему со средствами системного анализа (которые наука начала разрабатывать совсем недавно), то осуществляем системное исследование, если же мы к тому же объекту подходим с несистемными средствами, то и результат будет иной — системной картины объекта мы не получим.

Поскольку у нас нет пока средств, позволяющих охватить сложный объект сразу, целиком, во всем многообразии его связей, то мы вынуждены прибегать к расчленению объекта, которое — как здесь уже говорилось — может производиться по самым различным основаниям. А раз так, то любая системная картина объекта, выражающая одно из возможных его расчленений, один снятый с него «срез», не может быть полной его картиной. Ее полнота может быть достигнута, по-видимому, лишь в результате очень сложных операций синтеза различных картин, различных системных представлений об одном и том же объекте; задача такого синтеза пока еще не имеет общего решения. Если же добавить, что каждое расчленение объекта производится на основе определенных научных, философских и иных предпосылок, т. е. обусловлено существующим уровнем культуры, то станет очевидным, что имеющиеся в научном знании системные представления в значительной мере зависят от исходной позиции исследователя, который строит эти представления. Разумеется, при этом весьма существенные параметры исследования задаются самим объектом, в частности, присущим ему типом целостности: воспроизведение в знании органичного целого даст совсем иную системную картину, чем отображение особенностей неорганичного целого. Но здесь всегда имеется вторая сторона — без исследователя, его позиций и конкретных задач, которые он ставит перед собой, системная картина не получится, в объекте самом по себе она не заложена. Поэтому я думаю, что в данной связи речь должна идти не о субъективизме, не о произвольности, а об активности познавательного процесса.

Г. А. Викторов. У меня вопрос к инициаторам этого совещания. Не найдете ли Вы возможным кратко сформулировать, в чем специфика системного подхода, каким арсеналом методов он пользуется и чем он отличается от простого изучения системы? В ходе дискуссии эти вопросы, как мне кажется, пока не получили достаточного освещения.

В. Н. Садовский. Позвольте мне попытаться ответить на Ваш вопрос. Допустим, мы называем системой какой-то объект, пусть это будет кровеносная система или что-либо другое. При этом, изучая данный объект, мы практически не пользуемся тем определением, которое нам дал Л. А. Блюменфельд, — мы изучаем объект традиционными методами, сложившимися в биологии и вообще в естествознании. Такое исследование не является системным исследованием, даже с учетом того, что сам этот термин может иметь разный смысл, о чем говорит хотя бы сопоставление вчерашнего доклада Александра Александровича и сегодняшнего сообщения Николая Владимировича. И то, что мы называем данный объект системой, еще не дает нам системного подхода, а есть лишь дань времени.

Следовательно, объект, который мы назвали системой, можно исследовать, не применяя никаких специфических системных методов, не применяя даже понятия системы, а лишь используя определенную последовательность операций. Для того, чтобы применить это понятие к исследуемому объекту, прежде всего нужно вычленить какие-то неделимые элементы, заданные каким-то определенным образом, но это должны быть неделимые элементы в рамках универсного рассмотрения, если так можно сказать. Должны быть выделены определенные системы связей, определенная совокупность связей внутри выделенных нами элементов, затем выделены какие-то операции (здесь очень много интуитивного), направленные на исследование целостности и других параметров объекта.

По-видимому, в самом первом приближении, системным исследованием можно считать любой тип исследования, который удовлетворяет данному определению системы, который базируется на этом определении и, кроме того, использует некоторые специфические методы — какие именно, еще до конца не ясно.

Г. А. Викторов. А как же из определения системы вытекает подход? Систему можно изучать по-всякому. В чем же специфичность системного подхода, например, в применении к кровеносной системе?

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Кровеносная система к слову «система» не имеет ни малейшего отношения — эти слова употребляются в разных смыслах. Кстати говоря, термин «кровеносная система» существовал задолго до того, как понятие «система» стало модным.

Г. А. Викторов. Но ведь речь шла о том, что системный подход может быть применен к любому объекту, на любом уровне?

В. Н. Садовский. Если есть тот прагматический критерий, о котором мы вчера и сегодня говорили, и если мы можем подойти к спичечной коробке вот с такой системной точки зрения, то прагматически это система.

Г. А. Викторов. В чем же тогда специфика этого подхода, и почему его надо называть системным?

