

6
С 40

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЕЖЕГОДНИК 1971

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ВОПРОСЫ
И ФОРМАЛЬНЫЙ АППАРАТ
ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

ТЕОРИЯ СИСТЕМ
И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ
НАУКОВЕДЕНИЯ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМНЫХ ИДЕЙ

СТАНОВЛЕНИЕ И ХАРАКТЕР СИСТЕМНОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Б. Г. ЮДИН

В настоящей статье предпринимается попытка рассмотреть одну из характерных особенностей современного научного мышления, которую можно было бы назвать системной ориентацией. В той или иной степени системная ориентация способствовала становлению целого ряда методологических концепций, таких как структурализм в социальных науках, структурно-функциональный анализ, различные подходы к общей теории систем. Каждое из этих направлений, сформировавшись первоначально в рамках какой-либо отрасли знания, в дальнейшем приобретает тенденцию к расширению сферы своего применения на смежные, а иногда и достаточно отдаленные научные дисциплины, становясь в результате общенаучным. Уже сам факт подобного распространения методов и, в частности, та быстрая и легкость, с которой оно осуществляется, свидетельствует о том, что в настоящее время в самых различных науках имеется довольно глубокое сходство в способах рассмотрения и, в первую очередь, восприятия исследуемых объектов.

Следует подчеркнуть известную близость между названными методологическими концепциями — структурно-функциональным анализом, разновидностями общей теории систем и структурализмом. Хотя существует довольно много работ, в которых эти направления противопоставляются друг другу, однако полемика между сторонниками каждого из них не должна скрывать того, что некоторые исходные установки этих концепций в сущности тождественны: «за... изолированностью (и не только внешней) стоит еще не получившая достаточного осознания общность всех трех направлений» [2, стр. 58]. Такая общность исходных установок позволяет говорить об этих установках как об одном из факторов, формирующих современное научное мышление. По-видимому, без вычленения и анализа предпосылок, разделяемых отмеченными концепциями, и составляющих основу того, что мы называем системной ориентацией, едва ли возможно сколько-нибудь полно охарактеризовать науку нашего времени.

Говоря о системной ориентации, мы имеем в виду некоторую специфическую совокупность требований регулятивного характера, налагаемых современной наукой на конкретное исследование. Подробнее эти требования будут рассмотрены во второй части статьи, после того, как мы проследим некоторые аспекты становления системной ориентации.

Следует отметить, что системная ориентация не должна пониматься как некий алгоритм или набор алгоритмов, лежащий в основе исследовательского движения и предписывающий те или иные ходы этому процессу. Для механизма, реализующего требования системной ориентации, характерно то, что эти требования выступают как исходные предпосылки или методологические установки, принятие которых зачастую не осознается или не фиксируется. Как правило, у исследователя нет необходимости прилагать специальные усилия для того, чтобы его построения отвечали требованиям системной ориентации. Напротив, нормативный характер их отчетливо проявляется именно тогда, когда исследование не удовлетворяет этим требованиям.

Становление системной ориентации представляет сложный процесс, который не может быть целиком сведен к сумме преобразований, происшедших в понятийном аппарате науки. Существенное влияние на выработку системной ориентации оказали процессы, имеющие место в современном инженерном мышлении, а также некоторые изменения в социальной и хозяйственной жизни современного общества. Следует отметить, что именно эти аспекты нередко игнорируются при анализе теоретических истоков концепций, основывающихся на системной ориентации. В результате остаются необъясненными или даже незамеченными некоторые специфические особенности современного научного мышления. Часто говорят, что наука все более превращается в непосредственную производительную и социальную силу. Это верно, но не менее верно и другое — сами производственные и социальные факторы оказывают все большее влияние на науку, причем не только в плане постановки проблем, на решении которых сосредоточивают свои усилия исследователи, и организации научной деятельности. Не менее важно и то, что эти факторы модифицируют «картину мира», на которую опирается и которой руководствуется современный ученый, а также используемый им концептуальный аппарат.

Отметим, что иногда становление специфически «системного» взгляда на мир объясняется как результат изменения характера задач, стоящих перед наукой. Действительно, подобный процесс имеет место — особенно характерен он для прикладных исследований. Однако в целом такое объяснение представляется недостаточным, а применительно к теоретическим разработкам оно зачастую неудовлетворительно. Дело в том, что при этом механизм постановки задач трактуется как нечто внешнее, противостоящее соответственно научной деятельности. Необходимо ведь не только

объяснить, откуда же появляются новые задачи — следует учитывать также, что они не могут просто задаваться, диктоваться извне. По словам Маркса, «... при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления» [9, стр. 7]. Сама современная наука должна быть представлена таким образом, чтобы генезис новых задач в ней выступал закономерным, связанным с ее собственным имманентным движением. Другими словами, мы рассматриваем науку как целостное образование, а это значит, что появление нового или модификация каких-то составляющих в ней не может мыслиться как чисто механическое превращение, а тот или иной отдельно рассматриваемый фактор (в данном случае — механизм постановки задач) оказывается не только ведущим, определяющим, но в то же время и зависимым от всей совокупности остальных факторов.

В некоторых исследованиях переход к системным методам изучения объектов науки и техники рассматривается как результат осознания неудовлетворительности аналитических, механистических методов науки прошлого. Это, безусловно, справедливо, но объясняет только факт *отказа от* механистического мировоззрения, а не факт *перехода к* специфически системному представлению изучаемых объектов. Сам же характер ориентации современного научного мышления остается при этом необъясненным.

Таким образом, не отбрасывая обе рассмотренные интерпретации, можно все же отметить их частичный, недостаточный характер. Возникает необходимость пойти дальше, т. е. попытаться представить становление системной ориентации как закономерный итог преобразований, происходящих в самых различных областях человеческой деятельности, и, в частности, таких преобразований, в результате которых усиливаются взаимосвязи, взаимовлияние этих областей друг на друга. Не будем подробно останавливаться на тех изменениях, которые определялись исключительно внутринаучными процессами, — освоение нового эмпирического материала и последовательная смена и разработка целого ряда новых концептуальных конструкций (этой теме посвящается много серьезных, глубоких исследований). В данной работе мы ограничимся рассмотрением влияния, оказанного на формирование системной ориентации некоторыми процессами, происходящими в современной технике, а также в социальной и хозяйственной жизни.

Для этого необходимо прежде всего рассмотреть совокупность процессов, приведших к глубоким изменениям в структуре инженерной деятельности, к ее переориентации. Так, чисто количественное (экспоненциальное, согласно Харту [20]) расширение диапазона средств, приемлемых для решения тех или иных конкретных технических проблем, порождает принципиально новую ситуацию в инженерной практике — наряду с устоявшимися,

отработанными, «классическими» методами возникает «конструктивная методология» (термин, введенный А. И. Каценелинбой-геном [4], но имеющий у него несколько иной смысл). Характерной особенностью такой методологии является относительная независимость, освобождение конструкторского замысла от конкретных средств его реализации.

Прежде, при безраздельном господстве «классического» подхода, конструирование технических устройств базировалось в общем на наличных средствах, которые с самого начала ограничивали возможность инженера, задавали достаточно жесткие ограничения по важнейшим параметрам конструкции — мощности, скорости и т. п. Естественно, характеристики технических устройств все время совершенствовались за счет внедрения конструктивных новшеств и более тщательной отработки существующих технологических приемов, но до какой-то степени, повторяем, этот рост был чисто количественным. Здесь важно отметить, что для инженера средства реализации замысла оказывались чем-то исходным, тем, что определяло угол его зрения.

Однако постепенное расширение диапазона условий, в которых могут успешно функционировать создаваемые конструкции, наряду с разработкой принципиально новых конструкций, приводит к коренным изменениям, к тому, что существующие средства уже перестают выступать в качестве исходного момента по отношению к замыслу. У инженера появляется возможность выбора различных средств для решения той или иной технической задачи — возможность, которая вскоре становится необходимостью выбора, что вводит в процесс конструирования новый этап, предшествующий детальной разработке конструкции. Следовательно, готовое изделие выражает не только существующий уровень развития техники, но и — в гораздо большей степени, чем раньше, — индивидуальность конструктора. Именно поэтому мы и говорим о «конструктивной методологии».

Можно привести множество примеров, показывающих широту возможностей современного конструктора. Так, на смену паровому приводу, бывшему некоторое время назад единственным средством для снабжения энергией промышленных объектов, пришли разнообразные электрические, гидравлические, пневматические приводные устройства, а также двигатели внутреннего сгорания, причем в большинстве случаев диапазоны, в которых могут быть использованы различные по способу действия двигатели, частично перекрываются. Другой пример — разработка большого количества устройств, предназначенных для передачи энергии от двигателей к рабочим органам. Но, пожалуй, самым характерным примером являются успехи материаловедения — получение новых марок стали со специальными свойствами, использование цветных металлов и сплавов, а также неметаллических материалов. Если прежде конструктор исходил из механических свойств относительно небольшого количества ма-

рок стали, то теперь он может подбирать материал, основываясь на условиях эксплуатации и требуемых в связи с этим прочностных и иных характеристиках детали, так что в принципе он совершенно не ограничен с этой стороны.

Несомненно, в процессе инженерной разработки, когда первоначальный замысел воплощается в конкретном материале, последний задает существенные ограничения, зачастую заставляя пересматривать исходные параметры. Иными словами, конструктор, в конечном счете, не является полностью свободным от существующих средств реализации замысла. Но для нас главным является то, что средства реализации теперь *осознаются* именно в качестве *средств*, и притом *различных*.

Между прочим, осознанию этого факта способствовало происходящее в связи с ним усложнение конструкторского труда. Раньше этот труд носил более традиционный характер — ведь в каждой новой конструкции воспроизводилась значительная часть предыдущей, что давало возможность сосредоточить основные усилия на разработке относительно небольшого числа новых элементов. Но при конструктивном подходе, когда движение мышления направлено по преимуществу от идеи, замысла к реализации, на каждой стадии проектирования приходится рассматривать, как правило, несколько альтернативных вариантов и выбирать один из них. Такое усложнение инженерной деятельности отражено, в частности, в разделении на «генералистов» и «специалистов», характерном именно для тех разработок, где наиболее широко применяется «конструктивный» подход, спецификой которого и обусловлено появление «генералистов».

Отметим, что нарисованная нами картина является известной идеализацией — фактически основная масса конструкторской работы и в настоящее время осуществляется на базе «классической» методологии, тем более, что целый ряд дополнительных факторов препятствует широкому внедрению конструктивного подхода. Поэтому наибольшее распространение конструктивная методология имеет при реализации космических и оборонных проектов, когда экономические соображения отступают на задний план. Кроме того, в этих областях менее существенно влияние традиционных методов конструирования. Однако сам факт появления такой методологии и, что еще более важно, осознание этого факта вызывает далеко идущие последствия. Действительно, переход к конструктивной методологии неизбежно заставляет обратить внимание на функциональные взаимоотношения отдельных частей, узлов в рамках целостной конструкции. Более того, одним из основных представлений в конструктивной методологии является, как мы это старались показать, представление о целом (замысле, идее), которое логически предшествует своим частям. Конкретные элементы конструкции при этом рассматриваются именно как части целого. Но ведь это положение, с теми или иными оговорками, принимается всеми методологическими направлениями

ми, опирающимися на системную ориентацию. Мы отнюдь не хотим сказать здесь, что оно перенесено в науку из инженерной практики — оно известно по крайней мере со времен Платона, да и механизм заимствования едва ли так примитивен, тем не менее можно утверждать, что в данном случае речь идет о чем-то большем, чем простое совпадение.

Новый подход к проектированию технических систем стимулирует еще один важный процесс — более глубокую, хотя отнюдь не абсолютную, дифференциацию науки, более четкое противопоставление теоретических и прикладных исследований. Дело в том, что прикладные исследования теперь непосредственно переплетаются с техникой, наука в своей прикладной функции начинает привлекаться для *обслуживания* крупных инженерных разработок, для преодоления «узких мест», неизбежно возникающих на разных стадиях конструирования. При этом научная деятельность организуется совершенно иначе, чем это было в «классической» науке — ведь конечный результат исследования задан заранее и необходимо найти средства, конкретный характер которых, вообще говоря, ограничивается не столь жестко. Таким образом, ориентация деятельности инженера-конструктора и ученого, осуществляющего прикладные исследования в рамках некоторого глобального проекта, оказывается однотипной в том смысле, что для обоих конечная цель является более определенной, чем средства. Различие лишь в том, что инженер осуществляет выбор из числа существующих средств реализации, тогда как ученый создает новые средства. Это различие, однако, мы можем оставить в стороне. Очевидно, что такое тесное взаимодействие науки и техники является важным фактором, способствующим проникновению в науку элементов конструктивной методологии. Ярким примером влияния методологии прикладных разработок на теоретические исследования может служить научная деятельность Н. Винера (см., например, [3, стр. 213—264]).

Характерным феноменом, демонстрирующим сближение инженерного и научного стилей мышления, является зарождение и распространение комплекса идей, связанных с кибернетикой и, особенно, бионикой. Этот процесс, в немалой степени способствовавший становлению единого подхода к сложным объектам самой различной природы, выступает не только как показатель, но и как один из компонентов движения, в результате которого сформировалась системная ориентация. Нам нет необходимости подробно останавливаться на этом вопросе, поскольку он достаточно полно рассмотрен в научной литературе. Отметим лишь один момент. Еще в начале XX в. А. Бергсон, развивая противопоставление инстинкта интеллекту, рассматривал различие между живой природой и создаваемыми человеком устройствами с точки зрения конструктора, сравнивая средства, используемые для решения сходных задач. Согласно Бергсону, если для инстинкта характерно неразрывное единство строения и функции, единство

материала и формы, то в технической практике человека форма выступает как нечто внешнее по отношению к материалу, навязанное ему: «Оно (действие и, в особенности, производство) хочет, чтобы мы рассматривали всякую данную форму вещей, в том числе и естественных, как искусственную и временную, чтобы наше мышление уничтожало в намеченном объекте, хотя бы он был органический и живой, те линии, которые показывают вовне его внутреннюю структуру, наконец, чтобы мы считали его материю безразличной по отношению к его форме. Вещество в целом должно казаться нашей мысли, как огромная ткань, из которой мы можем выкраивать, что нам нужно, и шивать, как нам захочется» [4, стр. 137].

В несколько модифицированном виде то же сопоставление можно проследить и в современной науке. Причем, если у Г. Цопфа оно выступает в контексте критики большинства существующих подходов к моделированию биологических и вообще естественных систем [13], то Кремянский [7, стр. 277] видит здесь различие между двумя типами организации. Благодаря такому подходу открываются возможности для принципиально новых способов применения биологических прототипов в технических конструкциях — та или иная функция моделируется не непосредственно, а через моделирование соответствующей ей структуры, на базе которой уже и реализуется требуемая функция. В качестве одного из примеров проводимых в этом направлении работ можно сослаться на описанный Г. Паском процесс выращивания металлических нитей в ходе электролиза [10]. Таким образом, некогда рассматривавшееся Бергсоном различие конкретизируется, исследуется более детально, и больше того, оно уже не выступает как непроходимый барьер, как неизбежное ограничение руководимой интеллектом технической деятельности, поскольку предпринимаются попытки использования в этой деятельности принципов, которыми руководствуется в своем конструировании природа. Подобная ситуация свидетельствует не только об установлении более тесных связей между наукой и техникой, но, как уже говорилось, и об известном сближении инженерного и научного образов мышления.

Другим фактором, оказавшим существенное влияние на становление системной ориентации, можно считать некоторые процессы, происходившие и происходящие в настоящее время в сфере социальных отношений. Мы рассмотрим, в частности, изменение взглядов на хозяйственную политику государства.

В XIX и в начале XX в., как известно, эти вопросы рассматривались под углом зрения идеологии «laissez faire», восходящей еще к Адаму Смиту. Ядром этой идеологии была доктрина о невмешательстве государства в экономическую жизнь. Последняя же трактовалась как механизм, саморегулирующийся благодаря паличию свободного рынка. Несомненно, реальное взаимодействие между капиталистическим государством и экономикой,

особенно в эпоху монополистического капитализма, было гораздо более сложным и едва ли соответствовало этой доктрине. Нам, однако, важно здесь то, как эти отношения осознавались.

Впервые сознательный поиск новых способов взаимоотношений государственной власти с экономической жизнью общества был начат в нашей стране. Достаточно обратиться к последним работам В. И. Ленина, чтобы почувствовать, насколько неотложными были эти проблемы, вырастающие из самой практики социалистического строительства, которое не может строиться на базе стихийной рыночной регуляции. Неизбежно встает вопрос о способах организации такой сложной системы, которая должна рассматриваться при этом именно как *сложная система*. С другой стороны, хозяйство не может быть организовано и на механической основе путем полного подчинения всех частей целому, в связи с чем возникают проблемы взаимосвязи, взаимодействия отдельных частей в рамках сложной системы. Интересно, что подход к проблеме государственного регулирования экономики сходен с «конструктивной методологией» в том смысле, что и здесь осуществляется выбор некоторой совокупности средств в ситуации, в которой цели являются более определенными, чем средства. Другими словами, и в этом случае систему необходимо сконструировать.

Принципиально иным путем происходил распад идеологии «laissez faire» в западных странах. «Великая депрессия» 1929—1933 гг. со всей наглядностью продемонстрировала несостоятельность политики и идеологии «невмешательства государства в экономику» [см. 5, стр. 5—7]. В это время выдвигается целая лавина различных проектов регулирования хозяйственной жизни общества, в основном дилетантских и потому фантастических (см., например, [18]); тем не менее начинают предприниматься практические шаги в этом направлении. И здесь неизбежно приходится осознать, что экономическая сфера, как и все общество в целом, представляет сложную систему, даже минимальное регулирование которой предполагает ее предварительное изучение. Складывается ситуация, в которой для проведения каких-либо серьезных практических мероприятий необходимо принять определенные предпосылки, характерные именно для системной ориентации, причем принять сознательно. Рассматриваемые здесь идеологические изменения в первую очередь отражались на мышлении социологов и экономистов, хотя бы потому, что они начинают привлекаться для исследования проблем, связанных со способами регулирования хозяйственной жизни. Однако, как указывает В. И. Кремянский [7, стр. 120—121], влияние этих изменений было более широким и сказалось, в частности, на развитии биологии.

Описанные нами процессы наряду с теми преобразованиями, которые были вызваны необходимостью объяснить новый фактический материал в той или иной научной дисциплине, и с неудовлетворенностью существующими теоретическими построениями

(что можно проследить в таких весьма далеко отстоящих друг от друга областях науки, как, например, биология, лингвистика, психология, антропология и т. д.) привели к становлению системной ориентации как специфического феномена современного научного мышления.

Прежде чем перейти к более подробному анализу системной ориентации, отметим следующее. Выделяемые нами отдельные аспекты этого феномена можно обнаружить в исследованиях, проводившихся в достаточно далеком прошлом, так что, рассматривая эти аспекты сами по себе, мы отнюдь не имеем в виду нечто совершенно новое. Но интересно то, что ныне эти аспекты выступают в форме довольно упорядоченной совокупности и что сама эта совокупность не есть достояние того или иного исследователя, а представляется нормой, которая именно вследствие своей общепринятости не всегда осознается.

Наиболее очевидным следствием системной ориентации представляется требование рассматривать отдельные стороны исследуемого явления, процесса и т. п. в их соотносительности с некоторым объектом *как целым*. Мы говорим не о том, что изучаемые стороны, части, подсистемы и т. п. должны обязательно выводиться из некоего объемлющего целого, рассматриваться только в своей детерминированности этим целым. Подобная абсолютизация зависимости части от целого приводит к ряду несообразностей. Прежде всего при этом часто упускается из виду относительная независимость, автономия частей, составляющих целое. (Этот вопрос тщательно рассмотрен А. Гоулднером [49].) Кроме того, такая тенденция зачастую заставляет игнорировать специфику исследуемой части, те аспекты ее функционирования, которые в принципе не могут быть выведены из целого. Наконец, в некоторых случаях такая установка ведет к реификации, приписыванию статуса онтологической реальности тому или иному общему понятию. При этом действуют два механизма реификации — либо общее понятие, введение которого было правомерно в одном контексте, без дальнейшего анализа начинает употребляться неоправданно широко; либо категории, имеющие смысл только в совокупности связываемых ими понятий, оказываются действующими сущностями. Говоря о соотносительности исследования с некоторым объектом как целым, мы хотим подчеркнуть именно методологическую функцию таких понятий, как целое, система и т. п., применение которых упорядочивает исследование, позволяет осмысленно употреблять целый ряд соотносимых с ними понятий — мы имеем дело уже не с простым набором терминов, а с организованной совокупностью понятий, т. е. с теоретическим построением. В этом (и только в этом) смысле коррелятами понятия системы можно считать такие понятия, как «уровень анализа» И. Кляра [6]; «период жизни системы» К. Васспега [23]; «уровень декомпозиции» М. Тода и Э. Шуффорда [42]. Все эти понятия тем или иным образом характеризуют, очерчивают область исследо-

вания. Так, например, у К. Васспега такие понятия, как структура, организация, программа, поведение, приобретают определенность, становятся взаимосвязанными благодаря их отнесенности к системе как целому, характеризующемуся параметром ΔT — «периодом жизни».

Несмотря на очевидность рассматриваемого требования, во многих случаях бывает трудно выявить ту конкретную систему, с которой фактически соотносится исследование. Более того, нередко приходится специально выяснять, с каким объектом должны быть соотношены те или иные явления и процессы. Иногда «критерий уместности» такого соотношения выявляется чисто эмпирически. Так, например, в практике борьбы с насекомыми — вредителями сельскохозяйственных растений применение химических методов уничтожения вредителей в некоторых случаях было безрезультатным или даже приводило к увеличению численности вредителей, хотя предварительные лабораторные испытания показали высокую эффективность используемых химикатов [44]. Как выяснилось, одна из причин неудач крылась именно в неправильном выборе объекта соотношения — ведь в естественных условиях данный вид насекомого-вредителя включен в сложную систему отношений с другими видами — хищниками, паразитами и т. д. Игнорирование этого факта и приводило к таким неожиданным результатам, поскольку ядохимикаты оказывают на данный вид не только непосредственное, но и опосредованное воздействие, изменяя всю систему межвидовых экологических отношений, причем такое опосредованное воздействие может быть сильнее, чем непосредственное. Значительно сложнее проблема выбора объекта соотношения оказывается в том случае, когда характер исследования не позволяет провести непосредственную эмпирическую проверку. Очевидно, решение этой проблемы определяется тогда отношением к таким более общим, кардинальным проблемам, как выявление критериев истинности теоретической конструкции и принципов функционирования ее в более широком контексте.

Ныне часто говорят о том, что современная наука (или вообще наука) исследует не вещи, а процессы, или отношения, или свойства, или связи. Мы отнюдь не хотим противопоставить что-либо этому тезису, однако, на наш взгляд, его использование требует некоторой осторожности. Необходимо четко различать вопрос о том, *что* исследуется, и вопрос о том, *как* нечто исследуется. Так, У. Бакли выделяет в качестве особенно важного для современной социологии положение, которое он считает характерным для системного подхода, о процессе как о чем-то более исходном, первичном по сравнению со структурой исследуемого объекта [47]. Нам представляется, однако, что в настоящее время едва ли методологически правомерно и даже возможно такое направление исследования — от процесса к структуре. Напротив, существующий концептуальный аппарат заставляет опираться

именно на структурные представления об исследуемом объекте даже тогда, когда изучаются процессы. Важно подчеркнуть также, что рассматриваемое нами требование соотносительности ничего не говорит о характере объекта, который может быть исследован в каком-либо конкретном случае, — нас интересуют лишь способы, аппарат исследования, причем именно в той степени, в какой они не зависят от конкретного объекта, а определяются современным «научным климатом».

Следующей чертой, характеризующей системную ориентацию, является представление об исследуемом объекте как о *сложной* системе. В принципе любой объект можно рассматривать, как это делается, например, в кибернетике, в качестве преобразователя, в который поступают входные сигналы, или стимулы, и который отвечает на них выходными сигналами — реакциями. Можно попытаться построить классификацию преобразователей по степени сложности. В простейшем случае, например, на вход преобразователя поступает произвольное число, а на выходе мы получаем произведение этого числа на два. Здесь, очевидно, выход однозначно детерминирован входом. Более сложным будет преобразователь, выход которого зависит не только от входного сигнала, но и от внутреннего состояния, т. е. преобразователь, обладающий «памятью». В этом случае уже нет однозначного соответствия между входом и выходом, и чем более выход зависит от внутреннего состояния системы, тем менее эффективным оказывается метод «черного ящика» (см. [11, стр. 71—72]). Наконец, для наиболее сложных по нашей классификации систем внутреннее состояние оказывается решающим фактором при формировании выходного сигнала. Относительное значение стимула при этом невелико — он служит лишь «спусковым крючком», запускающим сложный механизм и, почти всегда найдется такое событие, которое выступит в роли «спускового крючка», если система «подготовлена» к соответствующему преобразованию. Во всяком случае, зная только вход (мы сейчас отвлекаемся от проблем, связанных с определением входа и выхода у сложных систем), практически трудно сказать что-либо о характере соответствующего ему выхода.