Э. Г. Юдин. Этот вопрос требует гораздо более обстоятельного разговора, но для того, чтобы мы могли говорить о системном подходе как о какой-то реальности, я предлагаю хотя бы в первом приближении договориться о следующем. Вчера Л. А. Блюменфельд сформулировал определение системы, против которого, кажется, никто не возражал. Давайте его и примем. В этом определении задано, по крайней мере, четыре существенных признака, определяющих не только объект сам по себе, но и нашу позицию при исследовании этого объекта, со всеми соответствующими ограничениями. Если мы исследуем некую реальность, опираясь на это определение, то есть пытаемся рассмотреть ее с точки зрения сформулированных признаков, то мы пытаемся исследовать не просто некий объект, а стремимся исследовать его как систему.

В качестве примера я бы хотел сослаться на сегодняшнее выступление Н. В. Тимофеева-Ресовского, в частности, на изложенное им понимание популяционного уровня. Свою точку зрения по этому вопросу он стремится увязать с определением системы. Он говорит, что популяция как таковая может исследоваться самыми разнообразными способами, начиная с чисто описательного. Его же как биолога интересует выяснение исходного элемента, того кирпичика, из которого строится данный вид рассматриваемых им систем; его интересует механизм жизни и развития этих элементов, образующих системы данного уровня, и так далее. Таким образом, он не ограничивается просто «системной» терминологией, а, исходя из определения системы, ищет какие-то законы жизни...

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Я бы дополнил Ваши рассуждения, с которыми совершенно согласен, одним единственным моментом. Для того, чтобы применить системный подход к изучению объекта или какой-то вне нас находящейся реальности, сначала нужно выяснить, содержатся ли в данной реальности те основные черты, которые определяют систему. Если эта реальность или этот объект на основе данного определения могут быть охарактеризованы как система, то тогда оправдано применение к ним системного подхода, т. е. вычленение элементарных структур и явлений, выделение взаимосвязей, структурное рассмотрение и другие моменты, которые содержатся в определении Льва Александровича. Это очень существенно.

Второе, что мне хотелось бы отметить. Сегодня уже шла речь о том, что существуют живые организмы, для которых не годится половое определение вида, для них требуется какое-то иное определение понятия популяции. На этом частном биологическом примере видно, что не всегда целесообразно ставить слишком общие задачи и давать общие определения. Правда, многие био-

логи пробуют дать такое определение видов, под которое подошло бы все без исключения. Но тогда такое понятие вида теряет рабочий смысл в самых основных проблемах эволюции. Зачем же оно мне нужно? Я так и буду держать на заметке, что здесь, как и во многом другом, имеются исключения, но предпочту пользоваться таким определением понятия вида и понятия популяции, которые могут «работать» при решении достаточно больших биологических проблем. Этот пример можно обобщить.

В связи с этим у меня возникает вопрос — есть ли смысл сейчас нам говорить о небιологических системах? Мы занимаемся биологическими системами и системным подходом в биологии. Целесообразно ли сейчас формулировать этот подход в столь широких и общих определениях, которые для его внедрения в биологическое исследование просто не нужны? Часто бывает, что слишком общее определение, особенно методологического характера, теряет работоспособность, становится просто некоторым утверждением. Нам же на настоящей стадии развития, в частности, в биологии, нужно конкретно выяснить, что дает системный подход в применении именно к биологическим системам.

Л. А. Блюменфельд. Несколько слов о том, что я понимаю в результате нашего обсуждения под системным подходом.

По-моему, системный подход — это абсолютно универсальный принцип, который основан главным образом на невозможности охватить сложные явления со всей мыслимой полнотой. В принципе это возможно, но реально, конструктивно мы это сделать не можем. В самом деле — ведь никто не сомневается в том, что достаточно несколько десятков постулатов, являющихся обобщением опыта, чтобы построить теорию, позволяющую описать и понять все мыслимые явления в природе. Но у нас нет достаточных знаний, нет этих постулатов. Поэтому при изучении сложных явлений нам и приходится произвольно задавать системы и расчленять их на некоторые единицы, относительно которых мы уславливаемся, что мы можем о них ничего не знать, кроме некоторых их свойств, их взаимодействия друг с другом, и что в рамках поставленной задачи они остаются неделимыми. Они остаются таковыми только в рамках поставленной задачи, и не более. Как мы их выделяем — это наше дело; необходимо только, чтобы они соответствовали поставленной задаче. Этот метод широко применяется в науке.

В качестве примера: исследуя сложный химический процесс, последовательность многих сложных реакций, мы считаем заданными, неделимыми скорости отдельных последовательных реакций. Это те элементы, из которых мы объясняем поведение нашей сложной системы. В принципе мы могли бы объяснить ее поведение, рассчитывая константы скоростей отдельных реакций квантовомеханически — если бы умели это как следует делать. Но на самом деле мы этого не умеем, существуют лишь разные приближенные

способы. В этом случае весь путь от единиц, взятых на квантово-механическом уровне, до поведения системы в целом был бы совершенно необозримым. Поэтому мы выделяем скорости отдельных реакций в качестве неделимых, и уже потом строим систему сложных реакций, находим в них колебания и т. д. Но при этом мы не задаемся вопросом о том, как рассчитать и как понять скорости отдельных процессов — в данном случае это для нас безразлично.

Изучая свойства молекулярного кристалла, мы забываем о многих свойствах молекул. Нам достаточно знать, что связь внутри молекул сильнее, чем между молекулами. Зная соотношения строения, мы можем получить свойства твердого тела.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Т. е. строим чисто феноменологическую картину.

Л. А. Блюменфельд. Совершенно верно. Поскольку же биологические явления еще более сложны, то при их исследовании абсолютно обязателен именно такой системный подход. Иначе мы не можем построить последовательной теории. Поэтому в зависимости от того биологического вопроса, который мы ставим перед собой, мы выделяем сами системы. Вы, Николай Владимирович, выделили их как четыре уровня организации. Если же будет поставлен другой вопрос, системы могут быть выделены иным образом.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Совершенно верно.

Л. А. Блюменфельд. Следовательно, это абсолютно обязательный и единственно возможный путь общего подхода к биологическим проблемам.

А. М. Молчанов. Я начну с истории, которая произвела на меня сильное впечатление, истории прямо-таки лесковской. Мне рассказывал ее С. Маслов — биолог из Московского университета.

В начале или середине прошлого столетия немецкий колонист Фальцфайн захотел спасти русскую степь. Ему не очень нравилось, что по степи бродит скот — вытаптывает ее, бегают зверушки — грызут траву. И вот в Аскания-Нова он огородил большой участок ковыльной степи. Дальше события разворачивались почти по Лескову, у которого сердобольному немцу жалко было сразу отрубить хвост собаке, и он резал его по кусочкам. Неблагодарная взбесилась. Степь повела себя похоже: участок сгнил, и степь исчезла с лица земли.

Оказывается, мы не вправе произвольно создавать систему. Она сама знает, какая она. В случае с Фальцфайном выяснилось (повторяю, это мне рассказывали, и я не ручаюсь за точность своего изложения), что без протоптанной между дерновинами голой земли степь существовать не может: из-за обильного травостоя семена не достигают почвы и гнивают. Надо, чтобы и мышки трудились, а то ковылинки друг друга уничтожат, задохнутся.

Здесь система сама сказала, что одна трава — не степь, не система.

Фальцфайн урок потом понял. Все-таки Асканию-Нова он создал, несмотря на «спасение» степи. Но и для нас здесь есть урок — даже с самыми лучшими намерениями следует обращаться осторожно. Можно так «помочь», что потом уж не спасешь.

Другой пример. Массы звезд, при всем разнообразии их строения, укладываются всего лишь в один порядок. Если масса звезды в три раза меньше массы Солнца, то звезды не получатся — она не будет гореть, поскольку давление внутри нее слишком мало. Если же взять массу в сто солнечных, то горение будет столь бурным и будет сопровождаться такими взрывами, что эта масса материи либо развалится на куски «надлежащих» размеров, либо выбросит в виде газа и продуктов взрыва в окружающее пространство подавляющую часть своей массы. Все эти события разыгрываются необычайно быстро: сотни тысяч, миллионы лет из стамиллиардной истории Галактики — все равно, что день в жизни человека.

Поэтому мне кажется, что система всегда сама знает, чем ей быть. Именно акцент на произвольность в определении Льва Александровича меня не устраивает. Если вы рассматриваете систему на разумных для нее временах, она всегда будет стабильной.

Мне кажется, что уровни организации жизни, о которых говорил Николай Владимирович, как раз и соответствуют стабильным состояниям. Самая замечательная и характерная особенность жизни — ее «некисельность» — и находится, по-моему, в прямой связи с устойчивостью системы.