Рассматриваемая классификация интересует нас не в плане выявления оснований для подведения какого-либо конкретного объекта под ту или иную рубрику, а с точки зрения тех следствий методологического порядка, которые влечет за собой такое подведение. На наш взгляд, то, к какому из выделенных здесь классов относят исследуемый объект, предопределяет некоторые существенные шаги в дальнейшем процессе исследования. В частности, если объект представляется как простой преобразователь, то все происходящее в нем процессы объясняются исключительно влиянием окружающей среды, причем исследуемая система выступает как слепок с условий окружающей среды. В той мере, в какой учитывается сложность объекта, эта схема модифицирует-

ся. Первое усложнение ее связано с обращением к понятию адаптации — в этом случае, конечно, среда выступает в качестве ведущей по отношению к системе, но тем не менее исследование приспособительных реакций заставляет обратиться к выявлению специфических для данного объекта способов адаптации. Дальнейшая модификация этой простейшей схемы может происходить в двух направлениях. Либо основное внимание обращается на среду, которая в таком случае выступает не как что-то нерасчлененное, действующее без всяких закономерностей. Среда становится теперь внутренне упорядоченным целым, а ее воздействия на систему должны быть представлены как необходимые. Наконец, речь может идти даже о взаимодействии двух систем — данного объекта и среды, а не только о воздействии среды на систему. Среда теперь не есть все то, что лежит вне системы, а партнер системы, т. е. до некоторой степени определенное, ограниченное целое, не только воздействующее, но и само подвергающееся воздействиям, преобразуемое системой. При этом существенно ограничивается сфера применимости понятия адаптации — ведь система, изменяя среду, тем самым в какой-то степени лишает себя возможности действовать на основе прошлого опыта.

Другое направление трансформации простейшей схемы «система — среда» связано с перемещением фокуса на процессы, происходящие внутри системы, — это естественно, если система рассматривается как сложный преобразователь в указанном выше смысле. В таком случае неизбежно возникают проблемы, касающиеся способов расчленения исследуемого объекта, — поскольку характер стимула оказывает мало или совсем не оказывает влияния на процессы в системе, становится необходимым на место представлений о системе как о черном ящике поставить представления о ней как о внутренне расчлененном, упорядоченном целом, обладающем характеристиками, которые не могут быть понятны и объяснены, если мы исходим только из среды или из системы, внешней по отношению к исследуемой системе.

Можно говорить об известной корреляции между степенью изученности того или иного сложного объекта и выбором одной из представленных нами схем, т. е. о том, что по мере изучения сложный объект все в большей степени выступает именно как сложный. Мы не хотим сказать, что та или иная из более сложных схем полностью вытесняет и замещает более простую. Фактически в любом исследовании можно обнаружить представления, характерные для каждой из рассмотренных методологических установок. Однако — и это один из важных моментов, характеризующих системную ориентацию, — в настоящее время при изучении сложных систем акцент все в большей мере переносится на исследование взаимосвязей, взаимовлияний *внутри* исследуемого объекта. Простейший пример — вспомним такие концепции, как характерное для французского материализма представление о

человеке исключительно как о продукте внешних обстоятельств, или социологические построения, объясняющие социальные отношения через внешние факторы — влияние географических условий, климата и т. п., или через внутренние факторы, которые по сути дела выступали как внешние (экономический детерминизм, демографическое направление). Сейчас эти концепции воспринимаются научным мышлением как анахронизмы, которые просто некорректно было бы серьезно анализировать с позиции сегодняшней науки, причем не последнюю роль в этом играет рассматриваемая нами переориентация, связанная с изменением исходных установок и соответствующими методологическими трансформациями.

Отметим еще, что полагаемое системной ориентацией требование рассматривать исследуемый объект как сложную систему выступает в качестве фактора, определяющего возможные границы упрощения. Действительно, ведь переход к более простой логической схеме осознается именно как недопустимое упрощение, поскольку то, что можно получить ценой такой редукции, выглядит банальным, примитивным. Поэтому упрощения, которые неизбежно приходится проводить в ходе исследования, не должны выходить за те пределы, которые задаются принятыми представлениями о сложности изучаемого объекта.

Следующая особенность современного научного мышления, которая может быть представлена как один из аспектов системной ориентации, связана с конкретизацией представлений о внутренней упорядоченности отношений и связей между частями, на которые расчленяется исследуемый объект. Объект, таким образом, выступает не только как сложная, но и как *организованная* система. В связи с этим, очевидно, характер процессов, протекающих в системе, детерминируется ее структурой, понимаемой как совокупность устойчивых отношений и связей между элементами системы. Таким образом, в идеале, зная во всех деталях структуру исследуемой системы, довольно легко было бы определить характер и направление происходящих процессов. Дело, однако, в том, что в реальной познавательной ситуации мы, как правило, бываем весьма далеки от такого идеала. В связи с этим возникает вопрос, в каком же отношении к структуре системы находятся наличные *структурные представления*.

Очевидно, существенным моментом структурных представлений является характер расчленения исследуемой системы. Но эта проблема требует специального анализа, уводящего довольно далеко в сторону от рассматриваемых здесь вопросов, так что мы, опираясь на результаты, полученные в другой работе [16], просто примем это расчленение как данное. В ходе исследования, основывающегося на том или ином расчленении, выявляются взаимосвязи между выделенными элементами структуры. Именно эти взаимосвязи мы и будем считать исследуемой «переменной». Вообще говоря, здесь возможны две методологические установки: соглас-

но первой, выявляя взаимосвязи, мы тем самым определяем, что должно происходить; согласно второй, напротив, мы выясняем, чего не может произойти в данной системе. Иначе говоря, первая установка исходит из того, что траектория исследования проходит по границе, отделяющей необходимо происходящее от возможного; при второй установке исследование рассматривается как ограничение того, что вообще не может случиться в силу внутренних структурных ограничений, присущих данной системе, от того, что возможно с точки зрения имеющихся у нас знаний о системе. В первом случае мы в состоянии сразу определить действительное направление происходящего процесса; во втором случае мы сможем однозначно определить направление процесса лишь после того, как покажем, что все другие мыслимые направления являются объективно невозможными.

По-видимому, осознание рассматриваемой альтернативы произошло относительно недавно, и в какой-то мере связано с появлением системной ориентации. На начальных стадиях исследования какого-либо сложного объекта вследствие малой расчлененности представлений о нем едва ли может возникнуть сомнение в том, что выявить область необходимо происходящего сравнительно нетрудно. Однако по мере того, как вырабатываются достаточно расчлененные представления об исследуемом объекте, выявление такой области становится все более сложной проблемой. К примеру, в начальный период развития социологии именно такая нерасчлененность объекта позволяла с легкостью устанавливать (и с не меньшей легкостью забывать) всякого рода формулы и законы прогресса. Одним из опорных пунктов этой методологии был лапласовский детерминизм с его тезисом об абсолютной необходимости всего происходящего — тезисом, принятие которого ведет к игнорированию реально достигнутого в данный момент уровня познания исследуемого объекта и стремлению сразу получить полное и исчерпывающее знание о нем. В социологии и в истории это привело, в конечном счете, к «вульгарному историческому детерминизму» (см. [8, стр. 226—277]). Несостоятельность такой методологии как раз и обнаруживается наиболее четко при попытках перейти от реконструкции того, что уже произошло, к прогнозированию будущего. Поскольку речь идет о прошлом, логические слабости могут быть скрыты — как правило, не составляет большого труда найти *какое-либо* объяснение тому, что случилось. Но при конструировании схем будущего развития объекта становится очевидным, что, исходя из принятого расчленения объекта, необходимо прежде всего выявить ту степень определенности (или, скорее, неопределенности), которая проистекает из характера существующих представлений о структуре исследуемой системы.

Интересно проследить, как в самых различных областях знания происходил поворот к установке, согласно которой реальное движение познания выступает как выявление объективно невозможных для данного объекта состояний или траекторий. В физике

впервые на это обратил внимание В. Гейзенберг, отмечавший, что физические законы фактически выражают невозможность каких-либо процессов или явлений, т. е. являются запретами. В том же направлении изменилась концепция естественного отбора — один из центральных пунктов эволюционной теории в биологии. В современном толковании естественный отбор понимается не как «выживание наиболее приспособленных», а как «уничтожение неприспособленных» [21] — такая формулировка значительно более осторожна, так как она не предрешает однозначно направление изменения, а имеет в виду довольно широкий спектр возможностей. Р. Мертон, рассматривая «ограничивающее влияние социальных структур», фактически выделяет (хотя специально не фиксирует) два различных аспекта. Прежде всего он говорит об ограничениях, запретах, налагаемых структурой, критикуя за непонимание этого момента утопическое мышление. Наряду с этим он не упускает из виду и то, что структурные ограничения в общем случае могут, не будучи абсолютно жесткими, очерчивать лишь некоторую более или менее широкую сферу, в пределах которой возможно осуществление одного из нескольких различных вариантов хода событий (см. [22, стр. 53]).

Наиболее общей, однако, можно считать ту форму, в которой аналогичная установка формулируется в кибернетике. Так, У. Росс Эшби различает «реальный мир» и «пространство возможностей»: «Реальный мир образует подмножество, заключающее то, что *существует*, тогда как пространство возможностей представляет неопределенность, с которой сталкивается *наблюдатель*» [15, стр. 317]. При этом пространство возможностей является исходным, характеризуя наблюдателя, который, основываясь на том или ином расчленении исследуемой системы, переходит к выявлению взаимозависимостей между частями. Тогда «наличие «организации» между переменными эквивалентно существованию *ограничений* в пространстве возможностей» [15, стр. 316—317]. В связи с этим следует отметить, что само «пространство возможностей» не является данным а priori, вневременно. Оно формируется на основании того или иного расчленения исследуемого объекта и изменяется, если мы переходим к новому, более детальному расчленению. В этом смысле оно не только «характеризует наблюдателя», но является объективной характеристикой существующих представлений о данной системе. Чем глубже познается объект, тем шире становится пространство возможностей, тем больше возможных вариантов необходимо рассматривать в исследовании, тем сложнее становится задача реконструкции прошлого или предсказания будущего состояния. Такова цена, которую приходится платить за уточнение и конкретизацию научных представлений.

Таким образом, для современной науки в целом характерен переход от представлений о структуре как о том, что однозначно детерминирует, предписывает тот или иной ход событий, к представлениям о ней как о совокупности ограничений, накладываемых на

«степень свободы» отдельных элементов системы, — ограничений, возникающих вследствие организованности элементов в рамках целого.

Мы выделили и проанализировали ряд требований, которые, на наш взгляд, характерны для современного научного мышления. К их числу относятся: необходимость отнесения изучаемого явления или процесса к некоторому целому; необходимость учитывать сложность исследуемых объектов и процессов, что заставляет делать упор не столько на внешнем источнике, «вызывающем» то или иное явление, сколько на исследовании его внутрисистемной детерминации; необходимость рассматривать данный сложный объект как внутренне упорядоченное, структурированное целое — отсюда следует представление о некоторой ограниченной области возможных состояний и возможных преобразований объекта. Очевидно, не все эти требования реализуются в равной мере, они обладают различной степенью нормативности; более того, не всякое исследование, в том числе и претендующее на название «системного», удовлетворяет этим требованиям. Но это и понятно — ведь мы говорили об ориентации, а не о жесткой, однозначно детерминирующей структуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бергсон А. Собрание сочинений, т. 4, изд. 2. Пб., б/г.
2. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Философские проблемы исследования систем и структур. — «Вопросы философии», 1970, № 5.
3. Винер Н. Я — математик. М., 1964.
4. Кацнельсон И. И. Методологические проблемы управления сложными системами. — Проблемы методологии системного исследования. М., 1970.
5. Кацнельсон И. И., Лахман И. Л., Овсиенко Ю. В. Оптимальность и товарно-денежные отношения. М., 1969.
6. Клир И. Абстрактное понятие системы как методологическое средство. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
7. Кремянский В. И. Структурные уровни живой материи. М., 1969.
8. Левада Ю. А. Историческое сознание и научный метод. — «Философские проблемы исторической науки». М., 1969.
9. Маркс К. и Энгельс Ф. Сочинения, т. 13.
10. Паск Г. Естественная история цепей. — «Самоорганизующиеся системы». М., 1964.
11. Рапопорт А. Различные подходы к общей теории систем. — «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.
12. Топа М., Шуфорд Э. Х. Логика систем: введение в формальную теорию структуры. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
13. Цонф Г. Отношение и контекст. — «Принципы самоорганизации». М., 1966.
14. Шовен Р. Мир насекомых. М., 1970.
15. Эшби У. Р. Принципы самоорганизации. — «Принципы самоорганизации». М., 1966.
16. Юдин Э. Г. Понятие целостности в структуре научного знания. — «Вопросы философии», 1970, № 12.

17. Buckley W. Sociology and Modern Systems Theory. Englewood Cliffs, N. J., 1967.
18. Fairchild H. P. General Sociology. N. Y., 1934, ch. XXVI.
19. Gouldner A. Reciprocity and Autonomy in Functional Theory.— «Symposium on Sociological Theory». N. Y., 1959.
20. Hart H. Social Theory and Social Change.— «Symposium on Sociological Theory». N. Y., 1959.
21. Huxley J. Evolution. The Modern Synthesis. London, 1963.
22. Merton R. K. Social Theory and Social Structure. 2-d ed., N. Y., 1967.
23. Vasspeg K. On Organizing of Systems.— «Information Processing Machines», v. 11, Prague, 1965.

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

В. Н. САДОВСКИЙ

Исследования по общей теории систем насчитывают к настоящему времени более четверти века своего существования и включают достаточно большое число работ. Несмотря на это, вопрос о *природе* общей теории систем все еще остается весьма далеким от разрешения. В настоящей работе мы предпримем попытку выявления специфики постановки задач общей теории систем. Для этого нам придется проанализировать конкретные формы, в которых выступают системные идеи в разных областях науки и техники, и сопоставить различные представления системного подхода. Для прояснения специфики общей теории систем мы не только рассмотрим ее функции и взаимосвязи с другими сферами системных исследований, но и на примере определения понятия «система» в контексте общей теории систем проиллюстрируем *метатеоретический характер этой концепции*.

Различные представления системного подхода и специфика предмета общей теории систем

Хорошо известно, что в последние годы в рамках технических, прикладных дисциплин — в прикладной математике, в различных разделах кибернетики, в системотехнике и системном анализе и т. д.— много говорится о так называемом «системном подходе», «системном движении», «системном методе исследования». Эта терминология и лежащие в ее основании теоретические представления (сразу же подчеркиваем весьма характерный разнобой в их истолковании различными исследователями) сегодня являются не только непременным введением в освещение буквально любых результатов разработок в этих областях науки и техники, но они действительно существенно изменили облик современных прикладных, технических дисциплин.

В период второй мировой войны и особенно в послевоенное время практические разработки технических сооружений с очевидностью продемонстрировали, что проектируется и создается не не-

кое техническое изделие (пусть даже и очень сложное), а весь комплекс материальных и организационных условий, необходимых для успешного функционирования данного изделия. Более того, в процесс проектирования такого изделия должно быть включено в качестве важного компонента и проектирование самого процесса проектирования. Одним из результатов этого осознания явилось введение в широкий обиход представлений о технической системе — некотором чрезвычайно сложном образовании, включающем в себя и создаваемые машинные компоненты, и человека — оператора, работающего с ними, и множество внешних условий, без которых создаваемая конструкция не может существовать, и, наконец, в определенной степени организацию самого процесса создания такого сложного комплекса. Современная техника, таким образом, выступает как техника систем, прежде всего как техника больших систем. Что же касается ее теоретического описания, то в рамках системотехники и связанных с нею дисциплин основное внимание теперь уделяется проблемам управления, оптимизации, распределения функций между машинными и человеческими компонентами системы, выбору технического решения, вопросам эквивалентного преобразования систем, описанию динамики систем и т. д.

Существенное влияние на формирование системного подхода в технике оказало развитие кибернетики. Разработанные в ее рамках методы анализа управления и связи в объектах разной природы, понятия обратной связи и гомеостаза, аппарат теории информации и т. д. — весь этот арсенал теоретических средств не только нашел широкое поле приложения в современных технических разработках, но и способствовал кристаллизации идей системного подхода. Небезынтересно в этой связи привести мнение (хотя далеко не во всем бесспорное) Л. Заде из его статьи «От теории цепей к теории систем»: «Если у кого-нибудь спросить имя ученого, открывшего концепцию теории систем, то, несомненно, был бы назван Роберт Винер, хотя Винер сам не занимался теорией систем как таковой и не применял термина «теория систем» [6, стр. 890].

Возникает вполне естественный вопрос о содержании, которое в настоящее время вкладывается в понятия «теория систем» и «системный подход». В исследованиях, выполненных в кибернетическом и системотехническом духе, мы находим более или менее очевидный ответ на этот вопрос. Так, например, Г. Кастлер в работе с характерным названием «Общие принципы системного анализа» усматривает суть системного подхода в общности структуры четырех формальных теорий организации — кибернетики, теории игр, теории решений и теории связи (информации) [37]. Используя для своего рассмотрения понятия черного ящика и белого ящика (белый ящик — это система известных компонентов, соединенных известным образом так, чтобы осуществлять заданное входно-выходное функционирование), Г. Кастлер показывает, что исследовательская ситуация в случае упомянутых теорий организации

может быть описана путем представления анализируемых систем в виде белых ящиков определенного вида, а окружающих сред этих систем — в виде четырех ящиков.

В таком же кибернетическо-системотехническом духе дает свой ответ на рассматриваемый вопрос о специфике системного подхода и содержании теории систем Л. Заде. В уже упомянутой работе «От теории цепей к теории систем» он перечисляет принципиальные задачи теории систем, такие как описание системы, классификация систем, идентификация систем, представление сигнала, классификация сигналов, анализ систем, синтез систем, программирование и управление системой, оптимизация системы, обучение и приспособление систем, надежность систем, проблема устойчивости и управляемости систем [6, стр. 880]. Для позиции, защищаемой Л. Заде, характерно, что он видит основную задачу теории систем в изучении общих свойств систем независимо от их физической природы и в этой связи в качестве разделов такой теории, хорошо разработанных уже к настоящему времени, называет теорию цепей (линейных и нелинейных), теорию управления, теорию сигналов и теорию машин и автоматов с конечным числом состояний.

Развивая свою позицию в более поздней работе [44], Л. Заде сопоставляет два возможных подхода к теории систем. Согласно первому, теория систем — это просто совокупность различных математических средств для системного анализа, в соответствии со вторым, который разделяет и он сам, теория систем представляет собой самостоятельную научную дисциплину, задача которой состоит в разработке общей абстрактной основы и единого концептуального каркаса для изучения поведения различных типов и классов систем. Понимаемая в последнем смысле, теория систем интересуется прежде всего математической структурой систем и ее главная цель состоит в исследовании оснований для построения специальных системных концепций [44, стр. VII].

Мы специально весьма подробно охарактеризовали взгляды Г. Кастлера и Л. Заде по рассматриваемому вопросу, так как они наиболее явно и четко выражают общую тенденцию теоретического осознания системного подхода и теории систем в современных научно-технических кругах. При всем очевидном различии позиций названных авторов и даже так сказать различной ориентации, направленности их рассуждений они с несомненностью демонстрируют некоторое общее ядро, связанное со стремлением представить основы теории систем путем теоретического обобщения задач и результатов цикла современных технических и прикладных дисциплин, прежде всего кибернетики и ее многочисленных ответвлений (см. также [5], [32]).

Для того чтобы более полно и глубоко разобраться в содержании системного подхода и теории систем, мы должны обратиться особое внимание на то, что современная техника — техническое производство и обслуживающие его научные дисциплины — важный, но далеко не единственный источник системных идей. Одновре-

менно (в некоторых случаях даже и раньше) с осознанием технических объектов как систем (и вытекающей отсюда задачей поиска методов их исследования и конструирования) аналогичный процесс прошел и в других сферах человеческой теоретической и практической деятельности. Здесь в первую очередь следует назвать биологию и психологию, лингвистику и социологию, экономическую науку, многочисленные социально-экономические проблемы, включая прогнозирование, оптимизацию и т. д. тех или иных социальных процессов. В последнее время системные идеи проникли (и вызвали ответную реакцию) также в физику, химию, медицину и т. д. и по сути дела охватывают сегодня весь спектр современных научных дисциплин. Но дело не ограничивается только наукой в собственном смысле этого слова: ныне хорошо известно, какую роль играют системные принципы в исследовании проблем организации производства, вопросов оценки эффективности научно-исследовательских и конструкторских разработок и т. д.; работы последних лет по организации научно-исследовательской и иных форм человеческой деятельности также исходят из системной постановки своих задач. Наконец, системные предпосылки в настоящее время широко используются в различных формах осознания науки и научной деятельности — в логике и методологии науки, в науковедении, в философии. Поэтому можно с полным основанием согласиться с Л. фон Берталанфи, который в одной из своих последних работ воскликнул «системы повсюду» [2, стр. 30].

Отсюда следует, что наряду с рассмотренным (на примерах Л. Заде и Г. Кастлера) «техническим» способом задания теории систем возможны и иные варианты формулирования идей системности и системного подхода. В литературе выражены, в частности, различного рода «биологические» (В. И. Кремянский [8], К. М. Хайлов [21], А. А. Ляпунов [11], А. А. Малиновский [12], К. Уотт [40] и др.), «психологические» (Ж. Пиаже [36], Г. Оллпорт [23] и др.), «лингвистические» (И. И. Ревзин [16], Г. П. Мельников [13] и др.), «социологические» (П. Сорокин [39], У. Бакли [28] и др.) подходы к этой проблеме. В самое последнее время широкое распространение получило представление системного подхода на основе методов системного анализа [15].

Аналогично тому, как это делается при «техническом» подходе, каждое другое специализированное представление теории систем ориентируется на *вполне определенный* (и поэтому *ограниченный*) класс объектов и на достаточно четко *выделенную* группу познавательных задач. Хотя при этом нередко выдвигаются и рассматриваются тезисы достаточно обобщенного характера, реальная экспликация по существу дается лишь использованию системных идей в избранной области знания; проблема же обобщенного, методологического статуса системного подхода остается открытой.

Практически повсеместная распространенность системных идей в современной научной и практической деятельности заставляет нас в поисках ответа на вопрос о специфических особенностях си-

стемного подхода и теории систем выйти за рамки специализированного рассмотрения проблем технически-прикладных, биологических или социальных научных дисциплин. Системный подход является *междисциплинарным* по своему характеру, что, в частности, означает, что на интересующие нас вопросы мы сможем получить ответы, лишь встав на такую обобщенную, междисциплинарную точку зрения. И именно в таком контексте и появляется *идея общей теории систем*, имеющая к настоящему времени достаточно длительную (более четверти века) и весьма поучительную историю*.

Возникновение концепции общей теории систем связано с научной деятельностью Л. фон Берталанфи ([2], [27], [40], [47]), хотя у него были весьма многочисленные и много сделавшие в этом направлении предшественники (см. анализ их работ в [3], [9]).

В отличие от специализированного способа задания системного подхода, жестко ориентированного на определенный круг объектов и определенные средства исследования, формулирование задач общей теории систем обычно проводится на гораздо более высоком уровне абстракции, безотносительно к тому или иному типу конкретного содержания. Так Л. фон Берталанфи считает, что общая теория систем имеет дело с формальными характеристиками образований, называемых системами, является поэтому междисциплинарной областью, то есть «может использоваться для анализа явлений, рассматриваемых в различных традиционных областях научной деятельности. Сфера ее применения не ограничивается материальными системами, а относится к любому «целому», состоящему из взаимодействующих «компонентов» [26, стр. 126]. Близкое по духу рассуждение проводит и М. Месарович в своем исследовании оснований общей теории систем. «Общая теория, — по его мнению, — должна быть настолько общей, чтобы ей удалось охватить все различные уже существующие конкретные теории» [14, стр. 18].

Следует отметить, однако, что сам по себе высокий уровень абстрагирования отнюдь еще не выражает специфику постановки задач общей теории систем. Мы уже отмечали, в частности, что, например, у Л. Заде, который проводит свое исследование явно в «техническом» духе, теория систем призвана изучать общие свойства систем независимо от их физической природы, то есть принятый им уровень обобщения весьма высок. Общую теорию систем характеризует не только и не столько крайне высокий уровень анализа, сколько специфический круг поднимаемых в ее рамках проблем и используемый для ее построения аппарат исследования.

* В этой работе мы следуем логическому, а не историческому плану рассмотрения. Исторически разработка проблем общей теории систем началась с конца 40-х годов, т. е. во всяком случае не позже начала исследований в области специализированных теорий систем.

Прежде чем остановиться на этом подробнее, следует рассеять одно недоразумение, возникшее в связи с буквальным толкованием термина «общая теория систем» (впрочем, некоторые теоретики системного анализа дали повод для этого). Согласно такому толкованию, смысл общей теории систем состоит в том, чтобы дать всеобщую теорию, применимую во всех случаях, когда речь идет о системах. Такое понимание характера общей теории систем нельзя считать ясным и строгим. Реальный смысл общей теории систем следует трактовать иначе: «общая» здесь не означает «всеобщая» вообще, а скорее в том или ином виде «обобщенная» применительно к определенным классам задач, теорий и т. д. В таком случае, чем же отличается постановка задач общей теории систем от обобщения системных идей, выраженных в рамках «технического», «биологического» и т. д. представлений системного метода и теории систем?

На наш взгляд, здесь есть существенные различия, которые, кстати сказать, дают основания утверждать корректность постановки задачи построения общей теории систем в указанном смысле. Во-первых, совершенно очевидно, что следует различать *степени обобщения* — и поэтому задача обобщенного представления теоретических и практических процедур «работы» с техническими системами будет значительно отличаться, например, от выявления обобщенных инвариантов, скажем, биологических, социальных и технических систем и методов их исследования.

Во-вторых, следует различать *тип, характер обобщения*. В одном случае нас может интересовать построение абстрактных оснований для рассмотрения некоторого комплекса проблем или даже некоторого множества научных дисциплин (или их разделов) — такая по сути своей систематизирующая задача стоит в случае «технического» или любого другого конкретно-научного представления системного подхода и теории систем. В другом случае — и это специфично для постановки проблем общей теории систем — обобщению подвергаются скорее методы исследования, типы познавательной ситуации, исследовательские средства.

Из сказанного, в-третьих, вытекают различия в *аппарате исследования*, используемом в первом и втором типах обобщенного системного анализа. Если в случае, например, «технического» описания теории систем основной упор делается на средства соответствующих технических, прикладных дисциплин, а при «биологическом» задании системного подхода отталкиваются от совокупности обобщенных биологических понятий и методов исследования (часто в их кибернетической интерпретации), то при проведении исследований в русле общей теории систем используют в основном языки наиболее абстрактных разделов математики (теории множеств, абстрактной алгебры и т. д.), формализмы логики и средства методологического анализа.

Таким образом, сравнительно с задачами разных вариантов специализированных теорий систем в случае общей теории систем речь идет о построении теории более высокого уровня, чем теории

«среднего» уровня, характерные для отдельных системных областей, причем обобщению подвергаются прежде всего методологически-логические задачи и проблемы.

Место общей теории систем в системных исследованиях

Сопоставление общей теории систем с другими направлениями системных исследований поможет нам более полно выявить специфику этой концепции. При этом под «системными исследованиями» (в самом широком смысле слова) понимается вся совокупность современных научных и технических проблем и разработок, которые при всем их разнообразии сходны в понимании и рассмотрении исследуемых ими объектов как систем, то есть как множеств взаимосвязанных элементов, выступающих как единое целое.

Понимаемые таким образом системные исследования в целом сами представляют собой сложную систему взаимосвязанных элементов, в которой прежде всего следует различить *методологический, процессуальный* аспект системных исследований и совокупность *позитивных, конкретных результатов*, получаемых в них. Первый представляет собой «системный подход» или «системный метод», который таким образом можно понимать как эксплицитное выражение процедур представления объектов как систем и способов их системного исследования (описания, объяснения, предсказания, конструирования и т. д.). Естественно, что «системный подход» может выступать в сознании ученых и фиксироваться в соответствующих текстах в весьма различных формах — от эмпирического полуинтуитивного описания частных процедур системного исследования и до строгого математического задания общесистемных процедур и методов.

Мы обращаем внимание на то, что «системный подход» здесь истолковывается более широко, чем обычно это делается, особенно в современной технической литературе, где под «системным подходом», как правило, понимают совокупность системных принципов, относящихся к техническим и другим прикладным исследованиям и разработкам. С точки зрения специфики системного исследования процессуальная, методологическая ориентация современной науки и техники принципиально одна и та же и для обозначения ее в целом целесообразно использовать один термин — «системный подход».

Одним из важнейших результатов теоретической разработки проблем системного подхода должна стать систематически построенная «логика и методология системного исследования». Разделяя со всеми другими формами выражения системного подхода направленность на процедуры и методы системного исследования, системная логика и методология имеют дело прежде всего с языком «системной науки»; ее задача состоит в выявлении и описании сле-

дифференциально системных логических правил вывода и методологических принципов системного исследования.

Вторую сторону системных исследований, а именно — совокупность полученных в них позитивных результатов, будем называть «системными теориями». Совершенно очевидно, что «системные теории» могут существенно различаться друг от друга по характеру общности и по типу научных и технических областей, для описания которых они создаются.

Системные теории в целом целесообразно прежде всего разделить на собственно «научные системные теории», включая и «формальные системные теории» (т. е., иначе говоря, всю совокупность системных теорий, имеющих дело с научным знанием в его самых разных формах), и «прикладные системные теории» (прежде всего технические системные теории), объектами которых выступают современное техническое знание и практическая деятельность.

В рамках «научных системных теорий» очевидно следует выделять многообразные «эмпирические системные теории» типа системной биологии ([21, [40)], системной психологии [25], системной социологии ([39], [28]), системной психиатрии [31] и т. д. и различные «теоретические системные модели» наподобие кибернетики, теории информации, теории игр, теории решений и т. д., получивших в последние годы широкое признание.

Характерными образцами «прикладных системных теорий» являются системотехника, исследование операций, инженерная психология и т. д., а также вызвавший в последнее время большое внимание системный анализ для решения деловых и промышленных проблем [15].

Конечно, нельзя проводить слишком резких граней между собственно научными и прикладными системными теориями; некоторые современные научные дисциплины, например, кибернетика, относятся в своих разных аспектах к обеим сферам системных теорий. В равной степени не существует абсолютного противопоставления между «системным подходом» как методологией и «системными теориями» как множеством позитивных результатов системных исследований. Последнее обстоятельство находит, в частности, свое выражение в характере «общей теории систем».

«Общая теория систем», как мы отмечали, является междисциплинарной областью научного исследования. В ее задачи входят: 1) разработка средств представления исследуемых объектов систем; 2) построение обобщенных моделей системы и моделей разных классов и свойств систем, включая модели динамики систем, их целенаправленного поведения, исторического развития, иерархического строения, процессов управления в системах и т. д.; 3) исследование концептуальной структуры системных теорий. В таком виде «общая теория систем» выступает, с одной стороны, как обобщение специальных системных теорий, а с другой стороны, имеет много общего с логикой и методологией системного исследования.

Для завершения построения общей картины системных исследований следует, наконец, выделить «философию (философские вопросы) системного исследования». Являясь рефлексией о системных исследованиях в целом, эта сфера знания призвана определить место системных идей в современной науке и практике, исследовать перспективы развития системных исследований. Очевидно, что философский анализ системных исследований наиболее тесно связан с общей теорией систем и с логикой и методологией системного исследования.

Охарактеризованную схему соотношений между различными областями современных системных исследований нельзя рассматривать как чисто конвенциональную; она опирается на результаты исторического опыта развития системного подхода в научной и технической деятельности. Необходимо, однако, отметить, что предложенное понимание задач и специфики общей теории систем скорее выражает *тенденцию, основное направление*, по которому, по нашему мнению, должно пойти развитие общей теории систем, чем реальное состояние исследований в этой области в настоящее время. Что же касается последнего, то сегодня здесь мы сталкиваемся с внушительным многообразием различных позиций, явной или скрытой конкуренцией отличающихся друг от друга подходов, с принципиальной теоретической неопределенностью в исходных условиях.

Действительно, если исходная постановка задач общей теории систем у Л. фон Берталанфи (см. [27, стр. 30—53], [26]) весьма близка к той, которую мы охарактеризовали, то его современная интерпретация всей совокупности системных проблем (см. [2, стр. 41—50]) по сути дела сводится к механическому соединению в рамках общей теории систем таких различных областей научного (и далеко не всегда системного) исследования, как «классическая» теория систем, использование вычислительных машин и моделирование, теория ячеек, теория множеств, теория графов, теория сетей, кибернетика, теория информации, теория автоматов, теория игр, теория решений, теория очередей ([2, стр. 42—45]).

Аналогичное смещение акцентов имеет место и в других вариантах общей теории систем: у М. Месаровича, у которого сочетается специфическая постановка задач общей теории систем с пониманием моделей общей теории систем как того, что «находится между представлениями систем с помощью блок-схем и детальными тематическими (или вычислительными) моделями» [7, стр. 175], у Р. Акофа, который, дав яркое изложение целей общей теории систем, сводит, однако, технику системного исследования лишь к применению методов исследования операций, то есть к использованию явным образом ограниченных средств анализа, несущих на себе к тому же печать технического способа рассуждения [1], и т. д. Сложившаяся в настоящее время ситуация конкурирующих друг с другом подходов к уточнению специфики общей теории систем в известной мере напоминает рассмотренное в начале статьи

взаимоотношение разных специализированных методов построения теории систем. Как и в случае с теориями систем, осознание задач общей теории систем у разных авторов определяется целевыми и предметными установками. У Л. фон Берталанфи — это разработка теоретических основ для нефизических областей знания и решение задач интеграции науки [27, стр. 30—38]; у М. Месаровича, Дж. Клира и некоторых других — построение теоретических основ для разнообразных технических системных концепций ([14], [34]); для У. Грея, Ф. Дала и Н. Риццо — исходной является гуманистическая ориентация этой концепции, перспективы, открываемые этой теорией, для построения науки о человеке и человеческих ценностях [31, стр. XVII—XIX, 7—31], и т. д. В результате для общей теории систем мы получаем аналоги «технического», «поведенческого», «социального» и т. д. вариантов задания теорий систем.

Однако эта ситуация напоминает предшествующую лишь до известной степени. В той мере, в какой речь идет об общей теории систем, в ней всегда неизбежно присутствует обобщение методологического, процессуального аспекта системного исследования, а в этой плоскости границы между разными предметными и целевыми способами задания общей теории систем постепенно стираются. Таким образом, чем в большей степени осознается эта методологическая функция общей теории систем, тем в большей степени разработка этой концепции приближается к той тенденции ее развития, которая рассматривается в этой статье.

Понятие системы в рамках общей теории систем

В литературе, посвященной системным исследованиям, причем в самых разнообразных их вариантах — в конкретных системных разработках, в теоретических описаниях системного анализа среднего уровня общности, в различных концепциях общей теории систем — мы сталкиваемся с внушительным многообразием подходов к определению понятия «система». В работах [3, стр. 28—31], [4, стр. 17—18, 23—24], [18], [19], [20, стр. 80—84] описаны и проанализированы некоторые из этих подходов. В контексте данной работы нас интересует не только и не столько максимально полное воспроизведение многообразия различных вариантов определения понятия «система», сколько выявление принципиально отличных путей решения этой проблемы.

Это различие путей можно усмотреть прежде всего в характере системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Вполне естественно, что в конкретных системных разработках, имеющих дело с ограниченными классами системных объектов и задач, понятие «система», даже если его пытаются вводить в его общем значении, по сути дела является *выражением специфических признаков того класса объектов*, которые здесь исследуют-

ся. Так, например, У. Гослинг понимает под системой «собрание простых частей» [30, стр. 11], и при всей общности такого определения в его основе явно лежит совокупность системотехнических задач построения сложных систем управления из относительно простых компонентов. Аналогично и известный специалист в области экологии К. Уотт определяет содержание понятия «система» путем абстрагирования эмпирически фиксируемых в экологии признаков взаимодействия, например, компонентов леса или иного экологического объекта. В результате он дает следующее операциональное определение понятия «система» — «взаимодействующий комплекс процессов, характеризующийся многими взаимными путями причинно-следственных воздействий» [40, стр. 2]. Не рассматривая пока вопрос о корректности и полноте таких определений, отметим, что практически единственным основанием для их введения является абстрактный анализ выбранных эмпирических областей. Такое исследование, естественно, не решает задач общей теории систем.

Другая ограниченность определений понятия «система», предлагаемых в рамках специализированных системных исследований, состоит в большом *разрыве* между формулируемыми общими определениями этого понятия и техникой анализа, которой располагают те или иные области науки и техники. Так, во многих определениях акцент делается на взаимодействии компонентов, входящих в систему — см. вышеприведенное определение К. Уотта, определение Л. фон Берталанфи: система — «комплекс взаимодействующих компонентов» [7, стр. 29], определение Р. Акофа: система — «любая сущность, концептуальная или физическая, которая состоит из взаимозависимых частей» [7, стр. 145], и т. д. Вместе с тем, развернутая техника исследования взаимодействия компонентов в настоящее время отсутствует. Поэтому не случайно, например, О. Ланге, понимающий под системой «множество связанных действующих элементов» [7, стр. 196], фактически использует для исследования связи отождествление значений выходов и входов соответствующих элементов, то есть связь рассматривается как один из видов отношений, для анализа которых современная логика и математика располагают достаточными средствами. Аналогичный процесс рассуждения реализован в работах Дж. Клира [7, стр. 295—298]. Таким образом, многие определения понятия «система», формулируемые в контексте специальных системных разработок, *не являются оперативными*: фиксируемая в них реальность, как правило, значительно шире той, которую такие области науки и техники способны исследовать.

Эта же ограниченность подходов к определению понятия «система» (их не-оперативность) относится и ко многим попыткам решения этой проблемы в рамках общей теории систем, то есть к исследованиям, лежащим по своему характеру на другом полюсе системного движения (по сравнению с специализированными системными разработками). Вышеприведенные определения системы

Л. фон Берталанфи, О. Ланге и других подтверждают эту мысль. В этой сфере мы, однако, сталкиваемся с еще одной ограниченностью современных попыток решения проблемы определения понятия «система».

Решение проблемы определения понятия «система» в специальных системных концепциях обычно сводится к более или менее строгому введению этого понятия на специальном языке и установлению возможности оперативной работы с ним. Большого здесь не требуется. Однако выполнения этих условий недостаточно для решения данной проблемы в общей теории систем. Здесь, кроме названных условий, также требуется сопоставление интуитивного содержания, которое имеет термин «система» в его различных научных и технических применениях, с содержанием вводимого понятия «система» и сравнительный анализ различных подходов к определению этого понятия. К сожалению, эти дополнительные (и необходимые) условия, как правило, не реализуются в литературе по общей теории систем. В тех же случаях, когда авторы предлагаемых обобщенных определений понятия «система» отчетливо осознают невозможность абстрагироваться при проведении этих исследований от решения методологических проблем адекватности определения и его соотношений с другими определениями (А. И. Уемов [20], Дж. Клир [7, стр. 287—319] [34], Л. Апостель [24] и др.), обычно тщательному исследованию подвергается одна из методологических сторон определения, — например, сопоставление предлагаемого определения с другими возможными определениями, а другие методологические аспекты проблемы остаются без внимания или, во всяком случае, не получают очевидного, эксплицитного выражения.

После сделанных замечаний мы теперь имеем возможность изложить наше понимание определения понятия «система» в контексте общей теории систем. Кроме уже названных трудностей решения этой проблемы следует обратить внимание на такие обстоятельства. Интуитивно термин «система» мы склонны относить к чрезвычайно широкому классу предметов (если не сказать, что вообще к любым предметам) и в силу этого вряд ли возможно построить такое общее определение понятия «система», отдельными видами которого выступали бы, например, формализованные знаковые системы, живой организм, его отдельные компоненты, экономические системы, сложные системы управления и т. д. и т. п. Из этого следует вывод, что речь должна идти о *разных понятиях «система»*. С другой стороны, если практически любой объект можно представить как систему, то есть как комплекс взаимосвязанных элементов, то далеко не всегда очевидны те гносеологические задачи, которые могут стоять, например, при анализе как систем листа бумаги или карандаша. При построении определения понятия «система» в рамках общей теории систем необходимо, следовательно, учесть *гносеологические цели* приписывания тем или иным объектам свойств систем.

Следует обратить особое внимание на то, что осознанное методологическое отношение к системной проблематике должно исходить из существования трех различных уровней анализа: *эмпирического, теоретического* (продуктом которого является построение разных вариантов теорий систем) и *метатеоретического* (призванного выработать средства построения и описания общей теории систем и ее взаимоотношений с теориями систем и с эмпирическими системными областями).

Таким образом, понятие системы представляет собой *сложную исследовательскую конструкцию* (особый идеальный объект), процесс образования которой оказывается предметом изучения целого комплекса наук. История науки, в частности, должна описать временную последовательность и условия формирования этой конструкции в отдельных научных дисциплинах и в науке в целом; теория деятельности — проанализировать этот процесс под углом зрения выработки новых форм научно-исследовательской активности людей; логика и методология науки — исследовать общую идеальную структуру этой конструкции и описать ее в строгом, формальном языке; специальные системные концепции и общая теория систем — ввести понятие системы в свои языки, удовлетворяя при этом как теоретическим принципам данной сферы науки, так и общим условиям метатеории системного исследования.

К сожалению, успехи в проведении такого комплексного, синтетического исследования оснований системного подхода в настоящее время чрезвычайно скромны. Можно назвать лишь отдельные попытки выполнения в той или иной мере этой задачи ([20], [34], [24]). В работах [18] и [19] также сделана попытка подойти к решению этого вопроса, исходя из следующей основной идеи.

В плоскости нашей интуиции и эмпирического рассмотрения у нас нет и не может быть строгих критериев приписывания тем или иным предметам свойств системы. В этой сфере царит принципиальное многообразие оснований, тенденций и склонностей, делающее задачу определения *нижней границы системности* чрезвычайно сложной. В настоящее время у нас нет и критериев уточнения *верхней границы системности*, переходя через которую мы вступаем в область различных видов систем, а не систем вообще. Строгое определение этих границ может быть лишь результатом тщательного проведенного комплексного изучения оснований системного подхода, а сейчас мы находимся лишь в самом начале такого исследования.

Поэтому не предвосхищая окончательных решений нам следует построить некоторую *иерархию свойств системы*, нижние члены которой, вполне возможно, будут еще относиться и к не-системам, а верхние, что весьма вероятно, будут захватывать и определенные виды систем, но в целом эта иерархия задаст и свойства системы как таковой. Очевидно, что при построении такой иерархии у нас не будет средств эксплицитного выделения только свойств системы как таковой, но мы будем гарантированы, что не вы-

дадим за такие свойства некоторый их частный набор, обусловленный тем или иным видом представления системного подхода. Такой способ рассмотрения соединяет в себе конструктивные и критическо-методологические функции и в наибольшей степени, по нашему мнению, соответствует специфике анализа, который должен проводиться в рамках общей теории систем.

Исходя из этих соображений, в [18] перечислен ряд содержательных признаков, отнесение которых к системным признакам, как правило, не вызывает никаких сомнений, и охарактеризовано некоторое семейство значений понятия «система» — как последовательное введение определенных наборов этих признаков. В работе [19] мы сделали следующий шаг — разбили системные признаки на три группы, условно обозначаемые как группы *A*, *B* и *C*, причем к группе *A* были отнесены признаки, характеризующие *внутреннее строение системы* («множество», «элемент», «отношение», «свойство», «связь», «взаимодействие», «подсистема», «организация», «структура» и др.), к группе *B* — характеризующие *специфические системные свойства* («изоляция», «взаимодействие», «интеграция», «дифференциация», «централизация», «децентрализация», «целостность», «стабильность», «обратная связь», «равновесие», «подвижное равновесие», «управление», «самоуправление» и др.) и к группе *C* — относящиеся к *поведению системы* («среда», «состояние системы», «деятельность», «целостность», «функционирование», «изменение», «гомеостазис», «эквивифинальность», «целенаправленность» и др.).

Предполагая определенную упорядоченность расположения признаков в группах (по степени возрастания их системных свойств), мы предложили следующий способ введения в рамках общей теории систем семейства понятий «система». Различные возможные (непротиворечивые) наборы признаков как из одной группы, так и из разных групп задают особые определения понятия «система», которые, естественно, могут выражаться на содержательном или (и) формальном языках. В силу упорядоченности признаков в группах оказывается возможным сопоставление различных определений понятия «система» и расположение в определенной иерархии теоретических концепций, которые строятся на базе этих определений. Очевидно, что определения, использующие более отдаленные члены последовательностей признаков, оказываются более богатыми, более развернуто выражают специфику системы, а в некоторых случаях характеризуют и определенные типы систем.

Предлагаемый способ введения понятий «система» в контексте общей теории систем, с одной стороны, позволяет осуществить *постепенный переход* от несистемных конструкций к системному идеальному объекту (как это реально и проявляется в конкретных научных дисциплинах), а с другой стороны, способствует выяснению *общего основания* всего многообразия значений системы.

Изложенное понимание способа введения понятия «система»

в рамках общей теории систем нам представляется перспективным, однако его реализация, так, как она выражена, например, в [18] и [19], оставляет открытыми многие существенные вопросы. Главный из них касается поисков *реальных оснований* как упорядоченности выбираемых системных признаков, так и принципов упорядоченного расположения семейства значений понятия «система». Рассмотренные работы выполнены при предположении, что такие основания могут быть найдены, но — пока этого не сделано реально — реализация предложенной схемы определения дает в результате лишь *набор* как признаков, так и различных определений (при этом фактически осуществленная упорядоченность не выходит за рамки интуитивных, содержательных рассуждений).

В силу этого мы нуждаемся в дальнейшем исследовании и, возможно, в модификации рассматриваемой схемы введения понятия «система» в контексте общей теории системы. В заключение статьи мы и изложим некоторые соображения на этот счет.

В качестве исходного пункта — и это следует особо подчеркнуть — выбирается *метатеоретическое* рассмотрение теорий систем. Это означает, что мы должны располагать особым метаязыком — достаточно богатым для того, чтобы в нем можно было описать не только соответствующие системные эмпирические области и их теоретические воспроизведения в виде различных вариантов специализированных теорий систем, но и формы взаимоотношений между системной эмпирией и различными вариантами теории систем.

В таком языке мы должны иметь средства фиксации *объектов исследования* и *исследователей* этих объектов. Объект исследования нам дан прежде всего через некоторое множество своих *внешних проявлений*. Эти внешние проявления выражаются на языке метатеории в виде определенного множества рассматриваемых (данных или экспериментально устанавливаемых) *величин* некоторого подвергаемого анализу объекта. Отбор этих величин, а также степень точности измерения их значений определяются выбранным в данном случае *пространственно-временным уровнем анализа*. Уровень анализа, таким образом, представляет собой одну из форм объективированной фиксации деятельности исследователя, и с его учетом исследуемый объект выражается в метаязыке как *множество значений всех рассматриваемых величин*.

Данная характеристика научно-исследовательского акта * относится к любой форме познавательной деятельности, следовательно, и к системному исследованию. Однако в приведенном описании познавательной деятельности пока ничего специфически системного не содержится. «Системность» возникает как *общая характеристика некоторого класса задач*, который может быть поставлен

* При его описании мы использовали некоторые идеи, выраженные в книге Дж. Клира [34].

относительно множества значений всех рассматриваемых величин данного объекта.

Проблема выявления этого класса задач — чрезвычайно трудна, и в более или менее полном объеме может быть решена лишь при историческом исследовании становления идей системного подхода, теории систем и т. д. Поскольку такое историко-научное исследование в настоящее время не проведено, мы вынуждены в наших поисках класса системных задач воспользоваться косвенными соображениями, которые, естественно, не претендуют на какую-либо окончательность или завершенность.

Методом косвенного выявления системных задач может служить противопоставление задач современной науки и техники задачам классической, механистической в своей основе науки ([27], [7], [22], [41]).

Системные задачи, как они могут быть охарактеризованы в результате сопоставления с задачами механистической науки, сводятся к следующему. Вместо выявления причинных зависимостей немногих переменных возникает проблема обнаружения всего многообразия связей и отношений, имеющих место внутри исследуемого объекта и в его взаимоотношениях с другими объектами. В результате на передний план выдвигается проблема многих переменных. Представление об объекте как составленном из исходных элементов (как наборе таких элементов) заменяется пониманием его как целостного образования, свойства которого не сводятся и не выводятся из свойств его элементов. В этой связи необходимо, с одной стороны, рассматривать отдельные стороны (свойства) исследуемого объекта лишь в их соотношении с объектом как целым, а с другой стороны, вскрыть законы поведения — функционирования, а во многих случаях и развития — таких целостных объектов.

Дальнейшая детализация названных исследовательских задач приводит нас к выделению задач исследования: организации рассматриваемых объектов, их иерархического строения, соотношения внешней и внутренней детерминированности, процессов передачи информации и управления, целенаправленного поведения, условий стабильности (постоянства исследуемых объектов при непрерывном изменении многих их компонентов), механизмов конкурентности и рефлексивного управления, способов синтеза в едином значении разных описаний одного объекта, различных форм взаимоотношения рассматриваемых объектов с исследователем и ряда других.

Все эти и им подобные задачи были неизвестны классической науке. Все они могут формулироваться в исходных для любого научного исследования терминах множества значений всех рассматриваемых величин данного объекта или объектов. Опыт развития науки и техники в конце XIX—XX вв. показывает, что эти возникшие на эмпирическом уровне задачи в теоретической сфере располагаются вокруг понятия системы и идей системного метода исследования. Поэтому мы в нашем метатеоретическом рас-

смотрении можем (с учетом ранее сделанных оговорок о полноте и строгости проводимого описания) отнести эти задачи к классу системных. И в этой связи нашей главной проблемой становится выявление — на уровне метаязыка — соотношений между эмпирическими системными задачами и их формулированием в теоретических терминах, а также определение условий упорядочения теоретических системных концепций.

Из этого круга вопросов мы остановимся еще на принципах упорядочения теоретических системных концепций. Один из возможных подходов к решению этой задачи состоит в типологическом рассмотрении многообразия понятий «система».

Для проведения такого исследования было отобрано некоторое множество определений понятия «система» — около 40 определений, получивших наибольшее распространение в литературе (основные из них приводились в тексте статьи).

Предварительный анализ показал, что это многообразие включает в себя три различных группы определений. В первую группу входят определения системы как некоторых классов математических моделей (например, «система — математическая абстракция, которая выступает в качестве модели динамического явления» [29, стр. 1] и аналогичные). Вторая, наиболее значительная по объему группа включает определения «системы» через понятия «элементы», «отношения», «связи», «целое», «целостность» (примеры таких определений общеизвестны). И, наконец, в третью группу входят определения «системы» с помощью понятий «вход», «выход», «переработка информации», «управление» (например, «система — это собрание сущностей или вещей (одушевленных или неодушевленных), которое воспринимает некоторые входы и действует согласно с ними для производства некоторых выходов, преследуя при этом цель максимизации определенных функций входов и выходов» [33, стр. 141]).

Наибольший интерес — во всяком случае, в начальной стадии исследования — представляет вторая группа определений. Мы разложили каждое из определений, входящих в эту группу, на его составные компоненты. Набор таких компонентов включал: характеристику исходных образований (A_1); характеристику сочетания таких образований (A_2); фиксацию наличия отношений, связей между исходными образованиями (α); характеристику полученного при наличии первых трех компонентов образования (β_1); фиксацию функционирования такого сложного образования (β_2); наличие дополнительных характеристик (γ) — всего шесть различных компонентов.