Неживые системы обычно тоже устроены дискретно: у них есть неустойчивые критические состояния, отделяющие «зону притяжения» одной устойчивой формации от другой. Однако при нарушении устойчивости они, видимо, чаще всего «сваливаются вниз». Звезды, например, теряют гетерогенность и становятся более «скучными», однородными. Когда биологическая система (вид) достигает критического размера в самых разных смыслах этого слова (это может быть размер интенсивности жизненного обмена и т. п.) — то вид, вероятно, резко возрастает и захватывает ныне по праву принадлежащий ему район. А если этот размер немного снижен, как, вероятно, обстояло дело с мамонтами, вид спадает до нуля.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Но если он слишком возрастет, то окружение вдавит его в должный порядок вещей. Это — «волны жизни».

А. М. Молчанов. Однако из понимания роли критических, неустойчивых состояний вытекает и некоторый оптимизм. Биологическую систему, например, лес, не обязательно доводить до полного расцвета. Надо только помочь ей «перевалить» крити-

ческую точку, а дальше она «сама пойдет». Это попросту дешево.

Мне кажется, что уже при определении понятия системы нельзя обойтись без представления об устойчивых и критических состояниях. Пока мы бродим между квазустойчивыми состояниями, то это еще не сложившаяся система, либо более поздний ее период. Называйте ее как угодно — переходным процессом, например, — но это еще не система. Вот когда она стабилизируется (а на это много времени не нужно), тогда станет системой и начнет медленно — относительно, конечно, — эволюционировать. А когда она снова доэволюционирует до взрыва, назовите ее хоть активированным комплексом. Ведь когда рождается ребенок, все согласны, что возникает новая система — мать и дитя.

В этом смысле я не согласен, в частности, с В. А. Геодакяном по поводу популяционных и организменных систем. На мой взгляд, популяционных систем просто быть не может — это и есть недообразовавшаяся организменная система. Я бы предпочел говорить о популяционной стадии переходного процесса.

Из этого подхода вытекает, что можно, например, рассматривать популяцию звезд (слово-то, кстати, биологи у нас, астрономов, утащили, мы его первые придумали, прямо из латыни) без тех элементов — пыли, газа, магнитных полей, которые на достаточно больших временах замыкают ее до единого цельного организма — Галактики. Это и есть главный предмет разногласий.

Говорить о Галактике десяти миллионов лет — это бессмысленно. Ее масштаб — много миллиардов лет. А на таких временах без учета магнитных полей, пыли и газа понять ничего нельзя. Опять получается, что произвольное определение системы неудовлетворительно.

Кроме основных устойчивых уровней, о которых говорил Николай Владимирович (я склонен их отождествлять с понятием системы, если угодно — Системы с большой буквы), существуют промежуточные, неустойчивые, критические состояния. Эти состояния — перевальные точки, означающие, что эта система выше крестика, отмечающего границу между молекулярно-генетическим и онтогенетическим уровнем. Значит, она «сама собой» разовьется до онтогенетического уровня — перевальную точку (линию, границу, условие — как угодно) она уже преодолела. А вот эта — ниже: значит, она «свалится» на молекулярно-генетический уровень.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Это в том случае, если Вы считаете, что есть только одна система.

Ю. М. Свирижев. Мы говорили о системах, о выделении систем из некоторой реально существующей действительности. Скажите, пожалуйста, можно ли в принципе наблюдать Ваши критические

состояния? Ведь любое неустойчивое состояние — это в природе настолько невероятная вещь, что наблюдать его в принципе нельзя.

Вы классифицируете системы по характерным временам. Но характерное время всякой катастрофы, всякого развала настолько меньше характерного времени системы, что, выделяя элементы системы, мы эту катастрофу попросту не видим. Рассматривая системы, мы по сути дела рассматриваем только устойчивые системы.

А. М. Молчанов. Неустойчивые состояния вполне можно наблюдать. Я не говорю уже о всевозможных взрывах. Возьмем более мирную вещь — главную последовательность звезд в астрофизике. На ней есть пустота, которая соответствует цефеидам — переменным звездам. Каждая звезда достаточно большой массы проходит через это состояние. Но на графике оно выглядит именно как пустота. Происходит это потому, что эволюция необычайно убыстряется, когда звезда достигает цефеидного состояния. Она буквально «просвистывает» этот участок. Статистически это выглядит следующим образом. Возраст Галактики — сто миллиардов лет, а время жизни звезды в цефеидном состоянии не более миллиона лет. Следовательно, доля звезд в цефеидном состоянии должна быть что-то около 10^{-5} . Ясно, что на статистическом материале это состояние воспринимается как провал в распределении. Однако негатив в познавательном отношении ничуть не хуже позитива.