Проведенный анализ показал, во-первых, крайнюю неоднородность описания в разных определениях одного и того же компонента. Например, при указании исходных образований в разных определениях используются понятия: «факты», «объекты», «единицы», «элементы», «части», «атрибуты», «свойства», «вещи», «физические компоненты», «сущности», «части-компоненты» и т. д. Для характе-

ристики сочетания таких исходных образований применяются термины: «собрание», «соединение», «множество», «группа», «комплекс», «совокупность», «серия», «размещение» и т. д.

Эта неоднородность описания свидетельствует о том, что определения понятия «система», формулируемые, как правило, в начале соответствующей системной концепции, даются в основном в интуитивных терминах, не «привязываются» к терминологии сложившихся и устоявшихся научных дисциплин.

Проведенное исследование, во-вторых, дало возможность установить *определенные взаимосвязи между разными компонентами*, входящими в рассматриваемые определения понятия «система».

В подавляющем большинстве определений этой группы в явном виде указывается A_1 , дается характеристика сочетания исходных образований в терминах A_2 и (или) β_1 , утверждается или непосредственное наличие связей и отношений α или через β_1 . Остальные компоненты рассматриваемых определений играют вспомогательную, конкретизирующую роль.

Отсутствие A_1 , имеющее место крайне редко, приводит к сокращенной форме определения, акцент в которой делается на β_1 и β_2 (например, система есть «упорядоченно действующая целостность, тотальность» [42] или «система в широком смысле может быть всем тем, что может рассматриваться как отдельная сущность» [38, стр. 13]). Если в определении отсутствуют A_2 и β_1 , то признак целостности системы задается фиксацией связей и отношений и, как правило, указанием дополнительных характеристик (например, «система — это ограниченная пространственно-временная область, в которой части компоненты соединены функциональными отношениями» [35, стр. 6], где α и γ («ограниченная пространственно-временная область») фиксируют целостные признаки системы). Наконец, при отсутствии α и β_1 признак целостности задается через A_2 и дополнительные характеристики (например, система есть «совокупность или группа компонентов или частей, необходимых для некоторой операции» [43, стр. 3]).

Необходимо отметить, что все эти три типа исключений крайне редки и, как следует из вышесказанного, могут рассматриваться как *сокращенные формы определения системы* через элементы, связи, отношения и целостность. На этой основе мы приходим к выводу, что выделенная структура определения понятия «система» выступает как *базовая*, характеризующая во всяком случае весьма большой класс систем. Внесение в эту структуру дополнительных признаков (например, характеристик «входа», «выхода», «управления» и т. д. — определения третьей группы) приводит к *конкретизации базового определения*, и, по-видимому, задает *определенные классы систем*. Что же касается определений первой группы, то их можно рассматривать как, с одной стороны, *математическое выражение базового определения* (если конструируемые математические модели описывают объекты, удовлетворяющие базовому определению), а с другой стороны, как построение *более*

широкого класса математических моделей, в терминах которых можно проследить постепенный переход от несистемного к системному объекту исследования.

Намеченные контуры иерархии теоретических представлений о системе, формулируемых в терминах метаязыка, могут служить реальной основой для систематического построения общей теории систем. Конкретная реализация этого построения — задача, далеко выходящая за рамки данной статьи. Однако метатеоретические соображения, изложенные здесь и опирающиеся сегодня на уже достаточно богатый опыт системных исследований, позволяют, как нам представляется, с большей уверенностью определять исходные основания и методы построения общей теории систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акоф Р. Общая теория систем и исследование систем как противоположные концепции науки о системах. — «Общая теория систем». М., 1966.
2. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — обзор проблем и результатов. — «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.
3. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
4. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системные исследования и общая теория систем. — «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.
5. Гуд Г. Х., Макол Р. Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. М., 1962.
6. Заде Л. От теории ценей к теории систем. — «Труды института радиотехников», 1962, т. 50, № 5.
7. «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
8. Кремлянский В. И. Некоторые особенности организмов как «систем» с точки зрения физики, кибернетики и биологии. — «Вопросы философии», 1958, № 8.
9. Кремлянский В. И. Структурные уровни живой материи. М., 1969.
10. Лекторский В. А., Садовский В. Н. О принципах исследования систем (в связи с «общей теорией систем» Л. Берталанфи). — «Вопросы философии», 1960, № 8.
11. Ляпунов А. А. Об управляющих системах живой природы и общем понимании жизненных процессов. — «Проблемы кибернетики», вып. 10. М., 1964.
12. Малиновский А. А. Пути теоретической биологии. М., 1969.
13. Мельников Г. П. Системная лингвистика и ее отношение к структурной. — «Проблемы языкознания. Доклады и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов». М., 1967.
14. Месарович М. Основания общей теории систем. — «Общая теория систем». М., 1966.
15. Оптнер Ст. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М., 1969.
16. Ревзин И. И. Развитие понятия «структура языка». — «Вопросы философии», 1969, № 8.
17. Садовский В. Н. Логико-методологический анализ «общей теории систем» Л. фон Берталанфи. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
18. Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Система. — «Философская энциклопедия», т. 5. М., 1970.

19. Садовский В. Н. Общая теория систем: задачи и методы построения.— «Исследование систем (Материалы Всесоюзного симпозиума)». М., 1971.
20. Уемов А. И. Логический анализ системного подхода к объектам и его место среди других методов исследования.— «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.
21. Хайлов К. М. Проблема системной организованности в теоретической биологии.— «Журнал общей биологии», 1963, т. XXIV, № 5.
22. Юдин Б. Г. Становление и характер системной ориентации.— См. в настоящем издании.
23. Allport G. W. The Open System in Personality Theory.— «Journal of Abnormal and Social Psychology», 1960, v. 61.
24. Apostel L. Théorie des systèmes et théorie des prévisions.— «Prévisions, Calcul et Réalités». Paris, 1965.
25. Bertalanffy L. von. Robots, Men and Minds. N. Y., 1967.
26. Bertalanffy L. von. General Theory of Systems: Application to Psychology.— «Social Science. Information sur les Sciences Sociales», 1967, v. VI, N 6.
27. Bertalanffy L. von. General System Theory. Foundations, Development, Applications. N. Y., 1968.
28. Buckley W. Sociology and Modern Systems Theory. N. J., 1967.
29. Freeman H. Discrete-Time Systems. N. Y., 1965.
30. Gosling W. The Design of Engineering Systems. London, 1962.
31. Gray W., Duhl F. J., Rizzo N. D. (eds). General Systems Theory and Psychiatry. Boston, 1969.
32. Hall A. D. A Methodology for Systems Engineering. Princeton, 1962.
33. Kershner R. B. A Survey of Systems Engineering Tools and Techniques.— «Operations, Research and Systems». Baltimore, 1960.
34. Klir G. J. An Approach to General Systems Theory. N. Y., 1969.
35. Miller R. E. Switching Theory. N. Y., 1965.
36. Piaget J. La notion d'équilibre et son rôle explicatif en psychologie.— «Acta psychologica», 1959.
37. Quastler H. General Principles of Systems Analysis.— «Theoretical and Mathematical Biology». N. Y., 1965 (Перевод — «Теоретическая и математическая биология». М., 1968).
38. Roosen-Runge P. H. Toward a Theory of Parts and Wholes: An Algebraic Approach.— «General Systems», 1966, v. XI.
39. Sorokin P. A. Sociological Theories of Today. New York — London, 1966.
40. Watt K. E. F. (ed). Systems Analysis in Ecology. New York — London, 1966.
41. Weaver W. Science and Complexity.— «American Scientist», 1948, v. 36.
42. «Webster's Third New International Dictionary». — Цит. по [34, стр. 283].
43. Wilson J. G., Wilson M. E. Information, Computers and System Design. N. Y., 1965 (Перевод — Дж. Уилсон, М. Уилсон. Информатика, вычислительные машины и проектирование систем. М., 1969).
44. Zadeh L., Polak E. (eds). Systems Theory. N. Y., 1969.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

С. П. НИКАНОРОВ

Под «системным анализом» в данной статье будет пониматься методология* решения комплексных проблем развития промышленности, транспорта, обороны, образования и других областей, а также проблем построения организаций, примеры изложения которой даны в [5] и [10].

Поскольку системный анализ в последнее время получил широкое распространение и не без основания считается эффективным средством решения проблем в ряде областей, представляет интерес обсуждение основ этой методологии.

В статье рассматривается процесс, породивший системный анализ как часть системного движения, излагается концептуальная схема** системного анализа, изучается структура концептуальной схемы и содержание некоторых входящих в нее понятий, обсуждаются операциональная роль подобных концептуальных схем и причины, делающие их «сильными» или «слабыми», определяются некоторые перспективы развития системного анализа.

В ходе изложения рассматривается вопрос о значении вариантов системного подхода, понимаемого в смысле [2], для развития системного анализа и, соответственно, о значении опыта системного анализа для развития системного подхода.

1

Так называемое «системное движение» представляет собой, в конечном счете, изучение и преобразование различных фрагментов «мира людей» на основе «системных представлений».

Существуют два источника, порождающих современное системное движение,— практика промышленности, техники, экономики,

* Термин «методология» мы используем не в общепhilософском смысле, а в более узком значении — как инструмент решения научных и практических проблем.

** Мы полагаем, что «концептуальная (или понятийная) схема», «модель», «способ понимания», «метод мышления» и другие подобные термины — синонимы.

отчасти социально-политическая практика, — и теория, главным образом биология, по также теория организаций, психология, лингвистика и некоторые другие области. Если иметь в виду степень влияния этих источников на развитие системного движения, как в его теоретических, так и в прикладных аспектах, то придется признать, что практика является гораздо более существенным источником, чем теория.

Производственная система, потребляющая ресурсы отдельного фрагмента реальности и превращающая их в конечные продукты, развивается как экстенсивно, так и интенсивно. Для осуществления ее развития необходимо устанавливать связь между задачами и имеющимися и предполагаемыми возможностями развития системы, — т. е. принимать решения о развитии. Рост числа и взаимозависимости задач развития производственной системы, рост числа и взаимозависимости возможностей для решения задач развития увеличивают сложность определения направлений и этапов развития производственной системы.

Весь «мир человека» быстро усложняется. Его актуальные проблемы требуют все более широких решений, которые требуют все больше времени и труда для своего формирования и реализации. Это порождает необходимость прогнозирования состояния реальности на отдаленное время, что, в свою очередь, требует более глубокого понимания механизмов изменения реальности.

Одно из общих правил, управляющих изменениями, состоит в том, что при таких воздействиях на отдельный фрагмент реальности, интенсивность и качественное разнообразие которых значительно ниже того, что имеет место в собственных процессах этого фрагмента, последний выступает перед потребителем как аддитивный источник ресурсов. Связи фрагмента вскрываются только в том случае, если интенсивность и качественное разнообразие собственных процессов фрагмента и воздействия оказываются сравнимыми. Нелинейность — это явление, наблюдающееся после перехода границы между относительно суммативной и относительно целостной реакцией изучаемого фрагмента на воздействие.

В настоящее время интенсивность использования ресурсов Природы, как неживой, так и живой, во многих ее частях становится сравнимой с интенсивностью собственных процессов Природы. Поэтому рассмотрение Природы как склада независимых ресурсов становится уже невозможным. Возникает необходимость в весьма сложных ее описаниях [7]. Точно так же оказывается невозможным в ряде случаев рассмотрение отдельных воздействий на Природу как изолированных друг от друга. Хотя в направлении исследования Природы как сложной системы многое делается, у нас есть пока только частичные или весьма общие представления о структуре и интенсивности ее процессов. Рассмотрение неживой и живой Природы как целостной совокупности процессов стимулируется также необходимостью считаться с ее разрушительными силами.

Подобное же положение существует и в самой производственной системе. Ее отдельные части, которые ранее рассматривались как несвязанные, выступают теперь как зависящие друг от друга. Это происходит либо в результате того, что части оказываются ограничивающими достижение одной и той же цели развития, либо они выступают как конкурентные потребители одинаковых ресурсов.

Организационные формы обеспечения действия и развития производственной системы всегда отстают от ее развития, но особенно значительным это отставание становится в настоящее время, когда для развития производственной системы широко используются результаты научных исследований. Указанное несоответствие организационных форм значительно усложняет управление развитием производственных систем. Дополнительным фактором, действующим в этом же направлении, является значительная рассеянность знаний о самой производственной системе, о задачах и возможностях ее развития.

Развитие производственной системы, в свою очередь, оказывает глубокое воздействие на всю систему социальных отношений, в которой в результате этого воздействия возникают и проявляются скрытые связи, ранее не принимавшиеся во внимание.

Нынешний подъем системного движения является отражением проблем, возникших в связи с резким увеличением интенсивности и широты воздействия общества на Природу, бурным развитием промышленности, резким изменением системы социальных отношений. Не удивительно, что в этих новых условиях практика решения проблем развития в различных областях жизни общества постепенно выявила некоторые общие характерные элементы процесса решения проблем. Именно этим путем возник тот вариант методологии решения проблем, который мы здесь называем «системный анализ».

Однако было бы неверно думать, что идеи, выдвигаемые системным движением, являются совершенно новыми. Определенная доля «системности» всегда присутствовала в мышлении и деятельности людей, иначе существование и развитие человеческих обществ было бы невозможно. Раскрывая книги XIX в. по технике, политике и другим областям знания, мы обнаруживаем поразительное сходство рассуждений с теми, которые проводятся в системном анализе. Несомненно также, что существовали различные формы осознания системности. В этом смысле системное или несистемное мышление не является чертой какой-либо эпохи или периода развития, а, скорее, принадлежностью жизненной позиции отдельных слоев общества или отдельных лиц.

То, что отличает теперешний подъем системного движения от прошлых этапов развития системных взглядов, заключается в выяснении широкой общности относительно простых концептуальных схем, превращение этих схем в регулярно используемое в интересах практики методологическое средство, своеобразную «системную» культуру мышления.

Первоначальные описания системного анализа опирались на нечеткий концептуальный аппарат. Например, описание системного анализа, относящееся к середине 50-х годов [5], ведется со слабо оформленным концептуальным аппаратом. Только после того, как примеры и основные идеи методологии изложены, осторожно вводятся некоторые понятия концептуальной схемы. В дальнейшем требования унификации практики системного анализа, передачи опыта, а также необходимость осмыслить развивающуюся методологию привели к различным попыткам обобщения и, следовательно, к выработке более или менее ясных концептуальных схем. Часть этих обобщений послужила основой для инструкций, регламентирующих решение проблем в определенных областях, другая часть приняла характер последовательного изложения методологии системного анализа и практики ее применения с достаточно четко выделенной и используемой концептуальной схемой [10].

Системный анализ первоначально применялся для выбора отдельного изделия из совокупности функционально сходных изделий. Однако позже выяснилось, что такой выбор может осуществляться только в рамках более широких целей, где рассматриваемые изделия являются только подсистемами и только этапами развития. Таким образом, все большие части производственной или военной системы становились объектом изучения. Методология системного анализа постепенно становилась основой постоянно действующего механизма решения большой совокупности взаимосвязанных проблем.

Важнейшая функция системного анализа состояла в определении структуры связей между задачами и возможностями их решения. Открываемые структуры служили основой для выбора целей и средств их достижения. Методологическое средство системного анализа — его концептуальная схема — прежде всего направлено на выполнение этой функции. Выраженный в концептуальной схеме практический опыт после освоения становится основой действий лица или коллектива при решении проблем.

Следующие рассуждения помогают понять, какими факторами определялась концептуальная схема системного анализа. В центре этой методологии находится операция количественного сравнения альтернатив решений. Количественные оценки должны характеризовать сравниваемые равнокачественные альтернативы по величинам их эффективности и затрат для получения данного результата. Правильность количественных оценок зависит от того, насколько полно и правильно учтено все, от чего зависят эффективность и затраты. Так возникает идея выделения *«всех элементов, связанных с данной альтернативой»*, т. е. идея, которая на естественном языке выражается как «всесторонний учет всех обстоятельств». Выделяемый этим определением комплекс элементов и называется в системном анализе *«полной системой»*.

Но как выделить этот комплекс элементов, эту «систему», как установить, входит ли данный элемент в данную альтернативу или нет? Единственным критерием может быть *участие данного элемента в процессе*, приводящем к появлению выходного результата данной альтернативы. Коль скоро это так, *понятие процесса оказывается центральным понятием системного анализа*, вокруг которого строится вся концептуальная схема.

Рассмотрим кратко концептуальную схему системного анализа, как она представлена в [10].

Система определяется заданием системных объектов, их свойств и связей между ними. Системные объекты — это *вход, процесс, выход*, а также *обратная связь* и *ограничение*. Входом называется то, что предшествует протеканию процесса. Можно также сказать, что вход есть *все то, что изменяется при протекании процесса*. Участие в процессе устанавливается по наличию изменения. Вход состоит из элементов входа. В некоторых случаях элементами входа являются *«рабочий вход»* (то, что «обрабатывается») и *«процессор»* (то, что «обрабатывает»). Выходом называется результат или конечное состояние процесса. Процесс переводит вход в выход. Способность переводить данный вход в определенный выход называется свойством данного входа.

Связь определяет следование процессов, т. е., что выход некоторого процесса является входом некоторого другого определенного процесса. Всякий вход системы является выходом этой или другой системы, а всякий выход — входом. Выделить систему в реальном мире значит указать ее вход, процесс и выход.

Всякая система состоит из подсистем. Всякая система является подсистемой некоторой системы. Постулируется, что *любой реальный объект может быть описан в терминах системных объектов*, свойств и связей между ними.

Искусственные системы — это такие, элементы которых сделаны людьми, т. е. являются выходом сознательно организуемых процессов. Во всякой искусственной системе существуют три различных по своей роли подпроцесса: *основной процесс* преобразует вход в выход; *обратная связь* обеспечивает соответствие между фактическим и желаемым выходом путем изменения входа; *процесс ограничения* обеспечивает соответствие между выходом системы и требованиями к нему как входу в последующую систему, являющуюся потребителем этого входа.

В подсистеме обратной связи выполняется ряд операций: сравнивается выборка выхода с моделью выхода и выявляется их качественно-количественное различие, оценивается содержание и смысл различия, вырабатывается решение, вытекающее из различия, формируется процесс ввода решения (воздействия на вход). Процесс ограничения возбуждается потребителем выхода системы, анализирующим ее выход. Этот процесс воздействует на выход системы, принимая или отвергая его, и на модель выхода системы. Модель выхода, отражающая ограничение, определяет

цель (функцию) системы и принуждающие связи (качества функции), которые с помощью процесса ограничения согласовываются с целями потребителя.

Проблемная ситуация существует, если имеется различие между необходимым (желаемым) выходом и существующим выходом, которое может проявляться в симптомах. Существующий выход обеспечивается существующей системой. *Желаемый выход* обеспечивается желаемой системой. *Проблема* есть разница между существующей и желаемой системой. Проблема может заключаться в предотвращении уменьшения выхода или же в увеличении выхода. *Условие* проблемы представляет известное. *Требование* проблемы представляет желаемую систему. *Решение проблемы* есть система, заполняющая «промежуток» между существующей и желаемой системами. Решить проблему — значит сконструировать систему, которая вместе с измененной существующей системой составляет желаемую.

Процесс нахождения решения проблемы концентрируется вокруг итеративно выполняемых операций идентификации (выяснения) условия, цели и возможностей для решения проблемы. Результатом этих операций является описание условия, цели и возможностей в терминах системных объектов, т. е. в терминах структуры связей и подсистем. Если структура связей и подсистем условия, цели и возможностей данной проблемы известны, идентификация имеет характер определения количественных отношений, а проблема называется количественной. Если структура связей и подсистемы условия, цели и возможностей известны частично, идентификация имеет качественный характер, а проблема называется качественной или слабоструктуризованной.

Системный анализ *устанавливает принципиально необходимую номенклатуру функций решения проблемы*, которая состоит из обнаружения проблемы, оценки актуальности проблемы, определения ограничения (цели и принуждающих связей), определения критериев для измерения степени приближения решения проблемы к желаемому, анализа существующей системы, определения структуры возможностей для построения набора альтернатив, выбора альтернативы решения, обеспечения признания выбранному решению, принятия решения (принятия на себя формальной ответственности), реализации решения, определения результатов решения проблемы. Граница процесса решения проблемы определяется условиями, целью и возможностями его реализации.

Постулируя номенклатуру функции решения проблем, системный анализ дает средство для анализа и построения организаций. В частности, организации с иерархической структурой подчинения могут быть преобразованы в организации, решающие проблемы, путем приписывания подразделениям функций решения проблемы.

Таковы, в самых общих чертах, основные представления системного анализа как методологии решения проблем.

Для того чтобы понять методологическое содержание системного анализа и выделить тенденции его развития необходимо вскрыть структуру его концептуальной схемы. В самом деле, если бы нам пришлось сравнивать между собой две разные методологии решения проблем, то у нас не было бы другого средства, кроме сравнения их концептуальных схем, т. е. сравнения номенклатуры понятий и отношений между ними.

Полезным средством для анализа структуры концептуальной схемы системного анализа оказывается понятие «уровня описания». Под уровнем описания мы будем понимать здесь такую группу понятий концептуальной схемы, которые связаны относительно изолированной структурой отношений и которые интерпретируются как целое. Если уровни описания, выделяемые в концептуальной схеме, падают в таком отношении, что понятия одного уровня определяются через понятия другого, то будем говорить об иерархической структуре концептуальной схемы, и, соответственно, о более низких (и, следовательно, общих) и более высоких уровнях описания.

Можно по-разному определять, что входит в концептуальную схему системного анализа и какова ее структура. Это зависит от того, какое изложение берется за основу, какова обстановка в оценке этой методологии и многих других обстоятельств. Мы здесь примем, что концептуальная схема системного анализа состоит из *двух* иерархических уровней описания и что второй уровень состоит из *двух сходных групп* описания.

Первый уровень определяет реальность как совокупность взаимосвязанных процессов. Он содержит понятия вход, процесс и выход, свойство, связь и структура. Процессное описание является фундаментом системного анализа. Однако этот уровень не постулирует каких-либо классов процессов и их структур, а только предоставляет средство для описания любых структур. Задача постулирования определенных классов процессов и их структур решается на втором уровне описания.

Второму уровню описания принадлежат две сходные группы понятий, которые устанавливают качественные отличия и отношения между процессами. Первая постулирует структуру «системы с обратной связью и ограничением». К ней принадлежат: понятие (основной) процесс, обратная связь, ограничение, цель, принуждающая связь. Вторая постулирует структуру «системы, решающей проблему». К ней принадлежат понятия, описывающие функции решения проблем и их взаимоотношения. Таким образом, сюда входят понятия проблемы, решения, модели выхода, проверки соответствия, модели воздействия, критерия решения проблемы и др.

Возможно, что для обеих групп может быть дано унифицированное описание.

Остановимся несколько более подробно на содержании некоторых понятий концептуальной схемы системного анализа и структуре уровней описания.

Большой теоретический и практический интерес представляет анализ содержания понятий *вход и выход*, а также всей концептуальной схемы первого уровня, составляющей ядро системного анализа. Можно полагать, что процессное описание для многих случаев должно опираться на абстрактную модель физического процесса. Такое предположение дает *одну* из возможных основ для анализа рассматриваемой концептуальной схемы.

Возможны *различные* истолкования понятий вход и выход. Если эти понятия толковать как временные сечения процессов, то получим концептуальную схему, содержащую только идею изменения. В таком аппарате начало процесса неотлично от любого его временного момента. Если вход и выход трактовать как «не-процессы», как предшествующий процессу и следующий за ним объекты, то возникает концептуальная схема, описывающая вход и выход как границы между процессами. Такая концептуальная схема содержит вневременное (пространственное) описание входа и выхода и временное описание (процесс) как равные. Наконец, может быть предложена концептуальная схема, когда вход и выход в отношении к данному процессу рассматриваются как не-процессы, а в отношении к другому процессу рассматриваются как процессы.

Перечисленные три варианта построения основного ядра концептуальной схемы системного анализа могут рассматриваться как последовательные стадии идеализации при построении абстрактной модели физического процесса. Релятивная схема имеет наименьшую степень идеализации, менее адекватна схема процессов с границами и, наконец, наиболее грубой является схема пространственно-временного описания. Такое описание широко применяется на практике при решении технических и других задач. Например, на таком языке описывается конструкция технических систем.

Большой интерес представляет построение объяснительной схемы, определяющей *номенклатуру элементов входа и выхода*. Можно отметить сходство между номенклатурой элементов входа искусственной системы и номенклатурой статей затрат бухгалтерского учета. Понятие «*капитал*», как оно вводится, например, в [11], является перечнем тех элементов входа процесса производства, которые являются выходом из процессов «мира человека».

Если отсутствует «*место*», необходимое для протекания процесса, то, по определению, процесс идти не может. Таким образом, «место», свободная часть пространства, является элементом входа. Изучение этого вопроса показывает, что пространство (которое приписывается не-процессу в схеме процессов с границами) должно быть разделено на две части: *атрибутивное пространство*, необходимо связанное с остальными элементами входа, и *ресурс-*

ное (или процессное) *пространство*, которое необходимо для протекания процесса.

Аналогичным образом могут быть введены понятия *атрибутивного времени* процесса и *ресурсного времени* совокупности процессов. Как одна из возможностей не-феноменологического представления времени в этой концептуальной схеме должна быть отмечена возможность представления времени как элемента входа, представляющего внешнюю по отношению к данному процессу событийную конфигурацию. Это ведет к описанию систем в терминах изменения конфигурации событий, близость которых может измеряться в терминах меры выхода.

Понятие *энергии* в данной концептуальной схеме может быть введено феноменологически, приписыванием входу или процессу (этот путь может быть использован при построении так называемых информационных моделей объектов) некоторой величины. Однако существуют и другие возможности, например, определение энергии как *меры перехода входа в выход*. Этот путь заставляет совершенно иными глазами смотреть на понятие вход как средство выделения целостностей при анализе реального мира, его объектов и процессов.

Перейдем к обсуждению концептуальной схемы второго уровня. Как уже отмечалось, ее назначение заключается в постулировании специфических качеств и структур процессов. Концептуальная схема второго уровня определяет весьма ограниченную номенклатуру качественно различных процессов, а также весьма простую структуру их связей. Подход, который подобным образом позволяет постулировать структуру процессов, мы будем называть здесь «*функционализмом*».

Под *функцией* мы будем здесь понимать то общее, что есть у процессов с взаимозаменяемыми выходами (точнее, с целевыми элементами выходов) искусственных систем. Таким образом, процесс искусственной системы может быть описан указанием функции, которую он выполняет, и *метода*, который применяется для выполнения функции. По-видимому, можно полагать, что *номенклатура функций конечна*, и сами функции находятся в *иерархических отношениях друг с другом*. Принятие этого положения будет иметь далеко идущие последствия для формирования системной методологии и для ее приложений. *Составление полного перечня функций*, на наш взгляд, *является весьма актуальной задачей*. В качестве одного из исходных пунктов может быть использована изложенная раньше номенклатура функций решения проблем.

Другое направление, ведущее к существенному расширению сферы, охватываемой функциональным описанием, связано с использованием понятия открытой системы [1]. Мы уже отмечали [8], что попытка использовать понятие открытой системы как методологического средства [10] имеет неконструктивный характер. Если бы она была успешной, то возник бы еще один фрагмент концептуальной схемы системного анализа. Если понятие открытой

системы трактовать как сохранение конфигурации и свойств процессора, то выделяется *функциональная структура подсистемы поддержания*. Процесс роста, описываемый теорией открытых систем, также может быть представлен определенной функциональной структурой.

Между подсистемами основного процесса и процесса поддержания устанавливаются сложные отношения. Важнейшую сторону этих отношений мы выражаем принципом, гласящим, что *процессы поддержания (точнее, восстановления) процессора и основной процесс несовместимы во времени*. Этот постулат приводит к существенным изменениям в представлениях о том, как «устроены» системы. Его принятие означает необходимость отражать в концептуальной схеме циклическое функционирование подсистем системы и, следовательно, *предопределяет дискретную структуру поведения системы*.

Итак, процессное описание дает методологическое средство для вскрытия и построения структур процессов, функционализм постулирует как общие определенные виды структур. В случае относительно простых структур, например, при сравнении альтернатив технических систем, «разматывание» по ниточке процесса, определяемое первым уровнем концептуальной схемы системного анализа, будет эффективно. Если же структуры процессов сложны динамичны и недостаточно определены, как в случае организаций, «разматывание» будет неэффективным. Определенный результат в этом случае может дать исследование реальной структуры на основе постулированной функциональной структуры, однако успех зависит от ее адекватности структуре реальных организаций.

4

Практическая эффективность, важные эвристические свойства системного анализа, его глубокое влияние на организацию заставляют очень внимательно отнестись к системному анализу как показательному примеру применения одной из разновидностей системной методологии. Необходимо отдать себе отчет в том, каким образом концептуальная схема, не содержащая и двух десятков понятий, может оказывать столь значительное влияние на практику? Понимание этого может быть весьма полезным как для применения системного анализа и его развития, так и для разработки других форм системной методологии решения проблем.

К сожалению, наши знания еще не позволяют дать полноценного ответа на этот вопрос. В литературе мало исследован вопрос о том, что такое «концептуальная схема», каковы ее характеристики, что означает для действия или поведения лиц или коллективов смена или освоение концептуальной схемы.

Изучение этих и подобных вопросов может помочь понять условия применения различных концептуальных схем. Может оказаться, например, что высокая эффективность избранных концеп-

туальных схем является иллюзорной в одних условиях и реальной — в других. В определенных условиях логичность концептуальной схемы может приводить к усилению противоречий, а не решению проблем, хотя в других условиях эта же концептуальная схема окажется удовлетворительной.

Для обсуждения интересующих нас вопросов мы воспользуемся некоторыми понятиями, введенными в работе [13].

В этой работе вводится понятие «образа» — фактического знания отдельного лица, которое служит основой для его поведения. Образ, которым располагает отдельный человек, состоит из десяти частей: образа пространственного расположения вещей; образа временной последовательности изменений вещей; образа отношений между вещами — правил, управляющих Вселенной; образа самого себя и своего положения среди других предметов, лиц и организаций; образа ценностей, определяющего личное отношение ко всем элементам других частей образа; образа эмоционального отношения; сознаваемого, неосознанного и подсознательного аспектов образа; образа неопределенности элементов образа; образа реальности элементов образа; образа отношений других лиц к элементам образа.

Элементы природы, отображаемые образом, суть статические структуры, механические системы, гомеостатические системы, системы типа клетки, растения, животные, человек и организации. С каждой системой связано описание, которое может осуществляться с помощью различных концептуальных схем, классификация которых вообще совпадает с перечнем систем. Однако в настоящее время адекватные описания существуют только для первых двух типов систем, остальные описываются главным образом в терминах концептуальных схем статических структур и механики. В последнее время появляются кибернетические модели.

Изменение образа происходит только с помощью сообщения. Функции сообщения состоят только в изменении образа. Сообщение может производить в образе четыре вида изменений. Первый вид заключается в отсутствии изменений. Второй — в регулярных, имеющих характер дополнений, изменениях. Третий вид изменений — коренные изменения основных структур образа, приводящие к полному изменению всей его структуры. Отказ от веры — пример такого преобразования образа. Четвертый вид изменений — устранение неопределенностей в некоторых частях образа, или же, наоборот, создание неопределенности на месте ранее ясной структуры, если она подвергается сомнению. Смена геоцентрических представлений на гелиоцентрические означала не только изменение образа статических структур, но имело также следствием падение веры, а вслед за ним возникновение неопределенностей на месте догматов о творении мира.

Таковы некоторые идеи работы [13]. Хотя некоторые из перечисленных положений этой работы вызывают возражения, ее концепцию можно использовать для объяснения эффектов, происходящих

при освоении концептуальных схем, подобных системному анализу.

Следует отдавать отчет в том, что при отказе от геоцентрических представлений концептуальный аппарат, с помощью которого описывалось движение небесных тел, не изменился, а изменились только отношения, выражаемые тем же самым аппаратом понятий. Столь незначительные первичные изменения могут вызывать такие обширные и глубокие изменения образа только в том случае, если образ в целом имеет *порождающую, генетическую структуру*. Такая структура, как представляется, обеспечивает изменение многого при помощи относительно незначительного влияния. Иерархические модели мышления распространены в кибернетике. В структуре образа та или иная концептуальная схема играет роль элемента исходной генетической структуры.

Отношение отдельной концептуальной схемы к образу может быть также пояснено на примере аксиоматической теории. Совокупность термов теории может рассматриваться как концептуальный аппарат, совокупность аксиом — как концептуальная схема, а множество выводимых из них теорем — как образ, порождаемый этой концептуальной схемой.

Как мы отмечали в [8], всю область деятельности людей можно разбить на *сферу рутинных действий*, основанных на относительно фиксированных стереотипах поведения, которые не требуют их осмысления, и на *сферу решения проблем*, в которой результат может быть достигнут только благодаря улучшению понимания вещей. Рутинное поведение требует, как можно думать, в основном только использования образа статических и механических структур. Даже относительно сложные виды поведения, какие могут иметь место в научных исследованиях, могут быть основаны на традиции, а не на понимании.

Улучшение понимания, по крайней мере, отчасти достигается изменением образа правил, дающих картину отношений между частями мира. Следует предполагать, что образ правил имеет иерархическую структуру. Успешное решение проблемы данного класса устанавливает рутинное поведение, воспроизводящееся в последующих сходных случаях. В дальнейшем при решении подобных проблем используются только образы статической и механической структур, хотя осознание может присутствовать. В случае сохранения осознания и в дальнейших актах проблемой является только то, что требует изменения на более высоких уровнях образа правил. «Видение» мира есть выражение граничного уровня в образе правил, ниже которого индивид использует рутинные виды поведения.

Концептуальная схема системного анализа, особенно его ядро — процессное описание, производит радикальное изменение на относительно высоких уровнях образа правил. Нет необходимости объяснять, что в этом случае изменению подвергаются многие части образа. Это изменение имеет конструктивный, т. е. опера-

ционный, характер в тех частях образа, которые связаны с решением проблем. В частности, происходят существенные изменения в образах реальности и неопределенности остальных частей образа: многие структуры переносятся в разряд тех, которые нуждаются в пересмотре. Взаимодействие между индивидами, овладевшими этим способом мышления, происходит без затруднений. При взаимодействии с индивидами, не овладевшими таким способом мышления, возникают чрезвычайно сложные формы индивидуального и парного поведения.

Характерными являются также два эффекта освоения концептуальной схемы: длительное не критическое использование вновь освоенной концептуальной схемы; стремление развивать только что освоенную концептуальную схему. В первом случае новые структуры частей образа вначале закрепляются как определенные и реальные. Изменения определенности и реальности происходят на более поздних стадиях освоения концептуальной схемы, когда сознается неопределенность, вызываемая новой концептуальной схемой на более высоких уровнях образа правил. При этом возникает более осторожное использование концептуальной схемы. Она уже не отождествляется с реальностью, а рассматривается как один из возможных инструментов изучения реального мира.

Большой интерес представляет оценка изменений образа при освоении той или иной концептуальной схемы. Такие оценки могут служить основой для сравнения концептуальных схем.

Первая характеристика такого сорта есть *осваиваемость концептуальной схемы*. Очевидно, что осваиваемость не может быть определена вне характеристик образа, которым располагает данный индивид. Тип мышления консервативный, стремящийся сохранить все элементы образа, будет давать низкую осваиваемость. Противоположный тип мышления, нормой поведения которого является «примеривание» различных концептуальных схем, их сравнение, отбор и использование, будет давать высокую осваиваемость.

Вместе с тем осваиваемость зависит от того, сколь легко осуществляется интерпретация понятий концептуальной схемы, насколько обширны изменения, которые должны произойти в образе, а также от объема концептуальной схемы и других, не менее важных условий.

Другая характеристика может быть названа *практической эффективностью концептуальной схемы*. Видимо, возможны такие случаи, когда, несмотря на большие изменения в образе, операционное содержание поведения меняется мало. Поэтому практическая эффективность концептуальной схемы не может характеризоваться только общим объемом изменений, происходящих в образе. Только влияние на ту его часть, которая действительно определяет тип поведения и которая может быть названа *операционной структурой*, определяет практическую эффективность новой концептуальной схемы.

Практическая ценность концептуальной схемы системного анализа определяется адекватностью определяемого этой схемой типа поведения текущим потребностям общественного развития — необходимостью во все большей степени учитывать многочисленные связи процессов. Относительно легкое освоение этой концептуальной схемы также способствует увеличению ее ценности. Расчленение схемы на ряд последовательных уровней позволяет осуществлять последовательное осмысление его положений. Процессное описание расчищает путь для функционализма. Мощност концептуальной схемы возрастает благодаря постулированию функциональных структур, в особенности функций решения проблем.

5

Рассматривая перспективы развития системного анализа в современных условиях, мы можем различить два основных направления, реализация которых зависит от характера целостности общественной организации.

Одно направление, назовем его условно полуэмпирическим, рисует будущее системного анализа как *массовую деятельность людей*, основанную на процессном понимании реального мира и использовании относительно слабых функциональных структур, по построению или перестройке организаций и, следовательно, по решению проблем. Представляет большой интерес изучение предельных состояний, к которым может привести это направление развития. Заведомо ясно, что организации и их деятельность могут быть значительно улучшены в рамках этого направления. Полуэмпирическое направление может также явиться средством для решения труднейшей проблемы *«маленького шага в правильном направлении»* при совершенствовании организации. Однако, поскольку это направление не может выразить и, следовательно, контролировать сложные отношения между процессами организации (из-за слабости функциональных структур), останется значительная сфера *не концептуального* понимания и деятельности.

Собственно процессное описание поможет выделить *ряд типов целостностей*. Примерами одного типа, который мы назовем «линейными целостностями», могут быть:

целевые целостности, т. е. полные совокупности процессов, обеспечивающих достижение определенной цели;

ресурсные целостности: совокупности ресурсов, которые выступают как потенциально возможные элементы входа данной группы процессов;

зоны влияния научных открытий: совокупности процессов, выступающих как потенциально изменяющиеся при реализации данного открытия.

Процессное описание даст также возможность выделить целостности другого типа, которые мы здесь назовем «кольцевыми целостностями». Такого вида целостности возникают всякий раз,

когда элемент выхода некоторой системы непременно является элементом ее входа (например, вторичное использование материалов).

Практическое значение выделения этих типов целостностей и приведения организаций в соответствие с их структурой будет весьма значительным. Изменение способа мышления, обуславливающее эти улучшения, до некоторого пункта развития методологии решения проблем является альтернативой построению мощных формальных систем, интегрирующих знания и деятельность.

Насколько эффективным может быть подход, опирающийся на сравнительно слабые формы функционализма, показывает пример перестройки организации, приведенный в [17]. Несомненно, что наряду с процессным описанием слабые формы функционализма окажут существенное влияние на организацию и практику решения проблем.

Второе направление связано с дальнейшим развитием функционализма. Важнейшей задачей здесь является построение *абсолютной номенклатуры функций*, т. е. типов качественно различных процессов. В настоящее время уже достигнуты определенные успехи в использовании некоторых простых форм функционализма (помимо того, что содержится в системном анализе). Примерами могут служить «функциональный анализ конструкции» [16], морфологический анализ [15]. Как далеко идут возможности функционализма, показывает попытка постулирования функций материалов [6].

Ближайшими задачами функционализма, как нам кажется, является постулирование структуры открытой системы, создание операционной модели теории, модели технической системы и других подобных моделей.

На очереди также создание третьего уровня концептуальной схемы системного анализа, который постулирует *классы переходов структур*. На основе такой концептуальной схемы станет возможным анализ различных форм самоорганизации. Характерным примером этого аспекта развития системного анализа является работа [14]. Видимо, постулатов этого уровня будет достаточно, чтобы объяснять явления *специализации* и *кооперирования*. Однако достаточно ли этого уровня для описания всех явлений развития, пока не ясно.

На более высоких уровнях второго направления находятся постулированные структуры огромных масштабов и сложности. Здесь, собственно, проходит *граница системного анализа как конкретно-исторического явления*, за которой начинается область, для которой еще нет названия.

Обширные структуры могут развиваться из относительно слабых концептуальных схем или же сразу иметь в основе мощные концептуальные схемы. Примеры таких построений существовали задолго до появления системного анализа. Например, для объяснения организаций школой «социальных систем» (см. в [3])

была использована обширная концептуальная схема, которая в значительной своей части опиралась на процессное представление организации. Проблемы построения организаций и моделей организаций на основе подобных подходов рассмотрены в [12]. Имитационные модели организаций, включающие большое количество переменных, построены и применены для решения практических проблем.

Как нам представляется, такие направления, которые стремятся сразу постулировать широкую концептуальную схему, как это видно особенно ярко из работы [12], находятся сейчас в *методологическом кризисе*. Присущее таким направлениям стремление к конструированию, удерживанию, изменению больших структур с целью их отработки, а также их идентификации с реальными объектами, методологически не обеспечено.

Более перспективным представляется развитие обширных структур на основе *«генетического метода»* [9]. Этот метод основан на гипотезе, утверждающей, что существует конечная номенклатура фундаментальных функциональных структур. Многоаспектное объединение и последовательное развертывание этих структур позволяет породить структуры любого масштаба и сложности. Однако контроль за этими структурами и управление ими оказываются возможными благодаря их *«генетической»* конструкции. Мы упоминаем здесь об этом только для того, чтобы оттенить границу операциональной роли системного анализа.

Значение первого (выделение процессных целостностей) и второго (функционализм) направлений развития системного анализа для практики зависит от характера целостности социального объекта, по отношению к которому применяется системный анализ. При относительно низкой целостности большую роль играют более слабые формы системного анализа, а применение более сильных форм наталкивается на большие организационные трудности. При высоких уровнях целостности, когда существующая организация уже ориентирована на анализ проблем целого, но пользуется слабыми методами, более перспективным является применение сильных форм функционализма или упоминавшихся мощных методов, находящихся за границами системного анализа, как такового. Возможно, что слабые формы системного анализа вообще не будут приживаться в условиях высокого уровня целостности. Только скачкообразное, глубокое, качественное изменение окажется в этих условиях жизненным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — критический обзор. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
2. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
3. Гвишиани Д. М. Организация и управление. Социологический анализ буржуазных теорий. М., 1970.

4. Заде Л. Понятие состояния в теории систем. — «Общая теория систем». М., 1966.
5. Квейд Э. Анализ сложных систем. М., 1969 (оригинал — 1955).
6. Кузнецов П. Г., Стагеев Ю. И. Термодинамические аспекты труда как отношения человека к природе. — «Природа и общество». М., 1968.
7. Лягунов А. А. О рассмотрении биологии с позиций изучения живой природы как большой системы. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
8. Никаноров С. П. Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США. — С. Л. Оптнер. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М., 1969.
9. Никаноров С. П. Генетический подход к разработке систем управления. «II Всесоюзная конференция по технической кибернетике, 21—23.X 1969, Минск. Сборник тезисов НТОРЭиС им. А. С. Попова». М., 1969.
10. Оптнер С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М., 1969.
11. Чернышевский Н. Г. Основания политической экономии Д. С. Милля. СПб., 1909.
12. «Approaches to Organizational Design». Pittsburg, 1966.
13. Boulding K. The Image. N. Y., 1966.
14. Mesarovic M. D. Multilevel Systems and Concepts in Process Control. — «Proc. of the IEEE», 1970, v. 58, № 1.
15. «New Methods of Thought and Procedure». Berlin, 1967.
16. «Value Engineering in Manufacturing». Englewood, 1967.
17. Young S. Management: A Systems Analysis. Glenview, Ill., 1966.

ТЕКТОЛОГИЯ: ИСТОРИЯ И ПРОБЛЕМЫ

А. Л. ТАХТАДЖЯН

Никто не отыщет природу вещей в самой вещи, изыскание должно быть расширено до более общего.

Ф. Бэкон

Введение

Одной из характерных особенностей современной науки является возрастающая тенденция к сближению самых различных и далеких друг от друга областей знания. Наряду с идущей далее дифференциацией науки, происходит ее постепенная интеграция, основанная на объединении научных методов и на установлении общих закономерностей. Все чаще наблюдается стремление к постановке общих задач, объединяющих часто очень далекие друг от друга области знания; постепенно вырабатываются общие понятия и идеи и общий язык и терминология. Человеческое знание, раздробленное специализацией, вновь начинает объединяться.

Поэтому для передового фронта современной науки характерен все усиливающийся интерес к поискам принципиальной структурной общности самых разнородных систем и общих механизмов самых различных явлений. Идея структурного единства мира, выражающаяся в гомоморфизме и даже изоморфизме самых различных классов явлений, все глубже овладевает современным научным мышлением. Однако необходимость объединения раздробленного человеческого знания сознается еще далеко не всеми. Это объясняется узкой специализацией большинства современных ученых, их своеобразной «цеховой» ограниченностью. По меткому выражению Винера [12, стр. 12], всякий вопрос, скольконибудь выходящий за узкие пределы своей специальности, «таким ученым чаще всего будет рассматривать как нечто, относящееся к коллеге, который работает через три комнаты дальше по коридору».

Для специализированного и ограниченного научного мышления самое сильное возражение против общих теорий очень высокого уровня общности есть именно их всеобщность, их предельная аб-

страктность. Однако необходимость создания общей теории любых структур и систем вытекает из самой логики развития науки и выдвигается на повестку дня также современной техникой. Поэтому к идее общей теории организации или общей теории систем приходят по самым различным линиям науки и практики. По мнению М. Месаровича [30, стр. 15—16], эта теория вызывает не один только чисто научный интерес: «Привлечение такой теории необходимо для решения некоторых важных с практической точки зрения задач. В связи с этим построение такой теории стало делом первостепенной важности. Например, в технике (в самом широком смысле этого слова) ощущается необходимость в общей теории, преодолевающей границы специализации и позволяющей создавать системы, охватывающие и людей, и вычислительную технику, и исполнительные механизмы».

Совершенно аналогичные идеи высказал почти 60 лет назад создатель «всеобщей организационной науки» А. А. Богданов*, который назвал ее тектологией (от греч. tekton — строитель), заимствовав этот термин из «Генеральной Морфологии» Э. Геккеля.

* Как известно, фигура А. А. Богданова является исключительно сложной и противоречивой. Значительная часть жизни, посвященная Богдановым политической деятельности, отмечена одновременно и страстной революционностью, и весьма серьезными ошибками. Благодаря беспощадной ленинской критике советский читатель хорошо знает о тяжелых заблуждениях Богданова в сфере философии и культуры.

Но А. А. Богданов, межди по образованию, был не только политическим деятелем и философом. Он много внимания уделял чисто научным проблемам. Эта сторона его деятельности, гораздо менее широко известная современному читателю, выразилась в двух основных формах: Богданов был организатором и первым руководителем Института переливания крови, созданного в СССР в 1926 г., а также создателем тектологии — весьма оригинальной общенаучной концепции, исторически первого развернутого варианта общей теории систем.

Отрицательно и даже враждебно встреченная многими современниками, нередко видевшими в ней лишь проекцию эмпириомонизма, тектология только в наши дни стала привлекать внимание ученых и с годами вызывает все более широкий интерес. Свидетельством этому служат как упоминаемые А. Л. Тахтаджяном работы ряда советских авторов, так и некоторые другие статьи, в частности «Тектология» («Философская энциклопедия», т. 5. М., 1970), а также «Богданов А. А.» (БСЭ, изд. 3, т. 3. М., 1970).

Следует подчеркнуть, что современные советские исследователи весьма далеки от какой бы то ни было идеализации тектологии. Напротив, они показывают ее отрицательные моменты, уходящие корнями в старые философские ошибки Богданова, в собственные его мировоззренческие довольно сильные элементы механицизма и позитивизма. Махистское прошлое Богданова наиболее ясно чувствуется во вводных главах первой части «Тектологии». Нельзя, конечно, не учитывать и того, что созданием всеобщей организационной науки ее автор хотел как бы бросить вызов марксизму, выдвигнув в противовес ему концепцию, которая претендует на универсальность. Это была серьезная ошибка: никакая теория организации не может подменить философской методологии, имеющей свой особый предмет и особые методы. Однако это субъективное стремление Богданова вступило в противоречие с логикой рассматриваемых им конкретных методологических (а не философских!) проблем; следуя этой последней, Богданов и сумел сформулировать ряд соображений и идей, до сих пор сохраняющих конструктивное значение для развития общей теории организации.

Статья А. Л. Тахтаджяна преследует прежде всего цель выявления и развития той реальной общесистемной проблематики, которая была систематически изложе-

Первые попытки
установления универсальных научных принципов

Необходимость изучения общих структурных закономерностей разнородных явлений сознавалась уже давно, и уже давно научная мысль стремилась к выяснению структурного единства окружающего нас мира. Но в прошлом эта задача считалась скорее философской, чем научной. Вспомним хотя бы идею универсальной символики Лейбница и его идею о *Mathesis Universalis*. Из попыток подобного рода надо упомянуть некоторые идеи, сформулированные Гербертом Спенсером. В своих «Основных началах» он стремился дать «высшие обобщения новейшей науки, истинные не только для одного порядка явлений, но и для всех порядков, и могущие поэтому служить для объяснения всех порядков явлений» [40]. По мнению Спенсера, объединение знания должно происходить путем подведения менее широких классов явлений под более широкие. Ряд выдвинутых им принципов и обобщений не утратил своего значения и для современной науки. Некоторые из них, как, например, его принципы дифференциации и интеграции, являются в сущности всеобщими и должны быть использованы при построении общей теории систем.

Начиная с последних десятилетий прошлого века все чаще появляются попытки универсализации тех или иных научных принципов, сформулированных первоначально лишь в качестве частных законов. Исследователи стремятся отвлечься от разнообразия конкретных форм, чтобы найти за ними ядро единой «принципиальной схемы». Так, в 1906 г. русский кристаллограф Е. С. Федоров [46], а в 1911 г. американский химик В. Банкрофт [60] выступают с идеей, что принцип Ле Шателье в физической химии является в действительности универсальным, причем Банкрофт посвящает ему специальную статью. Под разными названиями он известен в разных областях науки, пишет Банкрофт. Химики называют его теоремой Ле Шателье. Физики называют его теоремой Де Мопертюи, или принципом наименьшего действия. Биологам он

на автором тектологии. Здесь подробно рассматривается вопрос о предшественниках тектологии и обращено внимание на то, что системные обобщения впервые начали формулироваться в наше время именно представителями отечественной науки, прежде всего выдающимся кристаллографом Е. С. Федоровым и физиологом Н. А. Беловым.

Публикуя статью А. Л. Тахтаджяна, редколлегия ежегодника отдает себе отчет в том, что эта статья не содержит окончательных решений и оценок. Вместе с тем мы полагаем, что публикация работы А. Л. Тахтаджяна позволит, последовательно проповедая принцип партийности в отношении к философским идеям Богданова, в то же время вычленив конструктивные моменты в его научном наследии и перевести обсуждение тектологии и поднятых в ней проблем на уровень конкретного анализа. Это, несомненно, будет способствовать более глубокому пониманию сущности и истории системного подхода (Редколлегия).