Ю. М. Свирижев. Но характерны ли эти состояния для системы?

А. М. Молчанов. Как же не характерны, если она не может перейти из одного состояния в другое, минуя это критическое состояние?

Ю. М. Свирижев. Но если так, то тогда определение Льва Александровича полностью охватывает и рассмотренные Вами случаи.

Я. И. Старобогатов. Боюсь, как бы здесь опять не возникли чисто терминологические недоразумения. Можно вести речь о системах стабильных или квазистабильных и о системах нестабильных. Другое дело, что для биологических целей, по-видимому, нужнее и полезнее изучать систему стабильную, а на системе нестабильную не стоит тратить труда. В некоторых случаях может возникнуть сугубо специальная задача изучения нестабильной системы, но большинство систем, с которыми сталкивается исследователь, это системы стабильные или квазистабильные. Поэтому вместо категорического спора — система это или не система? — мы можем поставить вопрос иначе: это система стабильная или нестабильная? Все, что Вы говорили, относится к стабильной системе.

А. М. Молчанов. Я не предлагаю никакого другого определе-

ния системы. Интуитивное понимание того, что такое система, есть у каждого, кто чем-нибудь «систематически» занимался. Мне кажется, что не стоит зря «разбазаривать высокое звание системы». На мой взгляд, для наших целей более всего подходят два крайних типа объектов: стабильные системы и объекты, находящиеся в крайне неустойчивом состоянии. Первые и есть собственно системы, а вторые, быть может, еще более важны, так как указывают границы областей. Переход через такую границу вызывает к жизни новое качественное состояние, тяготеющее к определенному типу стабильности. Этот-то тип стабильности и заслуживает, по-моему, наименования «система», а то, что происходит с объектом «по дороге», есть не более как переходный процесс.

А. А. Малиновский. Я начну с выступления А. М. Молчанова. Мне кажется, что понимание того, что такое система, это вопрос отчасти терминологический и одновременно существенный. Вопрос о том, что нужно рассматривать, что интересно и что важно — это вопрос не терминологический. В этом смысле Альберт Маркаревич совершенно прав. С другой стороны, проблема определения — это вопрос довольно произвольный. В этом отношении я иду дальше, чем Лев Александрович, считая, что систему вообще нужно выделять произвольно.

Мне кажется, удобно назвать системой любой комплекс элементов. Я согласен, что неделимость элементов — это очень важный момент. А дальше уже идет вопрос о закономерностях систем: одни системы обладают большей степенью целостности, другие — меньшей, но нет системы, которая вообще не имела бы никакой целостности, т. е. определенной устойчивости, организованности, стабильности, определенных общих свойств. Наверное, ни одна, даже произвольно выделенная, система не обладает полным отсутствием целостности: раз мы ее выделяем, то выделяем по какому-то объединяющему принципу. И очень важно выявить закономерности, в силу которых появляется эта целостность и стабильность.

Еще одно. В биологии представление об отрицательных обратных связях возникло очень рано — в 1912 г. Оно было четко сформулировано Беловым, который рассматривал эндокринные и другие органы, и это представление он распространял даже за пределы биологии. Но интересно, что и Белов, и Завадовский, экспериментально изучавший эти явления, считали, что других связей не может быть потому, что положительные обратные связи (Завадовский называл их «плюс — плюс взаимодействием») приводят к развалу системы. Между тем я и некоторые другие указали на то, что разные типы связей на самом деле характеризуют разные этапы развития системы. В период активного онтогенеза мы наблюдаем много связей типа «плюс — плюс» и «минус — минус» (по терминологии Завадовского). Например, у некоторых

животных имеет место взаимное подавление женских и мужских половых клеток, благодаря чему избегается гермафродитизм. В других случаях имеется взаимная стимуляция.

Но процессы развития кратковременны по сравнению с периодом существования зрелого организма. Поэтому положительные обратные связи, т. е. «плюс — плюс» и «минус — минус», сначала выпадали из поля внимания, хотя они очень важны для развития системы, ее возникновения и становления. С этой точки зрения изучение закономерностей связей в равной степени интересно и на том, и на другом этапе развития систем. Преимущественное же внимание к стабильным системам объясняется просто тем, что мы чаще их видим.

Теперь второй вопрос.