известен как закон о выживании наиболее приспособленных, в то время как бизнесмен говорит о законе предложения и спроса. Самое широкое его определение таково: система стремится к изменению таким образом, чтобы свести к минимуму внешнее нарушение. Банкрофт приводит многочисленные примеры, иллюстрирующие универсальность закона. По его мнению, этот закон дает возможность коррелировать старые факты и открывать новые.

Многими доказывалась также универсальность принципа отбора, установленного, как известно, сначала в биологии (если не считать натурфилософской концепции отбора у Эмпедокла). Особенно интересны в этом отношении работы Джорджа Дарвина (1905—1909), который указывал на плодотворность перенесения некоторых элементарных понятий эволюции далеко за пределы биологии — в физику, астрономию и т. д. Приняв за центральную идею естественного отбора принцип устойчивости жизненных форм, приспособленных к среде, и неустойчивости неприспособленных, он прилагает этот принцип к таким разнородным системам, как атом и солнечная система. Законы, регулирующие устойчивость, по мнению Дж. Дарвина, выраженному им в книге «Приливы...» [15], — прочно установлены в самых разнообразных областях, они приложимы и к движениям планет вокруг солнца, и к внутреннему расположению тех мельчайших частичек, из которых построен каждый химический атом, и к формам небесных тел. Он полагает, что аналогичные концепции приложимы и при анализе изменений различных форм органической жизни, а также и в других областях знаний. По словам Норберта Винера [см. 12, стр. 55], в теории приливной эволюции Дж. Дарвина, как и в теории происхождения видов, мы имеем дело с механизмом, который преобразует динамическим путем случайные движения волн и молекул воды при приливе в однонаправленное развитие. Теория приливной эволюции — это по сути дела теория Дарвина-старшего в применении к астрономии.

Все чаще и чаще в литературе выдвигается идея о научной ценности аналогий, об их упрощающей и «эвристической» роли. Так, по выражению Людвига Больцмана [65, стр. 9], «познание есть не что иное, как изыскание аналогий». С 1906 г. сербский ученый Михаил Петрович разрабатывает целое «учение об аналогиях», а в 1921 г. издает свою книгу «Механизмы, общие для разнородных явлений» [71]. В этой работе на основании анализа большого фактического материала, почерпнутого из самых различных областей знания, Петровичем устанавливаются общие механизмы в разнородных («диспаратных») явлениях, которые приводят его к понятию об аналогиях целых групп явлений. Петрович показывает творческое значение аналогий в истории познания. Но он недостаточно широко понимал значение теории аналогий, которую к тому же считал отраслью «натурфилософии», и в сущности не дошел до необходимости научного объяснения аналогий на основе общей теории организации.

Одним из предшественников тектологии нужно считать также выдающегося кристаллографа Евграфа Степановича Федорова, который, в значительной степени под влиянием Спенсера, создал учение о «перфекционизме» (1906), т. е. об общих законах совершенствования в природе. Причем в некоторых отношениях Федоров пошел дальше Спенсера. В своей мало известной статье «Перфекционизм» [46] * он высказывает ряд глубоких мыслей, опередивших свое время. Федоров приходит, в частности, к выводу, притом раньше Банкрофта и Богданова, об универсальности принципа Ле Шателье. «В сфере всякого рода соотношений физических сил закон этот получил название закона Ле Шателье и сослужил огромную службу прогрессу физической химии. Но на деле уже теперь его применяют к явлениям всяких разрядов, не исключая биологических, психических и социальных» [46, стр. 40]. В качестве одного из примеров он приводит открытое И. Мечниковым явление фагоцитоза. В этой работе Федоров пытается наметить «пусть подхода к вполне объединенному знанию» [там же, стр. 43]. За два года до смерти Федоров публикует чрезвычайно интересную статью «Природа и человек», в которой отмечает, что отличительная черта нынешнего столетия состоит «в каком-то особенном напряжении расцвета науки: в появлении глубоких новых отраслей знания, в исчезновении перегородок, разделяющих разные отрасли знания и жизни» [47, стр. 423].

В XX веке появляется также ряд других работ, в которых высказываются идеи, более или менее близкие к тектологии. Так, в 1933—1934 гг. американский биохимик Эдгар Витцман публикует ряд статей под общим заглавием «Мутация и адаптация как составные части универсального принципа» [73]. Отмечая фрагментарность и раздробленность нашего знания и отсутствие в нем гармонии и единства, он приходит к мысли о необходимости выхода из рамок отдельных частных наук и поисков универсальных принципов. Витцман высказывает убеждение, что принцип Ле Шателье — Брауна, называемый им в обобщенной его форме «принципом адаптации», а также принцип ритма и периодичности и некоторые другие являются универсальными и применимы во всех областях знания. Очень интересные мысли об универсальности типов систем высказал биолог Лотка [70]. Можно указать и некоторые другие аналогичные работы, рассеянные в мировой литературе. Но важнейшей среди них является, несомненно, «Тектология» А. А. Богданова.

«Тектология» А. А. Богданова

Как всеобъемлющая наука об универсальных типах и закономерностях строения и развития систем, общая теория организации была создана А. А. Богдановым (1873—1928), который, начиная с 1912 г. и до конца жизни широко разрабатывал основы новой науки («Тектология») [5]. Чуждая в своей универсальности преобладающему в то время типу научного мышления, идея общей теории организации мало кем была воспринята достаточно полно и не получила распространения. Этому отчасти способствовало также то обстоятельство, что Богданов ранее выступал по философским вопросам, и поэтому тектология воспринималась многими, особенно философами, как новая философская система, хотя сам автор «Тектологии» считал ее «всеобщей естественной наукой» [5, ч. 1, стр. 118] и неоднократно протестовал против смешения всеобщей организационной науки с философией. В то же время он постоянно указывал на самую тесную, неразрывную ее связь с математикой.

В «Тектологии» Богданова мы имеем смелую попытку систематической разработки общей теории структур и систем, общего учения об организационных типах и закономерностях. Богданов использует для построения тектологии материал самых различных наук, в первую очередь наук естественных. Анализ этого материала приводит к выводу о существовании единых структурных связей и закономерностей, общих для самых разнородных явлений. «Мой исходный пункт, — пишет А. А. Богданов, — заключается в том, что *структурные отношения могут быть обобщены до такой же степени формальной чистоты схем, как в математике отношения величин*, и на такой основе организационные задачи могут решаться способами, аналогичными математическим. Более того — отношения количественные я рассматриваю как особый тип структурных, и самую математику — как раньше развивавшуюся, в силу особых причин, ветвь всеобщей организационной науки: этим объясняется гигантская практическая сила математики, как орудия организации жизни» [5, ч. 3, стр. 209].

Основные организационные механизмы

В первой части «Тектологии» устанавливаются два наиболее общих и основных организационных механизма — формирующий и регулирующий. «Всякое событие, всякое изменение комплексов и их форм возможно представить, как цепь актов соединения того, что было разделено, и разделения того, что было связано... При этом для всякого разрыва связи можно установить, как необходимый предшествующий момент, какой-нибудь акт соединительного характера... Следовательно, первичный момент, порождающий изменения, возникновение, разрушение, развитие организационных

* Пользуясь случаем, я бы хотел выразить признательность кристаллографу профессору И. И. Шафрановскому, обратившему мое внимание на эту статью.

форм, или основа формирующего тектологического механизма есть соединение комплексов» [5, ч. 1, стр. 121]. Богданов обозначает ее термином «конъюгация», взятым из биологии. Он придает этому понятию универсальный смысл. «Научно-организационные понятия так же строго формальны, — пишет он, — как и математические, которые, собственно, к ним и принадлежат; «конъюгация» настолько же формальное понятие, насколько сложение величин, которое есть ее частный случай» [там же, стр. 122]. Со стороны формы получающихся систем результаты конъюгации очень различны. Результатом конъюгации вообще является система из преобразованных конъюгировавшихся комплексов. Эти комплексы могут либо остаться во взаимной связи, либо вновь разъединиться в самом ходе изменений, порожденных конъюгацией. Связь конъюгировавшихся комплексов создается наличием общего элемента, входящего в оба комплекса. Всякое объединение посредством общих звеньев обозначается термином «связка». Развитием связки определяется степень связи. Цепная связь может быть двух родов: однородная, или симметричная, и неоднородная, или асимметричная. В первом случае самые комплексы, находящиеся в связи, одинаковы (пример: цепь, составленная из круглых звеньев). Во втором случае комплексы неодинаковы, и отношение одного к другому иное, чем обратное отношение (пример: винт и гайка). В связи с анализом ценной связи вводится понятие «ингрессия», т. е. введение («вхождение») посредствующих звеньев для ценного соединения двух комплексов, лишенных «связки».

Основной тип организационной связи есть ингрессия. Соответственно ему, основную форму дезорганизации, т. е. распада, разложения комплексов, Богданов обозначает как «дезингрессию», т. е. как отрицательную ингрессию.

Разрыв связей происходит там, где совершается полная дезингрессия и где через комплекс проходит в результате этого «тектологическая граница». Яркая иллюстрация тектологической границы, а также ее изменения — линия фронта. Она проходит там, где враждебные усилия двух армий взаимно уравновешиваются, и до тех пор, пока они уравновешиваются. Когда равновесие нарушается, как это бывает при наступлении одной стороны, линия фронта размывается: идут конъюгационные процессы — бои, схватки, в которых элементы обеих сторон перемешиваются в разнообразных сочетаниях и взаимодействиях. Затем боевые активности могут вновь прийти к равновесию на новой линии фронта или же конъюгация разворачивается дальше и дальше, завершаясь образованием связки, воплощаемой в мирном договоре, в отношениях господства-подчинения и т. д. [там же, стр. 148]. Во всех случаях организационные границы имеют одну и ту же основу: полные дезингрессии. Таким образом, всякий разрыв связи можно представить как *внедрение элементов среды в систему по линиям уничтоженных сопротивлений, т. е. полных дезингрессий* [там же, стр. 149]. Разрыв связи, основанный на дезингрес-

сии, создает отдельные комплексы там, где было одно целое, т. е. он производит «отдельность». С точки зрения Богданова, *«всякий без исключения перерыв в опыте может быть понят, как результат дезингрессии непрерывности»*. Он есть эпизод в движении непрерывного потока активности — потока активностей-сопротивлений [там же, стр. 161].

Разрыв тектологической границы есть вообще начало их конъюгации, момент, с которого они перестают быть тем, чем они были, тектологическими отдельностями, и образуют какую-то новую систему, с дальнейшими преобразованиями, — словом, это организационный кризис данных комплексов. В тектологии этот тип кризисов обозначается как «кризис С» («конъюгационный кризис»). Образование же тектологической границы, создающее из новой системы новые отдельности, также есть кризис, только другого типа. Он обозначается как «кризис D» («дисъюнктивный кризис»). Первичными являются кризисы С: всякое разделение обусловливается предшествующими конъюгациями.

Конъюгация, ингрессия, связка, дезингрессия, граница, кризисы С и кризисы D — все это основные понятия для формирующего тектологического механизма. Особой проблемой является регулирующий тектологический механизм. Все, что возникает, имеет свою судьбу. Ее первое, простейшее выражение сводится к дилемме: сохранение или уничтожение. То и другое совершается закономерно, так что нередко удается даже предвидеть судьбу форм. *Закономерное сохранение или уничтожение* — это и есть первая схема универсального регулирующего механизма. Обозначать его всего лучше тем именем, которое он давно получил в биологии — «отбор» или «подбор» [там же, стр. 178].

Механизм отбора (у Богданова «подбора») разлагается на три элемента: 1) *объект отбора* — то, что ему подвергается; 2) *деятель* или *фактор отбора* — то, что действует на объект, сохраняя или разрушая его; 3) *основа* или *базис отбора* — та сторона объекта, от которой зависит его сохранение или устранение.

Первая схема отбора, в которой дело идет только о сохранении организационных форм или их несохранении, обозначается термином *консервативный отбор* («подбор»). Но эта элементарная схема консервативного отбора является научно недостаточной. Помимо того, что точного сохранения не существует, в нее трудно уложить те случаи, когда форма изменяется, прогрессивно развивается. Поэтому Богданов устанавливает вторую схему отбора, названную им *прогрессивным отбором* («подбором»). Он исходит из того, что все изменения среды, идущие независимо от данной организационной формы, неизмеримо чаще неблагоприятны для последней. Поэтому статическое положение данного комплекса неизбежно превращается в неблагоприятное (перевес потерь над усвоением). Отсюда делается вывод, что действительное сохранение форм в природе возможно только путем прогрессивного их развития [там же, стр. 193]. Схема прогрессивного отбора ох-

ватывает и прогрессивное развитие комплексов, и их относительный упадок. Поэтому отбор может быть положительным или отрицательным.

Устойчивость организационных форм

Организационная устойчивость форм выражается в количественной и структурной устойчивости. При этом, по Богданову, структурная устойчивость сама представляет величину и всегда может быть выражена количественно. Положительный отбор, сопровождаемый возрастанием неоднородности внутренних связей комплекса, ведет к уменьшению структурной устойчивости, а отрицательный, сопровождаемый возрастанием их однородности, — к ее увеличению. В первом случае имеющиеся структурные противоречия сохраняются и к ним присоединяются со вступлением новых элементов еще новые; во втором случае идущее разрушение отрывает от комплекса прежде всего наименее прочно связанные с ним элементы, разрушает наиболее противоречивые связи. Функция отрицательного отбора состоит в разрушении тех элементов, связей, группировок, которые наименее устойчивы, которые в наибольшей мере нарушают внутреннюю организованность целого. Происходит и упрочение системы, и возрастание ее стройности. Поэтому, если отрицательный отбор, не произведя полного или вообще глубокого разрушения системы, вновь сменится положительным, то дальнейший рост и развитие системы приобретает характер большей организованности. Но при этом следует иметь в виду относительный характер всякой динамической устойчивости. Обыкновенно, говоря о ней, мы имеем в виду обычные, средние условия среды, в которых протекает существование данных комплексов. Но это лишь общая, нормальная высота устойчивости, а не ее конкретная величина. Последняя же зависит от конкретных, частных условий, и вместе с ними варьирует. Отрицательный отбор уничтожает то, что менее устойчиво в данных условиях. Всякий сложный комплекс, особенно такой, как общество, представляет известное разнообразие, известную неоднородность условий. Поэтому элементы или группировки, в общем «нормально» обладающие более высокой жизнеспособностью, большей устойчивостью, более совершенной организованностью, оказываясь в менее благоприятных условиях, иногда исключительных, могут погибать, в то самое время как иные элементы или группировки низшей организованности, находясь в условиях особенно благоприятных, сохраняются и продолжают усиливаться.

Сопоставляя функции положительного и отрицательного отбора в мировом развитии, можно сказать, что они охватывают вместе всю динамику этого развития. Положительный отбор, усложняя формы, увеличивая разнородность бытия, доставляет для него материал, все более возрастающий; отрицательный отбор, упрощая этот материал, устранив из него все непрочное,

нестройное, противоречивое, внося в его связи однородность и согласованность, приводит этот материал в порядок, вносит в него систематизацию. Дополняясь взаимно, оба процесса стихийно организуют мир [там же, стр. 212].

Суммарная устойчивость комплекса по отношению к данной его среде есть, очевидно, сложный результат частичных устойчивостей разных частей этого комплекса. Уже анализ такой прочтой системы, как цепь, состоящая из звеньев неодинаковой прочности, приводит к выводу, что структурная устойчивость целого определяется наименьшей его частичной устойчивостью. Эта схема относится не только к механическим системам, но решительно ко всяким: физическим, психическим, социальным.

Поскольку система обыкновенно подвергается неравным и неравномерным воздействиям в разных своих частях, приходится ввести понятие об *относительном сопротивлении*. Если изменяется величина внешних воздействий или структурное состояние самой системы, то достаточно, чтобы в какой бы то ни было ее части, на какой бы то ни было краткий промежуток времени, установилось относительное сопротивление ниже единицы, и разрушительный процесс произойдет. Так, заснувший на минуту богатырь может быть убит ничтожным карликом. Поэтому в его обобщенной тектологической формулировке закон минимума гласит: *устойчивость целого зависит от наименьших относительных сопротивлений всех его частей во всякий момент* [там же, стр. 214]. Богданов называет его «законом относительных сопротивлений» или, короче, «законом наименьших». Как указывает автор «Тектологии», закон этот не представляет сам по себе ничего принципиально нового для науки: в механике, в физике, в технических науках он сформулирован давно. Так, в механике существует положение, что тела движутся «по линии наименьшего сопротивления», а в агрохимии Либихом был сформулирован так называемый «закон минимума» — основная формула урожайности. В предисловии ко второй части «Тектологии» Богданов приводит интересную выдержку из книги биохимика Б. Робертсона «Химическая основа роста и старения» (1923), в которой сформулирован закон наименьших для системы химических реакций и даже в универсально-обобщенной форме.

Структурная устойчивость любой системы рассматривается в «Тектологии» еще с одной точки зрения. Среда воздействует на систему, как и система на свою среду, непосредственно лишь там, где обе они *соприкасаются*, в «пограничной» области, понимая это слово тектологически, а не только пространственно. Величина пограничной области, т. е. количество соприкосновений, может возрастать или уменьшаться. Две системы, подобные и равные в прочих отношениях, могут различаться именно в этом. Возникает вопрос, как такие изменения или различия отражаются на структурной устойчивости. Очевидно, что отрицательный отбор интенсивнее проявляется для форм с увеличенной поверхностью

соприкосновения со средой, условно называемых Богдановым «четочными». Строение, более «ровное», менее разветвляющееся, вообще, противоположное «четочному», он обозначает термином «слитность». Разница заключается в том, что в слитных формах больше связей между собственными их элементами, чем в четочных, так что меньше простора для проникновения между ними элементов или комплексов внешней среды. Для слитных комплексов отрицательный и положительный отборы менее интенсивны. Отсюда общее решение вопроса о том, какая структура благоприятнее для сохранения и развития систем: *под отрицательным отбором благоприятнее слитная, под положительным — четочная* [там же, стр. 248]. Понятия «четочной» и «слитной» организации вполне применимы не только в пространственных, но и во временных структурных отношениях.

В связи с устойчивостью организационных форм особой проблемой является структурная устойчивость в системах равновесия. Согласно закону Ле Шателье, сформулированному для физических и химических систем, *если система равновесия подвергается воздействию какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению*. Богданов считает этот закон тектологическим, т. е. универсальным, в чем он следует Федорову и Банкрофту*. Устойчивость систем равновесия, выраженная в законе Ле Шателье, объясняется все тем же механизмом отбора. Структура систем равновесия тем и характеризуется, что они заключают в себе противоположные процессы, взаимно нейтрализующиеся на определенном уровне. Если в такую динамическую систему равновесия вступают извне новые активности, то, очевидно, следует принять всевозможные их сочетания с прежними, всевозможные элементарные их столкновения, конъюгации, дезинтегриссии. Но из этих сочетаний одни будут устойчивы, другие неустойчивы; первые будут удерживаться, вторые — устраняться отбором. Результат получается именно тот, какой соответствует закону Ле Шателье: обнаруживается процесс, уменьшающий эффект внешнего воздействия, как бы противодействующий ему [там же, стр. 258].

С неуравновешенными системами дело обстоит совершенно иначе. В них если и идут изменения одновременно в двух противоположных направлениях, то одна из двух групп устойчивее, а потому целое преобразуется шаг за шагом в ее сторону. Система равновесия может слагаться из комплексов неуравновешенных, и обратно. Да в сущности и вообще тенденция равновесия возникает из бесчисленных частичных нарушений равновесия. Системы равновесия, путем структурных изменений, часто не заметных для прямого наблюдения, могут переходить в неуравновешенные, и обратно.

* К сожалению, в «Тектологии» Богданова очень мало ссылок на литературу и трудно поэтому сказать, знал ли он о работах Федорова и Банкрофта.

Как бы ни были сходны два комплекса, их дальнейшие изменения не будут вполне одинаковыми. Они должны быть различны и в силу первоначальной разности самих комплексов, и в силу разностей среды, воздействиями которой изменения вызываются. Различия возрастают, и в зависимости от этого дальнейшие изменения должны оказаться еще более несходными. Следовательно, расхождение исходных форм идет «лавинообразно». Процессы расхождения необратимы.

Когда в решении тектологической задачи данные включают одновременно и отдельность, и связь комплексов, т. е. когда требуется исследовать изменения *системы, состоящей из отдельных частей*, это можно обозначить как задачу на *системное расхождение* («системную дифференциацию»). Принцип относительных сопротивлений, закон наименьших дали ответ на вопрос об условиях сохранения или разрушения таких систем. В каком же направлении должна изменяться система, если она сохраняется? Очевидно, в сторону наиболее устойчивых соотношений. Получается, следовательно, возрастание различий, ведущее ко все более устойчивым структурным соотношениям. Какие же соотношения расходящихся частей будут наиболее устойчивыми? Такие, при которых эти части взаимно *дополняют* друг друга. Это — *дополнительные соотношения*. Развиваются такие различия, которые повышают связность и устойчивость системы, ее прочность под внешними воздействиями, ее организованность. Типичными примерами дополнительных соотношений являются разделение функций в организме и разделение труда в обществе. Вся область жизни на земле может рассматриваться, в ее целом, как одна система расхождения. Она разветвляется на два «царства» — растительное и животное; между ними существуют во многом дополнительные соотношения. Таким образом, *системное расхождение включает в себе тенденцию развития, направленную к дополнительным соотношениям* [5, ч. 2, стр. 27]. Системное расхождение направляется по линии дополнительных связей силою отбора. На основании анализа ряда примеров автор «Тектологии» приходит к выводу: «Как видим, закономерность системного расхождения — «дифференциации» — одна и та же во всех областях и на всех ступенях бытия. Чем выше уровень организационных форм, тем с большей отчетливостью и строгостью она обнаруживается» [там же, стр. 30].

Дополнительные соотношения характеризуются своей «необратимостью»: связь от А к В не тождественна со связью от В к А, но противоположна ей. Это — *асимметричная ингрессия*. И, действительно, всякая специализация, всякое разделение функций, разделение труда и т. п. — соотношения асимметричные: в них стороны не могут быть переставлены. Каждая связь, выражаемая вогнутой линией для одной части системы, выражается выпуклой для другой.

Системное расхождение включает в себе и другую тенденцию. Вместе с условием устойчивости — дополнительными связями, оно развивает также определенные условия неустойчивости: порождает «системные противоречия». Противоречия эти, на известном уровне их развития, способны даже перевешивать значение дополнительных связей. Системное расхождение означает возрастание организационных различий между частями целого, увеличение тектологической разности.

Таким образом, по всем ступеням бытия проходит своеобразная двойственность системного расхождения: развитие ко все большей устойчивости форм — через дополнительные связи — и к их последующему разложению — через накапливающиеся противоречия.

Системные противоречия могут решаться или отрицательным путем — разрушается сама система, или положительным — преобразованием системы, освобождением ее от противоречий. Ослабление или устранение системных противоречий достигается путем конъюгационных процессов, которые дают новый материал для перегруппировок и их отбора, т. е. вообще для структурного преобразования всей системы.

Контрдифференциация бесконечно распространена в природе. Она наблюдается на всех ступенях организованности. К ней в сущности должны быть отнесены и все вообще случаи *выравнивания напряжений*. И здесь, как во всякой контрдифференциации, простое количественное выравнивание — только первый момент; всегда за ним выступает и второй момент — структурные изменения в отборе нового материала комбинаций.

Наряду с расхождением организационных форм происходит также их схождение. Схождение форм имеет иной организационный смысл, чем контрдифференциация, иное и происхождение. Схождение есть результат сходно направленного отбора со стороны сходной среды. Разница с контрдифференциацией вполне ясна: там расхождение или его отрицательные последствия парализуются прямой конъюгацией самих разошедшихся форм; здесь же такой конъюгации нет, сходство комплексов определяется не их собственным общением, а их отношениями к среде. Схождение форм хорошо иллюстрируется на техпическом примере отливки. Роль «отливочной формы», конечно, в разных смыслах и в разной мере может играть всякая определенная среда.

Конечно, для схождения форм необходима некоторая, заранее наличная, их организационная однородность: чем различнее сама их организация, тем менее вероятно одинаковое отношение к среде. Правда, эта структурная однородность в иных случаях представляется очень отдаленной. «Но схождение и простирается в подобных случаях лишь на самую общую, так сказать, принципиально-архитектурную форму, выражаемую алгебраической или геометрической схемой; а соответственная степень общеструктурного родства может существовать и между самыми отдаленными в дру-

гих отношениях системами: на этом ведь основана самая возможность универсально-тектологического обобщения». [115].

Всякий комплекс заключен в своей среде одновременно и как отливочный материал и как формовочная модель, определяясь этой средой в первом смысле и частично определяя ее во втором. И всякая повторяемость форм, а следовательно, всякая наблюдаемая закономерность, основывается, в конечном счете, на каком-нибудь схождении. Эта схема применяется далее к объяснению того, почему различных химических материалов, получаемый живой протоплазмой, отливается под ее действием в специфические формы ее собственного схождения. Для объяснения процесса ассимиляции Богданов считает необходимым принять, что в организме поступающие материалы проходят через какую-то химическую отливочную форму, откуда могут выйти только в виде специфических соединений [там же, стр. 120]. Но как найти эту отливочную форму?