Мне кажется, что при разработке системного подхода нас должно интересовать то общее, что имеется в качественно различных системах. В этом и состоит основная задача. Здесь, разумеется, можно говорить не только о структурах. Но на структуры делается основной упор, потому что именно они, будучи в определенной степени инвариантными, могут быть абстрагированы из качественно различных систем.

Я возвращаюсь к вопросу Николая Владимировича — имеет ли смысл разделение на жесткие и корпускулярные системы? Мне кажется, имеет. Об этом свидетельствуют уже те ошибки, которые были допущены вследствие того, что это различие не учитывалось. Во вчерашнем докладе я уже говорил о не оправдавшей себя попытке Вейсмана перенести отбор внутрь организма. Подобную же ошибку допускал и Ру, который говорил о наличии отбора не наследственных задатков, а отдельных элементов, клеток и органов. Отбор имеет смысл в корпускулярной системе, но не в жесткой, о какой здесь шла речь. Отбор между отдельными элементами нецелесообразен для организма и ведет к его разрушению. В принципе в организме может существовать отбор, но он должен быть заранее запрограммирован в пользу организма, что получается вовсе не автоматически.

С этой же точки зрения можно понять, почему имеет место линейное расположение генов. Принципиально незамкнутое, линейное расположение генов могло бы быть заменено замкнутым. У высших форм искусственно создавались замкнутые кольцевые хромосомы. Но они невыгодны, потому что нарушается корпускулярность, свобода распределения. Максимальная независимость в эволюционном смысле наиболее полно обеспечивается именно линейным расположением генов.

Таким образом, для отбора наиболее выгодна корпускулярная форма, допускающая свободную комбинаторику, для развития же наиболее выгодна жесткая форма, где имеется определенная связь частей, обеспечивающая локализацию и одновременность развития отдельных органов. Зная это, можно найти

оптимальные соотношения между тем и другим типом систем. Одним из таких оптимальных соотношений является то, о чем я уже говорил, — так называемая звездная связь, где один элемент связывает между собой многие, являющиеся конечными звеньями, благодаря чему возможен отбор, независимое изменение любого из элементов, и, с другой стороны, достаточно жесткая связь, когда этот отбор не действует.

Исходя из всего сказанного, я повторяю, что разделение на жесткие и нежесткие системы кажется мне полезным. При этом, конечно, нельзя забывать, что это разделение фиксирует лишь крайние формы, не исключаящие многих промежуточных форм.

Необходимо пояснить, что под *жесткостью* системы я подразумевал такую связь, которая предполагает необходимость двух каких-то элементов для сохранения системы в целом. С этой точки зрения можно рассматривать самые разные образования. Действительно, цепь выступает как жесткая система в тех случаях, когда мы испытываем ее на прочность (по длине). Это — жесткая система, в которой каждое звено необходимо и прочность которой определяется самым главным звеном. В других направлениях она может быть нежесткой системой.

Только в таком организационном, структурном, абстрактном смысле я и говорил о жесткости системы. Жесткость не обязательно должна быть физической, механической или какой-либо иной; это — жесткая *связь*. Таковой является, например, связь между двумя полами у двуполох организмов: исчезни один пол, и размножение прекратится. А внутри пола, внутри популяции особей одного пола, напротив, имеет место корпускулярность, т. е. одна особь одного пола может заменить другую особь того же пола.

Разделение на жесткие и корпускулярные системы позволяет делать далеко идущие выводы, на которых я сейчас не могу останавливаться. Отмечу лишь в качестве примера, что для биологии, в частности, очень важна разработка теории оптимума. Она может вестись в различных направлениях: 1) для отдельного фактора; 2) для распределения различных показателей внутри заранее заданной системы; 3) для выявления оптимальности строения. Во всех этих трех отношениях понятие оптимума различно, но для второго и третьего случаев важно представление о жесткости или корпускулярности системы, представление о том, как их сочетать в направлении, наиболее выгодном для системы, для ее устойчивости.

Л. А. Блюменфельд. Я несколько удивлен горячностью полемики по поводу того определения системы, которое я дал. Это было просто определение, а не классификация систем, не рассмотрение изменения их свойств во времени. Понятие «система» употребляется в разных смыслах, и мне захотелось сформулировать, как употребляется это понятие при системном подходе.

Совершенно ясно, что выбираемая система произвольна, но сама возможность ее выделения определяется свойствами системы. Для решения какой-либо конкретной задачи нам не всегда удается это сделать: например, если свойства системы таковы, что их задавать нельзя, если нельзя выделить элементы, которые считаются неделимыми, и нельзя выделить связи между ними. Можно ли это сделать или нельзя — это определяется объективными свойствами системы.