В этой связи Богдановым вводятся два организационных понятия. Первое из них — регулятор. Это приспособление, которое служит для того, чтобы поддерживать какой-нибудь процесс на определенном уровне. Регулятор есть одна из разновидностей «отливочной формы» в тектологическом смысле слова: при помощи его вызывается «схождение» разных фаз данного процесса на определенной высоте. Второе понятие производное от первого, но сложнее — *бирегулятор*, т. е. двойной регулятор. Это такая комбинация, в которой два комплекса взаимно регулируют друг друга. Другими словами, бирегулятор — это система двойного внутреннего регулирования. Например, в паровой машине дело обстоит таким образом, что скорость хода и давление пара взаимно регулируют друг друга: если давление поднимается выше определенного уровня, то возрастает и скорость, а зависящий от нее механизм тогда уменьшает давление, и наоборот. В природе бирегуляторы встречаются нередко; пример — хотя бы система равновесия «вода — лед» при 0° С. Если вода нагревается выше нуля, то соприкасающийся с ней лед отнимает излишек теплоты, поглощая ее при своем таянии; если происходит охлаждение, часть воды замерзает, освобождая теплоту, которая и не дает температуре льда опуститься ниже нуля. В общественной организации бирегулятор очень распространен в виде систем «взаимного контроля» лиц или учреждений и т. п. Бирегулятор есть такая система, для которой не нужно регулятора извне, потому что она сама себя регулирует. Эта важная идея саморегулирования систем равновесия более подробно развита в медицинской книге А. Богданова «Борьба за жизнеспособность» [6]. Здесь, как и в «Тектологии», он применяет идею бирегулятора к пониманию процесса ассимиляции организмом чужих белков. При переваривании пищи ее белки разлагаются на их структурные элементы — аминокислоты. В живой плазме они комбинируются соответственно физико-химическим условиям той среды, где оказались. Это значит: в какие бы соединения они между собой не вступали, удержаться могут только те из соедине-

ний, которые способны существовать в равновесии с этой средой. Непрочные сочетания аминокислот тут же распадаются, удерживаются только прочные, устойчивые. А устойчивы в *данной* среде только те, которые соответствуют составу ее наличных белковых молекул. Но если живая белковая среда есть действительная система равновесия, в которой состав белков регулируется составом дисперсионной жидкости, то надо полагать, что и состав этой жидкости, в свою очередь, регулируется ими, т. е. что перед нами бигулятор. При большой легкости распада и воссоединения белковые молекулы, действительно, должны быть способны регулировать состав жидкости; например, при убыли в ней растворенных аминокислот ниже нормального количества — прямо пополнять их за счет своего распада. Механизму ассимиляции белков в принципе подобен и механизм ассимиляции других коллоидов: жиров, сложных углеводов, например, крахмала в растениях, и пр. Двойственное строение коллоидов вообще заключает в себе условия, подходящие для двустороннего регулирования [5, ч. 2, стр. 123].

Формы централистические и скелетные

Можно выделить два универсальных типа систем, играющих исключительно большую роль как по своей распространенности, так и по тектологическому значению. Если пользоваться обычными терминами, расширяя, однако, их значение, то первый тип можно было бы назвать «централистическим», второй — «скелетным». Но оба термина слишком тесно связываются для нашего сознания с определенными социальными и биологическими формами. Поэтому Богданов вводит два новых обозначения — «эгрессия» и «дегрессия», — точнее соответствующие тектологической идее [там же, стр. 124].

Любая «централистическая связь» разлагается на более простые, ингрессивные связи, но эти связи все необратимы и сходятся к одному центральному комплексу, тектологическая функция которого, таким образом, существенно отличается от тектологической функции остальных. Связь такого рода и называется «эгрессией», т. е., по буквальному смыслу латинского слова, «выходящие из ряда». Тот комплекс, который имеет преобладающее влияние на другие, — как солнце в планетной системе, руководитель в группе людей, обобщающее понятие среди более частных или центральный нервный аппарат в организме животных, — является как бы выходящим из ряда; его различие от других есть «эгрессивная разность», а он сам по отношению к ним — «эгрессивный центр». Организационное значение эгрессии заключается в том, что она концентрирует определенные активности и тем самым «централизует» всю систему.

В непрерывной цепи перехода от зародышевой эгрессии к высшим ее ступеням эгрессивная разность постепенно возрастает,

система все более «централизуется». Это объясняется тем, что в благоприятных условиях среды центральный комплекс системы всегда обладает преимуществами перед остальными и поэтому при положительном отборе он быстрее, чем остальные, усиливается за счет среды. При отрицательном же отборе он, наоборот, отстает в процессе ослабления. Очевидно, что в обоих случаях эгрессивное различие между ним и остальными комплексами возрастает.

Главный, выше организованный комплекс эгрессивной системы Богданов называет «центральным» для нее, или просто ее центром; прочие — «периферическими», причем он имеет в виду только организационные отношения, совершенно не касаясь вопроса о пространственном положении. Например, в системе, состоящей из матери — беременной самки и ее еще не рожденных детенышей, центром эгрессии, конечно, является мать, а детеныши — «периферические», т. е. структурно более зависимые комплексы, хотя в смысле места взаимоотношения как раз обратное.

Разнообразны формы эгрессии, различны пути ее эволюции. Но, пользуясь введенными понятиями и наблюдая отношение эгрессивной системы в целом и отдельных ее частей к их среде, принципиально возможно установить тенденции системного развития, а значит — и предусмотреть или даже планомерным воздействием предопределить дальнейшую судьбу системы.

Эгрессия концентрирует активность. Может показаться, что при ее цепном развертывании эта концентрация не имеет границ. В действительности, однако, эгрессия по самой природе своей ограничена, цепь эгрессии не может развертываться звено за звеном, без конца. Между всяким высшим звеном и связанными непосредственно с ним низшими всегда должна существовать эгрессивная разность, означающая разный уровень организованности: переход от высшего звена к низшим соответствует *понижению организованности*, которое должно быть достаточно велико, чтобы эти низшие постоянно и устойчиво определялись высшим звеном в своих изменениях. Для бесконечного ряда звеньев потребовалось бы, следовательно, бесконечное число таких понижений. Но во всякой эгрессивной цепи, идя вниз от звена к звену, мы неизбежно достигаем такого, что при дальнейшем понижении организованности начинаются уже иные активности, не те, что характеризуют нашу эгрессию. Не исключено, разумеется, и то, что эти иные активности, в свою очередь, образуют цепь эгрессии, но это будет не прежняя, а новая цепь, другая система, со своими особыми соотношениями. Практически эта ограниченность выражается еще и в том, что по мере удлинения эгрессивной цепи ее низшие звенья все меньше и меньше определяются центральным комплексом. Это цепное ослабление связи кладет предел концентрирующей силе всякой данной эгрессии.

В том же направлении действует другой момент — накопление системных противоречий. Эгрессия есть частный случай дифференциации, организационного расхождения; чем она шире и дальше

развертывается, тем, значит, сильнее эта дифференциация со всеми ее последствиями; а одно из них, совершенно неизбежное, есть развитие системных противоречий. Способ разрешения системных противоречий для эрессии принципиально тот же, как и для других форм расхождения, а именно — контрдифференциация.

В эрессивных системах возможны и иные противоречия, зависящие не столько от дифференциации, сколько от ее неполноты; они наблюдаются в случаях «многоцентриа». Стройно организованная эрессия характеризуется *одним* общим центром, но на деле нередко встречаются системы с двумя или более главными центрами, с параллелизмом связей каких-нибудь низших центров, словом, не соответствующие принципу *единоцентриа*. В них проявляются неуравновешенность, противоречия, дезорганизация.

Чем пластичнее в организационном отношении комплекс, тем больше в нем образуется комбинаций при всяких изменяющих его условиях, чем богаче материал отбора, тем быстрее и полнее его приспособление к этим условиям. Если жизнь побеждает мертвую природу, если нежный человеческий мозг господствует над огнем и сталью, то именно благодаря своей пластичности. Тектологический прогресс, основанный на пластичности, ведет к *усложнению* организационных форм, ибо в них накапливаются приспособления к новым и новым изменяющимся условиям. Усложнение в свою очередь, благоприятно для развития пластичности, так как увеличивает богатство возможных комбинаций. Поэтому, в общем, чем выше организация, тем она и сложнее, и пластичнее. Но здесь есть и другая сторона: параллельно с этими положительными чертами возрастает одно, тоже весьма важное, отрицательное свойство — «нежность» или «уязвимость» организации. Подвижность элементов допускает и относительно легкое разрушение связей между ними; а сложность внутренних равновесий системы означает также их сравнительную неустойчивость. Яркая иллюстрация — человеческий мозг. Здесь перед нами одно из типичнейших тектологических противоречий: возрастание организованности по одним направлениям достигается за счет ее уменьшения по другим. Выходом из этого положения является возникновение скелетных структур, депрессии.

Человек обладает наружным скелетом (из роговой ткани — эпидермы и лежащей под нею волокнистой ткани — кожи) и внутренним скелетом — из костей. Внутренний и наружный скелеты биологически замещают друг друга у разных животных; например, у насекомых хитиновая оболочка, у большинства моллюсков раковина делают излишним центральный скелет, но у некоторых, например, у каракатиц, он есть. Вообще самое разграничение центральной и периферической депрессии возможно только для систем пространственно-непрерывных и устойчивых по геометрической форме, каковы организмы; для систем же, например, социальных оно большей частью и не может быть установлено или принимает характер переменного соотношения.

Не надо представлять скелетные комплексы непременно как более прочные или твердые в механическом смысле. Когда преследуемая каракатица окружает себя облаком чернильной жидкости, делающей воду непрозрачной, — это тоже временный наружный скелет каракатицы. Такого же рода «наружным скелетом» является у некоторых животных окружающая их зона специфического, отвратительного для других животных запаха.

«Скелетные» формы в области жизни образуются за счет организационно низших группировок, выделяемых, дезассимилируемых пластичными комплексами. Пластичность и прочность свойственны, однако, хотя и в разной мере, всем ступеням организации. Поэтому Богданов и заменяет очень привычное, но зато узкое обозначение «скелетных форм» новым термином «депрессия», по латыни — «схождение вниз». Депрессия есть организационная форма огромного положительного значения: только она делает возможным развитие пластичных форм, фиксируя, закрепляя их активности, охраняя нежные комбинации от грубой их среды [там же, стр. 162].

Отсюда гигантская широта применения депрессии в сфере техники и в органическом мире. Но и в неорганической природе твердое ложе озера или русло реки можно рассматривать как естественный сосуд для воды, охраняющий форму пластичного жидкого комплекса. Даже поверхностный слой жидкостей с его особыми механическими свойствами, делающими из него как бы натянутую упругую пленку, выполняет аналогичную функцию. Чрезвычайно важный и интересный случай депрессии представляют разного рода символы, в частности, наиболее из них типичный и распространенный — слово. Символы *фиксируют*, т. е. скрепляют, удерживают и охраняют от распада живую, пластическую ткань психических образов, совершенно аналогично тому, как скелет фиксирует живую, пластичную ткань коллоидных белков нашего тела.

Каждая депрессивная система состоит, как выяснено, из двух частей — пластичной, т. е. выше организованной, но менее устойчивой по отношению к некоторым разрушительным воздействиям, и скелетной, т. е. ниже организованной, но более устойчивой. Пусть вся система находится в условиях положительного отбора; как она будет изменяться? Если нет никаких специальных условий, особенно благоприятных для скелетной части, то, очевидно, процессы роста и усложнения будут сильнее и быстрее совершаться в пластичной части, как выше организованной, более способной к ассимиляции; скелетная, менее к ней способная, должна только *отставать*. Их прежнее равновесие, следовательно, нарушается: «скелет», связывая пластичную часть системы, стремится удержать ее в рамках своей формы, а тем самым — задержать ее рост, *ограничить* ее развитие.

Этот теоретический вывод вполне оправдывается в действительности. Так, для человека именно костный скелет является

основной причиной остановки роста всего тела. Наружные скелеты, хитиновые, роговые покровы у многих насекомых, ракообразных, позвоночных, отставая в процессе роста от пластичных тканей, начинают жизненно стеснять их; тогда эти оболочки должны разрываться и сбрасываться, заменяясь новыми, более просторными, что обыкновенно и происходит периодически. Особенно важный и интересный случай представляет социальная депрессия. По мнению Богданова, природа языка, идей и норм — депрессивная, скелетная, со всеми необходимыми чертами [там же, стр. 171]. Так, слово не только закрепляет живое содержание, но своим консерватизмом стесняет его развитие. Привычная, но устаревшая терминология часто служит большим препятствием к прогрессу науки, мешая овладеть новым материалом, искажая самый смысл новых фактов, которых не может со всей полнотой и точностью выразить. Но еще ярче выступает это противоречие в развитии более сложных комплексов — идей, норм и их систем. Термин «окостенение догмы», применяемый и к религиозным, и к научным, и к юридическим, политическим, социальным доктринам, недаром заимствован из физиологии скелета: их отставание в процессе развития от живого содержания жизни, их задерживающая роль тектологически такова же, как роль всякого скелета [там же, стр. 172].

Таким образом, в развитии депрессии противоречия тектологически неизбежны, они вытекают из ее существа. Но, понимая их значение и закономерность, можно сводить их к наименьшей величине, растрату активностей ограничивать рамками безусловно необходимого. Консерватизм депрессии есть именно то условие, которое в процессе развития мирового, биологического, социального, делает необходимой смену форм и порождает постоянное их искание, стихийное или сознательное [там же, стр. 180].

С широко-теоретической точки зрения и эгрессия и депрессия — частные случаи асимметричной связи, т. е. всецело лежат в пределах принципа системной дифференциации. Положение, согласно которому «эгрессивная разность в однородной среде возрастает», есть, очевидно, частный случай принципа расхождения. Когда две части системы приобрели достаточную раздельность и различаются между собой по *организационному уровню*, то их расхождение возрастает, пока среда одинакова для них благоприятна или одинаково неблагоприятна: чтобы изменить в другую сторону соотношение их уровней, требуются специальные воздействия извне, как требуются они для того, чтобы прекратить всякое иное расхождение.

«Ограничительная тенденция депрессии» находится в такой же связи с принципом расхождения: она есть не что иное, как расхождение двух частей единой системы по *степени их пластичности*. Как в первом случае неодинаковый исходный уровень организации, так здесь неодинаковая пластичность частей системы обуславливает неравное влияние среды — не в равной мере ути-

лизуются ее благоприятные моменты, не в равной мере проявляется отрицательное действие неблагоприятных факторов.

Таким образом, эти два организационные типа отнюдь не противоположны один другому. В самом деле, эгрессивный центр далеко не всегда более пластичен, чем его периферия; закрепленные активностей не противоположно их концентрированию, а нередко, напротив, является для него необходимым условием. Соотношение обоих типов лучше всего выясняется там, где они реально соединяются, как в случае авторитарных форм социальных комплексов [там же, стр. 181]. Сочетание эгрессии с депрессией являет собой и корабль, эгрессивно подчиненный в своем движении экипажу с капитаном во главе, депрессивно же заключающий в себе, как вешнем скелете, и капитана, и экипаж, и пассажиров и ценные грузы. Все комбинации сводятся к двум типам: либо депрессия идет параллельно с эгрессией и служит для ее закрепления, либо та и другая относятся к разным специфическим активностям, которые тогда надо точно установить и разграничить.

Какого же рода связь между мировой эгрессией и мировой депрессией? Легко видеть, что это — параллелизм. Мировая эгрессия развертывается в последовательном подчинении природы человечеством; мировая депрессия закрепляет каждый шаг этого процесса, определяя и фиксируя его в пространстве и времени [там же, стр. 187].

Эгрессия и депрессия разлагаются на несколько ингрессий с необратимой связью. Резюмируя их взаимоотношение, можно сказать: ингрессия собирает организуемое содержание, эгрессия его концентрирует, депрессия фиксирует [там же, стр. 188].

Пути и результаты отбора

Механизм отбора универсален, действует повсюду и во всякий момент; другими словами — всякое событие, всякое изменение может рассматриваться с точки зрения отбора — как сохранение или умножение одних активностей, упрочение и усиление одних связей, устранение, уменьшение, ослабление, разрыв других в том или ином комплексе. Можно с уверенностью сказать, что ни один вопрос структурного развития, от общемирового до атомного, не может быть сколько-нибудь точно разрешен помимо этого универсального, проходящего по всем ступеням бытия применения идеи отбора [там же, стр. 190]. Одним из важных выводов из этого является принцип «цепного отбора». Пусть имеется сложный комплекс под воздействием определенной среды, которая так или иначе его изменяет; изменения эти непрерывно регулируются отбором. Разложим взятое нами целое на части по такому способу: выделим «пограничные элементы», которые в первую очередь связаны со средой, затем те, которые ближайшим образом связаны с этим

первым рядом и т. д., как бы «послойно», двигаясь снаружи внутрь. Так как фактором отбора является среда, то очевидно, что ее преобразующее действие скажется в первую очередь на пограничном «слое» системы, который и должен непосредственно «приспосабливаться» к среде, понимая термин в самом широком, не только биологическом смысле. Этот первый ряд изменений представляет воздействие для второго «слоя», тот — для третьего и т. д. до элементов, тектологически наиболее внутренних, наиболее косвенно испытывающих воздействие извне на систему. Такая последовательность отбора в сложных системах, от тектологически пограничных группировок и связей к тектологически внутренним, и обозначается как «цепной отбор».

Встречаются громадные различия в степени изменчивости среды и потому есть основания сопоставлять условия отбора в средах относительно консервативной и изменяющейся. Ясно, что *направление отбора*, от которого зависит выработка форм, в среде консервативной является сравнительно устойчивым; в среде меняющейся оно, напротив, непостоянно. Это неизбежно сказывается на тектологическом типе и характере создающихся форм. Чем консервативнее обстановка, чем длительнее действие отбора по одним и тем же, неизменным направлениям, тем более совершенно и закончено соответствие вырабатываемых форм с этой именно обстановкой, тем полнее достигается их равновесие с ней. Но при этом само их строение с необходимостью оказывается консервативным, лишенным пластичности. Высшая степень соответствия данной среде означает несоответствие всякой иной среде, поэтому в такой же степени разрушительными должны явиться всякие последующие изменения в обстановке, если они пойдут относительно ускоренным темпом.

Таким образом, комплекс, отбор элементов которого происходит на относительно консервативной основе, тем менее способен устойчиво сохраняться или развиваться, чем более изменчива его среда. В биологии, а также в социальной психологии принимается существование «консервативных типов», погибающих при ускорении темпа изменений в их окружающей среде. Наоборот, чем значительнее изменчивость основы отбора, тем больше возможная *разнородность* элементов вырабатываемого отбором комплекса. Разнородность еще не означает дезорганизованности, но она всегда означает увеличение сложности внутренних отношений системы и понижение их устойчивости. Это, конечно, необходимое условие пластичности системы в изменяющейся среде. Но когда разнородность усиливается, то сложность и неустойчивость, возрастая, с известного момента начинают перевешивать организационную связь и единство системы, которая становится неустойчивой как целое; сумма ее активностей и сопротивлений в среде понижается; разнородность переходит в дезорганизованность. В этом жизненная слабость данного типа организации. Он, вообще, совершеннее по основной структуре, чем «консервативные типы»,

но в тектологическом опыте всякое совершенство является ограниченным, имеет свою отрицательную сторону.

Особая проблема — отношение положительного и отрицательного отбора. Положительный и прогрессивный отбор означает увеличение суммы активностей, организованных в форме данного комплекса, при сохранении его структуры, способа организации. Это увеличение происходит за счет окружающей среды. Отрицательный прогрессивный отбор означает уменьшение суммы активностей комплекса при сохранении или разрушении его структуры. Отбор в обеих формах сводится к некоторой сумме конъюгационных или дезингрессионных актов. При этом первичная их группа имеет определенное направление — знак плюс или минус; производная может заключать процессы обоих знаков. По своим организационным результатам обе формы отбора полностью противоположны. Положительный отбор увеличивает количественную устойчивость форм; при этом он повышает сложность и неоднородность их строения, а тем самым понижает их структурную устойчивость. Отрицательный отбор уменьшает количественную устойчивость, упрощает строение, изменяя его в сторону однородности, и в результате увеличивает структурную устойчивость.

Развитие жизни характеризуется образованием бесчисленных форм, из которых минимальная доля сохраняется, а остальные гибнут. Здесь и выступает всего нагляднее неравенство положительного и отрицательного отбора: в первом всегда есть возможность его продолжения, второй постоянно обрывается, сам себя истощая. Количественный перевес на его стороне огромный, и все-таки сумма организованности возрастает. Отсюда же вытекает всеобщая *необратимость* процессов природы. Отрицательный отбор идет везде и всюду; то, что он берет, уносится им бесповоротно; поэтому в природе непрерывно образуется новое в новых условиях. Следовательно, другой стороной этой необратимости является неисчерпаемость творчества.

Кризисы форм

Под кризисом автор «Тектологии» понимает «смену организационной формы комплекса» [5, ч. 3, стр. 12]. Любая организационная форма представляет собой *совокупность связей между элементами*. Следовательно, смена формы может состоять либо в уничтожении каких-то прежних связей, либо в возникновении новых, либо в том и другом вместе. Но это и значит, что сущность кризисов заключается в *образовании или нарушении полных дезингрессий*.

Существует два основных типа кризисов. Одни кризисы возникают из нарушения полных дезингрессий, следовательно, разрыва тектологических границ и образования новых связей; другие, напротив, из образования полных дезингрессий и создания

новых границ там, где их не было, т. е. из разрыва связей. Первый обозначается как «кризисы *C*», т. е. конъюгационные, соединительные; второй — как «кризисы *D*», т. е. дизъюнктивные, разделительные. Каждый реальный кризис представляет собой цепь элементарных кризисов того и другого типа. При этом полюсы всякого кризиса одинаковы по своей схеме: исходный пункт всегда *C*, конечная фаза всегда *D*.

Кризис есть нарушение равновесия и в то же время процесс перехода к некоторому новому равновесию. Это последнее может рассматриваться как *предель* происходящих при кризисе изменений, или как *предель его тенденций*. Если нам известны тенденции кризиса и те условия, в которых они развертываются, то познается возможность заранее предвидеть конечный результат кризиса — то *предельное равновесие*, к которому он тяготеет.

Все выводы и предвидения относительно предельных равновесий предполагают, конечно, определенную закономерность, господствующую над наблюдаемыми процессами образования и преобразования форм. Закономерность эта может быть выражена так: чем более, в двух разных случаях, сходна совокупность элементов и среда, в которой они находятся, тем более велика вероятная степень схождения предельных равновесий, к которым тяготеют в обоих случаях процессы, формирующие и регулирующие группировки и отбор [там же, стр. 23]. Иными словами: чем более одинаков организационный материал и условия, на него воздействующие, тем более схождения следует ожидать в образующихся из него организационных продуктах. Не надо, однако, слишком упрощенно понимать эту схему. Она выражает *организационную тенденцию*, которая всегда имеется налицо, но далеко не всегда воплощается в конечном результате, потому что может быть замаскирована или парализована другими тенденциями, вытекающими из конкретной сложности условий.

Понятие предельного равновесия относительно, так как законченных форм и остановки на них в природе не бывает. Мы называем структуру взрослого организма предельным равновесием, к которому тяготеет развитие зародыша, и это вполне закономерно. Но это не мешает тому, что взрослая форма есть исходный пункт процессов жизненного упадка, и сама тяготеет, следовательно, к еще более устойчивому предельному равновесию в результате смерти и разложения, — к равновесию неорганических тел. На пути к предельному равновесию часто наблюдаются закономерные промежуточные формы, которые можно рассматривать как относительные предельные равновесия для определенной части изучаемого процесса. Например, группа радиоактивных тел, образующая семейство урана, есть последовательный ряд химических элементов, получающихся один из другого, существующих более долго или более короткое время. Относительно предельными равновесиями являются и личиночные формы у животных, проходящих метаморфозы.

В тех случаях, когда конъюгируют две сходные системы, например, две капли чистой воды, конечный результат представляет наибольшее сходство с каждой из образующих форм: та же капля воды, только большего размера. Но если сливающиеся капли состоят из растворов соды и соляной кислоты в эквивалентных количествах, то процесс усложняется химической конъюгацией, происходит целый ряд реакций. Конечный результат значительно отличается в этом случае от исходных капель: капля раствора третьего вещества плюс еще некоторое количество рассеявшегося газа. Если, наконец, конъюгантами являются восстановительные и окислительные группировки, различие которых доходит во многих отношениях до химической противоположности, то предельное равновесие, в виде разлетевшихся в атмосфере газов, еще резче отличается от начальных форм. Кризис в этом случае, развиваясь лавинообразно, приходит к взрыву, к «уничтожению» первоначальных организационных форм. Конечно, впечатление «полного разрушения» всегда зависит от ограниченности наших способов восприятия. Существо, которое «видело бы» атомы, совершенно иначе воспринимало бы картину взрыва, гораздо проще и целостнее, без кажущегося нарушения непрерывности.

Взрывной тип кризисов обладает особыми чертами. Взрывные комплексы всякого рода представляют так называемые ложные равновесия. Это значит, что те процессы, которые протекают в форме взрыва, пли и до него, но настолько медленно, что не улавливались обычными способами наблюдения. Так, смесь двух объемов водорода и одного объема кислорода, гремучий газ, от искры «мгновенно» превращается в водяной пар, с огромным выделением теплоты; но это превращение понемногу происходит и без искры, в обыкновенных условиях, хотя для этого и нужны многие миллиарды лет. Таким образом, во взрывных комплексах роль толчка, непосредственно вызывающего взрыв, сводится к ускорению темпа уже идущих процессов.

Лавинообразный ход взрывных кризисов зависит от того, что те активности, которые при нем освобождаются, сами освобождают такие же активности в смежных частях системы. Взорвавшаяся частица шкриновой кислоты взрывает соседние; взбунтовавшийся член коллектива, находящегося в социальном напряжении, поднимает на бунт других, и т. п. Когда освобождаемые в кризисе активности несравнимо превосходят энергию первоначального толчка, наблюдается то, что называют независимостью силы и размеров кризиса от вызывающего агента, лишь бы он был достаточен.