Как мы выделяем систему? Это зависит от того, какой вопрос мы хотим решить. Рассматривая эволюцию системы во времени, мы можем считать некоторую совокупность одной системой, если между ее элементами в разные моменты времени можно установить однозначное соответствие. Если нас интересует эволюция в течение очень большого времени, мы должны учитывать слабые воздействия, на меньших же временах слабые взаимодействия с удаленными частями системы мы можем не учитывать, а учитывать лишь сильные воздействия — это зависит от конкретного вопроса, который мы ставим. Иногда эволюционный подход нам вообще не нужен, — например, когда мы рассматриваем систему стабильную в данный момент времени, или рассматриваем нестабильную систему на достаточно коротких временных отрезках. В этих случаях деление систем на стабильные и нестабильные вообще не нужно. Короче говоря, здесь все зависит от точки зрения. Я думаю, что определение системы еще можно усовершенствовать. Но мне не хотелось бы включать в это определение все вопросы эволюционные, классификационные и т. п.

В. А. Геодакян. Я полностью согласен с А. А. Малиновским, за исключением вопроса о кольцевых и линейных структурах хромосом. Эволюции нужно «писать» дальше, поэтому строчка не должна быть кольцевой. И дело не в том, что кольцо — жесткая система, а в том, что оно не имеет концов. А в ходе эволюции к хромосомным структурам должны добавляться новые гены.

Я согласен и с А. М. Молчановым, и с Л. А. Блюменфельдом, и считаю, что правы оба. Но несмотря на то, что вы правы, прав и я.

А. М. Молчанов говорил, что не существует популяционных систем — есть только жесткие системы, а популяционные исчезают. Я же полагаю, что есть и жесткие, и популяционные системы, вопрос лишь в том, сколько времени та или иная система живет. Я думаю, что одной из будущих аксиом теории эволюции будет следующая: популяционная система эволюционирует в жесткую организменную систему, и, наоборот, создавшиеся организменные системы образуют новые популяционные системы на новых уровнях. Если рассматривать временной разрез — своего рода моментальный снимок, то мы увидим набор популяционных систем, каждый элемент которых представляет собой организменную систему. Так вырисовывается стройная картина, начиная с элементарных частиц и кончая социальными системами.

Здесь говорили, что не следует выходить за пределы биологических систем. Я считаю, что это неверно — тогда теряется смысл нашего собрания.

В свое время объектом исследования был организм, изучаемый как единая система. Затем выяснилось, что в нем могут быть выделены сердечно-сосудистая, мочеполовая, нервная и другие системы, т. е. постепенно удавалось открыть все новые и новые системы. Открыть систему — это значит правильно отбросить все ненужное, правильно пренебречь несущественными с данной точки зрения взаимодействиями. Подобно этому и инженер, изучая автомобиль, выделяет в нем систему охлаждения, систему зажигания и т. п. Это делается из соображений удобства.

Задача теории систем состоит в выявлении того общего, что лежит в основе и подхода анатома, и подхода инженера, если воспользоваться приведенным примером. Интуитивно все мы чувствуем, что есть какие-то общие закономерности, которые применимы и там, и здесь. Поэтому, если мы исключаем из рассмотрения неживые системы, оставляя только живые, тогда нет смысла говорить об общем системном подходе, остается одна биология.

Кто-то говорил здесь, что слово «система» — это дань времени. Я думаю, что это скорее дань удобству — так нам удобнее, так легче исследовать объект.

Ю. М. Свирижев. Несколько слов по поводу предлагавшейся здесь классификации систем. Я считаю, что вводить разделение систем на жесткие и популяционные не имеет смысла. Мы говорим о системе как о наборе некоторых элементов, между которыми установлены известные связи. Насколько я понял, связи в организменной системе рассматриваются как более сильные, чем в популяционной. Однако сильные это связи или слабые, и к какому типу они будут относиться, — все это определяется характером исследования. Так, например, мозг можно рассматривать и как некоторый организм, и одновременно как популяцию нервных клеток. В частности, при моделировании мозговых процессов при помощи сети формальных нейронов используется типичный популяционный подход. Пример из биологии — муравейник: это популяция муравьев и в то же время своеобразный организм.

Я хотел бы еще отметить, что примером системного подхода в биологии является популяционная генетика, развитая Холдэном и Райтом и сейчас интенсивно развиваемая на Западе. Там четко выделяются далее не делимые объекты, задаются правила оперирования с этими объектами, задаются некоторые связи между этими объектами и некоторые их характеристики, в частности, коэффициент относительной взаимоприспособленности, выражающий связь каждого из этих объектов с внешним миром. И затем исследуются общие свойства этой системы — например, свойство некоторых систем повышать свою приспособленность,

Отмечу в связи с этим, что при разработке проблемы оптимальных процессов в популяционной генетике нами была доказана теорема о том, что при максимально возможном богатстве комбинаций генов приспособление системы максимально, точнее, максимальна функция средней приспособленности популяции к данным условиям. Если же условия изменяются, то от системы требуется не только максимальная приспособленность, но и способность адаптации к изменениям. В этом случае максимальная приспособленность вредна, и должен существовать какой-то механизм или аппарат, который сбил бы максимальную приспособленность до известного уровня и тем самым сохранил адаптивные свойства системы. Можно совершенно строго показать, что естественный отбор, будучи пассивным началом, сделать этого не может. Повышением своих адаптационных свойств система обязана определенным генетическим механизмам, которые приводят к образованию некоторых более или менее устойчивых комбинаций генов.

А. А. Малиновский. Вы имеете в виду инверсию или нечто иное?

Ю. М. Свирижев. Это может быть инверсия, может быть объединение супергенов и т. д.

А. С. Мамзин. Я хочу коснуться некоторых общих вопросов, связанных с темой сегодняшнего обсуждения.

При рассмотрении любой сложной системы мы сталкиваемся с таким свойством ее элементов, как *мультифункциональность*. Из этого вытекает, что каждая система как изучаемый объект обладает многими параметрами, т. е. ее можно рассматривать как совокупность нескольких систем. В какой-то мере это показал Я. И. Старобогатов, говоря о соотношении связей в их динамике, когда одна система выступает как ряд состояний, ряд систем. Это, в частности, объясняет, почему при биохимическом, физиологическом или каком-либо ином биологическом исследовании на одном и том же круге объектов выделяются разные системы. Означает ли такое выделение разных структур (если под структурой понимать частный вид системы) полный произвол в выборе этих структур? Идет ли оно только от точки зрения или же имеет объективную обусловленность? Мы должны прийти к выводу, что как нет объективно заданной однозначности, так нет и произвола в подходе к изучению данной системы со стороны того или иного специалиста, так как любой подход связан с объективной стороной, аспектом более сложной системы.

Относительно общего и специфического в системном подходе. Я не могу согласиться с теми, кто считает, что системный подход и его категории следует разрабатывать только в конкретном плане — например, сугубо для биологов. Чтобы прийти к общему, нужно проанализировать единичное и особенное, но это не значит, что не могут быть разработаны некоторые общие мо-

менты системно-структурного подхода к изучению действительности, или что они будут настолько предельно общими, что потеряют всякое содержание. Конечно, чем более общее понятие мы берем, тем меньше мы можем сказать конкретного о его содержании, но тем не менее уже в нашем обсуждении были намечены некоторые общие принципы системного мышления в его гносеологическом аспекте. Эти принципы обладают определенными чертами всеобщности, хотя они и дополняются специфическими методами, заимствованными из конкретных наук. Плодотворное стремление к уточнению понятий, продемонстрированное на нашем симпозиуме, как раз и показывает, что можно найти такие общие моменты, с которыми согласны все.

Всякое системное исследование основывается на выделении в системе некоторых элементов, о которых предварительно мы уже что-то знаем. После выделения элементов рассматриваются их взаимоотношения, и процесс познания идет от нерасчлененного целого к его расчленению и затем к синтезу. Системный подход представляется мне таким подходом, в котором сливаются нерасчлененное знание о целом и предварительный анализ. Например, биология вышла на ценотический уровень тогда, когда уже имелись знания о жизни отдельных организмов и небольших групп. После этого началось исследование более сложных систем. То же самое произошло с развитием генетики — это развитие шло от утверждения принципа атомизма к рассмотрению генов как систем. Здесь мы наблюдаем общий момент — знание становится системным, когда уже имеются в наличии предварительные сведения об элементах и предварительное общее терминологическое описание данного системного образования в целом. А затем знание расширяется и обогащается за счет того, что мы выделяем в системе не одну структуру (скажем, динамическую), а рассматриваем систему как многопараметровую структуру; система предстает перед исследователем как многокачественная совокупность систем.