Противоположностью взрывному типу кризисов является тип «замирающий» [там же, стр. 38]. Примером могут служить обратимые химические реакции, скажем, соединение одного из спиртов с кислотой. Когда реакция только начинается, она вся идет в одну сторону — образование эфира, но по мере того, как появляется и увеличивается его количество, возникает и усиливается

противоположный процесс, который, складываясь с первым, дает его видимое прогрессивное замедление. Так дело идет, пока оба процесса не уравниваются вполне и не парализуют друг друга, а система достигнет предельного равновесия. Оно принадлежит к числу тех, которые в физико-химии принято называть «истинными равновесиями» и к которым применим принцип Ле Шателье. Все случаи применимости принципа Ле Шателье могут, в свою очередь, рассматриваться как кризисы *C* «замирающего типа». Замирающий тип кризисов *C* бесконечно распространен в природе: он охватывает весь мир вибраций и задержанных движений.

Замирающий ход кризиса основан на двусторонности и обратимости процессов. Он поэтому существенно изменяется, если одна из двух его сторон сводится к нулю. Так, если из поля соединения спирта и кислоты удаляется весь вновь образующийся эфир, то процесс не задерживается противоположным превращением и идет до конца, пока не получится то количество эфира, для которого имеется материал. Это, однако, не «лавинный» тип кризиса, так как в нем нет самоускорения. Его Богданов называет «средним типом» [там же, стр. 40]. К нему относятся в большинстве полные химические реакции, а также иные, подобные им по ходу, конъюгации. Так, если наступающей армии удастся по частям разрушать силу противника в такой мере, что это не компенсируется благоприятными для него моментами, т. е. если противодействие устраняется из поля этой «реакции», то она может идти до конца по среднему типу.

Перейдем к анализу кризисов *D*. Пусть имеется однородный комплекс устойчивой структуры, например, кусок твердого металла, который тем или иным способом разделяется пополам. На месте разреза в каждом из двух кусков получается новый «пограничный слой». А пограничный слой находится уже в совершенно иных условиях и приобретает соответственно иные свойства, чем прежде, когда он занимал внутреннее положение. Процесс этого изменения образует вторую стадию кризиса. Начинаются усиленные, по сравнению с прежними, процессы отбора, направленные в сторону приспособления новой пограничной части комплекса к изменившимся для нее условиям. Поскольку среда комплекса в целом остается прежняя, постольку можно ожидать, что эти процессы будут приводить «к схождению» новой пограничной части с имевшимися раньше такими же. А далее структурные изменения неизбежно распространяются от нового пограничного слоя сначала на ближайший к нему внутренний, затем на следующий и т. п. Это — третья стадия преобразования, которая и должна привести к предельному равновесию. Скорость достижения предельного равновесия зависит от *пластичности* комплексов, а степень сходства с первоначальной формой — от *однородности* организационного материала. Однородность материала разделенных комплексов не исключает какой угодно его сложности.

Понятие кризиса, т. е. структурного преобразования орга-

низационной формы, для тектологии универсально. Всякое изменение, когда познавательный интерес сосредоточен именно на нем, на различии форм в его начале и конце, должно рассматриваться как особый кризис. Всякая «непрерывность» может быть разбита анализом в бесконечную цепь кризисов. Из универсального понятия о кризисах вытекает еще одно важное следствие: вывод о кризисах разных «степеней» или «порядков». Можно говорить о кризисах первого, второго и т. д. порядка [там же, стр. 66].

Диалектика процессов организации

Пусть образуются какие-нибудь новые группировки тех или иных элементов. При этом связи между элементами могут получиться различные, как по своему типу, так и по степени устойчивости. Судьба этих группировок может быть также очень различной. Но пусть организационный процесс идет дальше. Образовавшиеся группировки развиваются, притом в некоторой взаимной связи; а если так, то их неизбежное *расхождение* направляется, как мы знаем, в сторону *дополнительных соотношений*, ибо регулирующей механизм отбора поддерживает такого рода изменения, поскольку они увеличивают структурную устойчивость группировок. Наступает второй момент — *фаза системных дифференциаций*. Дополнительные соотношения могут создаваться по разным направлениям, но каждое из них, если его выделить в познании, легко выражается в виде определенной тенденции, «поляризующей» систему в две стороны. Сама по себе фаза системных дифференциаций не завершает организационного процесса, хотя он, конечно, иногда на ней и прекращается, путем, например, распада всей системы. Настоящее завершение достигается через устранение тех противоречий, которые присущи системному расхождению вообще. Чем шире и глубже конъюгационный базис данной группировки элементов, тем меньше дезорганизующая роль частичных расхождений, тем больше они сводятся к дополнительным связям, укрепляющим целое. Это — *фаза системной консолидации*. Консолидация достигается путем конъюгации, проходящей через возникающие системные расхождения, путем, следовательно, *контрдифференциации*. В ее процессе механизм отбора усиливает и закрепляет устойчивые, повторяющиеся соотношения, ослабляет и разрушает неустойчивые, случайные; элементы и группировки, стоящие в противоречии со связью целого, отрываются, выделяются из него; целое «консолидируется».

В первой фазе организационный акт намечается кризисами *C*. Во второй он развертывается на основе кризисов *D*, за которыми во всяком системном расхождении могут следовать, переплетаясь с их рядом, производные кризиса *C*. В третьей он завершается целостным оформлением системы на основе кризисов *C*, с производными *D*. Те же три фазы при исследовании обнаруживаются во всяком организационном процессе природы, во всяком органи-

зационном акте человека. Эта формула трех фаз может применяться не только к собственно организационному акту, а ко всякому тектологическому переходу форм, к *«тектологическому акту»* вообще.

Как в практике, так и в познании процессы отбора, управляющие развитием из второй фазы (системной дифференциации) в третью (системной консолидации), могут чрезвычайно сокращаться и ускоряться при наличии раньше сложившегося механизма «метода». Различные механизмы отбора принадлежат все к типу «отливочной формы», таковы по существу и механизмы «метода». Это определенные, устойчивые группировки прежнего опыта, которые для вступающего вновь материала играют роль как бы направляющих каналов, по которым он должен вливаться в систему [там же, стр. 81].

Одна из проблем организационной диалектики — проблема структурного прогресса и регресса. Простейшие критерии для них связаны с понятиями количественной и структурной устойчивости. Организованность повышается количественно, когда в рамках данной формы, при данной ее структуре, объединяется, накапливается более значительная сумма элементов-активностей. Структурно организованность повышается тогда, когда в рамках системы ее активности соединяются с меньшими дезинтессиями. Количественное повышение организованности может идти рядом со структурным ее понижением, и обратно. Практически та или иная сторона превалирует, и вопрос о «регрессе» или «прогрессе» решается принципиально просто.

Когда вопрос ставится о прогрессе форм в более общем смысле, то организационная задача выступает в еще гораздо менее определенном виде, приходится принимать в расчет самые различные сопротивления, не только по величине, но и по характеру. Понятно, что и возрастание суммы активностей данного комплекса, и гармонизация их связи, т. е. уменьшение внутренних дезинтессий, позволяют в более значительном масштабе преодолевать разрушительно направленные активности сопротивления среды. Но так как тут существенна и самая форма этих враждебных моментов среды, то приходится оценку относить не ко всем возможным случаям, а только к наиболее постоянным, повторяющимся условиям среды с их типическими, наиболее вероятными изменениями.

Нередко бывает так, что в живом комплексе, например, в организме, одни группировки элементов развиваются по количеству связей, другие же регрессируют, или остаются в прежнем виде, или тоже развиваются, но не вполне параллельно, а отставая от первых. Случай такого рода ставит перед нами другой вопрос. В природе нередко встречается приспособление к *суженной обстановке* путем так называемой редукции. Это, конечно, тоже результат отбора, приспособления, выгодный для данных видов в их борьбе за жизнь. Но можно ли признавать это организационным прогрессом? Для точного ответа надо принять во внимание связь между

формой и средой не данного только момента, а во всем историческом их развитии.

Тогда окажется, что *мировая* среда вообще *изменчива*; а ею, в конечном счете, определяется конкретная среда всякой данной формы. Поэтому, если понятие прогресса означает такой характер развития, который обуславливает *победы* данной формы над ее средой — не одну частную победу, а победы вообще, возрастающую возможность завоевания элементов среды, — то это понятие должно относиться к условиям *изменяющейся* среды. Правда, изменения могут быть бесконечно разнообразны, и никакой тектологический прогресс не приспособляет форму ко всем возможным изменениям, но он должен приспособлять ее к типическим, *наиболее повторяющимся*, наиболее вероятным изменениям среды. Разумеется, для различных частей мировой среды типические изменения могут быть различны. Однако для них легко установить одну общую черту, тем более постоянную, чем в большем масштабе времени среда берется. Это — *расширение* среды, равносильное также ее *усложнению*.

Систематический, устойчивый прогресс разумеется как *завоевание* среды; а оно означает углубление, проникновение в ткань ее комплексов, увеличивающее сумму соотношений с нею и их разнообразие, что и выражается терминами «расширение», «усложнение» среды. Редуцирующее развитие приспособляет систему к среде *суживающейся*, т. е. к некоторым временным и частным условиям, а не к типическим изменениям. Но тем самым предопределяется, в общем, неприспособленность к среде расширяющейся, типически-изменчивой. Это, очевидно, структурный регресс. Он, без сомнения, часто сопровождается количественным прогрессом, но лишь временным и частичным.

Итак, приспособление к суженной среде само по себе должно рассматриваться как структурный регресс, потому что ведет к сокращению организационных возможностей.

Вопрос о прогрессе организованной формы в ее сложной изменчивой среде не репается, следовательно, простой констатацией того, что сумма элементов данной формы возросла или что дезинтессия в отдельных ее группировках уменьшилась. То и другое можно назвать «элементарными фактами прогресса», количественного и структурного. Затем еще должен быть решен вопрос о соотношениях этих элементарных фактов, т. е. находятся ли они в организационном соответствии между собой, в «гармонической» связи; их дисгармония есть момент общего структурного регресса. И, наконец, даже в рамках гармонии между ними остается вопрос о расширении или сужении возможностей дальнейшего тектологического развития. Фактически первое выражается в возрастании многообразия и разносторонности группировок; второе — в их уменьшении, причем последний случай есть также момент регресса. «Чистый» прогресс, не связанный с регрессивными моментами, есть лишь предельное понятие, тектологическая схема.

В действительности эти моменты всегда приписываются к прогрессу, и дело только в соотношениях двух сторон, в большей или меньшей степени перевеса одной над другой.

Таковы основные положения «Тектологии» А. Богданова. Естественно, что данное нами изложение их не может не быть субъективным. Мы излагали относительно подробнее те разделы и положения, которые казались нам более актуальными с точки зрения современной науки.

В свое время идеи богдановской тектологии не получили широкого распространения и большинством не были поняты. Но было бы неправильно думать, что «Тектология» А. Богданова потерпела неудачу главным образом из-за философских ошибок ее автора. Ведь не помешали же философские воззрения Эйнштейна и Винера торжеству теории относительности и кибернетики. Причину нужно искать скорее в господствующем интеллектуальном климате времени, когда даже среди наиболее передовых представителей естествознания не было ясно осознанной потребности в изучении универсальных типов структур и систем и универсальных принципов организации. Конечно, тенденция к обобщению научных методов и установлению универсальных принципов существовала всегда, но она не захватывала сколько-нибудь широкий круг исследователей. Положение резко изменилось лишь в 40-х и особенно 50-х годах XX в., когда рождение кибернетики убедительно показало плодотворность сближения и синтеза принципов и методов самых различных научных дисциплин.

Уже у Н. Винера можно найти немало идей, общих с тектологией, но особенно близок к тектологии У. Росс Эшби, которого объединяет с Богдановым абстрактность подхода к предмету исследования, явная общность (вплоть до поразительных совпадений) вводимых понятий и даже манера изложения материала, не говоря уже о близости самого предмета исследования. Как и А. Богданов, Эшби придает большое значение отбору, рассматривая его в плане эволюции живого и в плане поведения любой системы. Но у Богданова богаче разнообразие форм отбора и глубже анализ этих форм. Использование анализа форм отбора, произведенного А. Богдановым, в современной биологии, по-видимому, было бы плодотворным. Очень сходно обоснование А. Богдановым и Эшби изоморфизма систем как предпосылки для моделирования. «Они одинаково широко понимают обратную связь», — пишет М. И. Сетров [39, стр. 61—62]. К этому можно добавить, что «теорема вето» Эшби представляет формализованный «принцип наименьших». Особенно тектологична книга Эшби «Конструкция мозга» [58].

Распространение идей кибернетики и «общей теории систем» Бергаланфи, о которой речь пойдет дальше, подготовило интеллектуальную почву для «вторичного открытия», казалось, полностью и надолго забытой «Тектологии» А. Богданова. Одним из первых оценил тектологию польский ученый Тадеуш Котарбинский [68, стр. 17], создатель «праксеологии» (имеющей

много общего с тектологией). Позднее тектология стала получать ту или иную степень признания также со стороны ряда других авторов (Уемов [45], Тахтаджян [42], Сетров [38], [39], Боголепов [7], Блауберг, Садовский и Юдин [3], [4], Малиновский [26], [27], [29] и др.). Как совершенно правильно пишет В. П. Боголепов [7, стр. 43], «говоря о труде Богданова, надо особо подчеркнуть ряд утверждений автора, не только переключившихся с основами кибернетики, но свидетельствующих о том, что он частично заглядывал дальше, нежели впоследствии официальные зачинатели этой науки (Н. Винер и др.)». Авторы работы [4, стр. 13] справедливо считают тектологию Богданова первой серьезной попыткой системного подхода в науке: «Исследования, проведенные уже в наши дни, показали, что многие важные идеи и принципы кибернетики, сформулированные Н. Винером и особенно У. Росс Эшби, значительнее раньше, хотя часто в несколько иной форме, были выражены А. А. Богдановым. В еще большей мере это относится к «общей теории систем» Л. фон Бергаланфи, идеяная часть которой во многом предвосхищена автором тектологии. В частности, именно А. А. Богданову принадлежит первая в истории науки формулировка всеобщего значения принципа организованности, опирающаяся на попытки его широкого обоснования данными естественных и общественных наук». Наконец, как пишет М. И. Сетров [39, стр. 59], «многие общетеоретические проблемы системного подхода разработаны А. Богдановым полнее и более строго, чем в современной теории систем и кибернетике». Все это, несомненно, правильно, и тем досаднее, что тектология столь долгое время оставалась вне поля зрения.

«Общая теория систем» Людвига фон Бергаланфи

По-видимому, независимо от А. А. Богданова (несмотря на изданный в Берлине немецкий перевод двух первых частей «Тектологии») к сходным идеям пришел известный биолог Людвиг фон Бергаланфи. Основную идею своей «общей теории систем» он выдвинул еще в 1937 г. (через 8 лет после выхода в свет третьей части «Тектологии») в лекциях, прочитанных на философском семинаре в Чикагском университете. Но его печатные работы по общей теории систем начинают выходить лишь с 1947 г.

Как неоднократно подчеркивает Бергаланфи, эволюция современной науки характеризуется замечательным явлением независимого появления сходных общих идей и точек зрения в самых различных ее областях. Тенденция к построению обобщенных (генерализованных) теорий осуществляется в самых различных областях и самыми разнообразными путями.

Кроме общих аспектов и сходных точек зрения, мы находим в разных областях науки также формально идентичные или изо-

морфные законы. Как хорошо известно в физике, одни и те же дифференциальные уравнения применимы, например, к движению жидкостей, теплоты и электрического тока в проводках. Но, по мнению Берталанфи, значение этого факта и те возможности, которые он открывает вне области физики, едва ли учитывались*. Исходя из этого, Берталанфи приходит к выводу о существовании структурного соответствия, или логической гомологии, систем, независимых от их специфических особенностей, от природы составляющих их элементов и от действующих между ними «сил». В мире существует структурное единство, выражающееся в существовании изоморфных черт порядка на разных его уровнях. Именно поэтому мы находим изоморфные законы в самых разных областях науки.

Необходимость в науке, развивающей принципы и модели, общие для разных областей, часто подчеркивалась за последние годы, пишет Берталанфи [61, стр. 139]. Но в качестве примера он ссылается только на работы Винера по кибернетике, на «общую семантику» А. Кожыбского, на идею Scientific Generalists, выдвинутую Бодом и другими, и «многие другие публикации». По мнению Берталанфи, однако, ясная формулировка проблемы и систематическая ее разработка, по-видимому (apparently), никогда не были сделаны [там же]. Досадное заблуждение.

Эти соображения привели Берталанфи к постулированию новой, как ему казалось, научной дисциплины, названной им «общей теорией систем». Он рассматривает ее, с одной стороны, как логико-математическую область, содержанием которой является формулирование и дедукция принципов, действительных для «систем» вообще. Существуют общие принципы и законы систем, применимые к любым системам данного типа. Тот факт, что многие науки имеют дело с системами, приводит к формальному соответствию, или логической гомологии, в их общих принципах и даже в их специальных законах.

С другой стороны, общая теория систем есть одновременно и эмпирико-интуитивная дисциплина, которая сама по себе чисто формальна, но применима ко всем наукам, имеющим дело с системами. Под системой Берталанфи понимает «комплекс элементов, находящихся во взаимодействии». Изучение общих принципов разнородных систем ведет к интеграции науки, к ее единству. По мнению Берталанфи, «общая теория систем» должна дать логическое определение понятий «система», «организация», классифицировать основные типы систем и разработать математические модели для их описания. Берталанфи подчеркивает значение для современной науки понятия «организация» и стремится к созданию «общей теории организации», не учитывая того, что уже существовала «всеобщая организационная наука» А. А. Богданова.

* В действительности, как мы знаем, на значение как этого, так и многих аналогичных фактов указывалось задолго до выступлений Берталанфи.

Общая теория систем не является, как это подчеркивает Берталанфи, математикой. Она не представляет собой также поисков смутных и поверхностных аналогий между физическими, биологическими и социальными системами. Изоморфизмы, изучаемые общей теорией систем, есть следствие того факта, что в определенных аспектах соответствующие абстракции и концептуальные модели оказываются применимыми к разным явлениям. Но это не значит, что физические системы, организмы и общества суть одно и то же. Берталанфи говорит лишь о структурном сходстве теоретических моделей, применяемых в различных областях: все дело в изоморфизме структур разных уровней организации. Уместно напомнить в этой связи, что эта идея уже была прекрасно сформулирована автором «Тектологии», хотя и без употребления математического понятия «изоморфизм».

Очень важной задачей общей теории систем Берталанфи считает обобщение таких физических принципов, как закон наименьшего действия, принцип Ле Шателье или условия сохранения стационарных состояний и периодических колебаний, с целью их применения к системам вообще. Необходим, в частности, генерализованный принцип наименьшего действия, применимый не только к физическим системам, но и к системам любого рода, говорит Берталанфи [62, стр. 339], не зная, очевидно, о том, что эта проблема глубоко и разносторонне разработана в «Тектологии» Богданова. По мнению Берталанфи, для многих областей необходима также общая теория периодических процессов: проблемы затухания колебаний выступают в физике, в неврологии, в теории биосезонов, в теории экономических циклов и т. д. Вместе с тем такие проблемы и понятия, как прогрессивная механизация, централизация, индивидуальность, ведущая часть и т. д., чужды физике, но они являются основными для биологических и социологических областей и требуют точного анализа.

Существование общих законов сходных структур в разных областях позволяет использовать более простые или лучше известные системы как модели для систем более сложных или менее поддающихся изучению. Изоморфизм является, как указывает Берталанфи [62, стр. 339], основой для использования моделей и модельных концепций в науке. Фактически прогресс науки в значительной степени основан на удачных модельных концепциях. Поэтому общая теория систем должна явиться средством контроля и стимулирования применения модельных концепций и перенесения принципов из одной области в другую, она избавит от необходимости открывать дважды или трижды одни и те же принципы в разных изолированных друг от друга областях*. В то же время

* В первой части «Тектологии» А. Богданов подробно обосновывает «объединяющее» и «контролирующее» значение созданной им всеобщей науки о структурах и системах, а также значение сознательного перенесения принципов и методов из одной науки в другую.

за счет выработки точных критериев для установления изоморфизмов общая теория систем сумеет противостоять поверхностным аналогиям, которые бесполезны в науке и вредны по своим практическим последствиям [61, стр. 142]. Вообще Берталанфи строго различает поверхностные аналогии и логические гомологии, или изоморфизмы. Законы общей теории систем относятся к классу логических гомологий. Поэтому одной из важных задач этой теории является точное отграничение истинных гомологий, т. е. изоморфных структур и законов, от обманчивых аналогий.

Большое место в общей теории систем Берталанфи занимает понятие открытой системы. В физике теория открытых систем редет к формулированию некоторых новых положений и принципов. В биологии она объясняет многие характеристики живых систем, которые, казалось бы, находятся в противоречии с законами физики. Кроме того, точка зрения на организм как на открытую систему дает возможность установления количественных законов основных биологических явлений. Как совершенно правильно отмечает Сетров [38, стр. 58], теория открытых систем очень близка к теории подвижного равновесия автора «Тектологии», причем, как и Богданов, Берталанфи распространяет на все динамические системы принцип Ле Шателье.

Берталанфи рассматривает также вопрос об отношении общей теории систем к кибернетике. Кибернетику он считает лишь частью общей теории систем. Большая узость кибернетики по сравнению с теорией систем выражается в принимаемой ею машинной модели биологических явлений и в ограничении ее интересов замкнутыми системами. В этом отношении общая теория систем представляется более революционной, так как, во-первых, она отвергает картезианскую машинную теорию организма, а во-вторых, она основывается на концепции организма как открытой системы. Это влечет за собой другое следствие. Механизм обратной связи представляет собой в сущности одностороннюю причинную цепь. Это не изменяется даже в случае, который может быть назван сложной обратной связью, т. е. когда действуют не один, а несколько регулирующих механизмов, как, например, в системах управления судном. Во многих биологических регуляциях, однако, мы имеем взаимодействие многих или всех элементов, интегрированных в систему. Динамический порядок, не принимаемый во внимание кибернетикой [62, стр. 354], в действительности играет основополагающую роль и представляет более общий случай, чем регуляция по принципу обратной связи. В этом смысле обратная связь представляет собой важный, но специальный случай системного поведения [там же, стр. 360].

Интегративную функцию общей теории систем Берталанфи рисует следующим образом. Унификация науки мыслилась ранее через редукцию всех наук к физике. С точки же зрения Берталанфи единая концепция мира может быть основана не на лапласовской надежде свести в конце концов все уровни реальности к

уровню физики, но скорее на изоморфизме законов в различных областях. С точки зрения концептуального построения науки, т. е. с «формальной» точки зрения, это означает структурное единство образимых применяемых нами схем. С точки зрения «материальной» образимости это означает, что мир, т. е. сумма наблюдаемых явлений, обнаруживает структурное единообразие, проявляющееся в изоморфизме структур разных уровней. Таким образом, синтез наук достигается, по Берталанфи, не путем сведения всех наук к физике («редукционизм»), а на основе изоморфизма законов в различных областях («перспективизм»). Объединяющий принцип заключается в том, что мы находим организацию на всех уровнях [63, стр. 8]. По выражению экономиста Боулдинга, «общая теория систем есть скелет науки в том смысле, что ее целью является разработка основ или структур систем, на которые наращивается плоть и кровь отдельных дисциплин» [8, стр. 124].

Идеи и принципы общей теории систем развиваются многими последователями Берталанфи. Некоторые из наиболее важных работ содержатся в русском переводе в сборнике «Исследования по общей теории систем» (М., 1969). Здесь же упомянем только очень важную и интересную статью А. Холла и Р. Фейджина [67], в которой они дают определение системы и среды и вводят понятие «субсистемы»: каждая данная система может быть подразделена на подсистемы, т. е. имеется «иерархический порядок систем». Вводимые этими авторами понятия «прогрессирующей сегрегации» и «прогрессирующей систематизации» соответствуют системному расхождению («системной дифференциации») и «системной контрдифференциации» в «Тектологии», где они, на наш взгляд, проанализированы гораздо глубже и шире. То же нужно сказать о «централизации», «централизованных системах» и «прогрессирующей централизации» в статье Холла и Фейджина. Все эти вопросы уже были довольно детально разработаны во II томе «Тектологии» (глава «Формы централистические и скелетные»).

Таким образом, как формулировка предмета и задач «общей теории систем», так и ряд основных ее обобщений чрезвычайно близки к тектологии А. А. Богданова. Но в то же время общая теория систем менее разработана и уже, чем типология; так, в общей теории систем слабо развита тектология систем и нет концепции регулирующего механизма отбора.

Современные проблемы тектологии

Некоторые основные понятия

Понятие системы. Любой объект, будь то физический, лингвистический, художественный или концептуальный, можно рассматривать как некоторую систему, состоящую из более или менее взаимосвязанных элементов. Для тектологии системой является любое сочетание любых элементов, будь то солнечная систе-

ма, планета, молекула, атом, река, водопад, пламя, облако, организм, биоценоз, человеческое общество, научная теория, силлогизм, понятие, слово или морфема. При этом подразумевается, что элементы данной системы связаны между собой более тесно, чем с элементами, не входящими в нее. При таком очень широком понимании понятия системы даже куча камней или случайное скопление людей на улице могут рассматриваться как системы, хотя и чрезвычайно низко организованные. Как бы ни были слабы связи между камнями в куче, они все же менее слабые, чем связи с камнями, не входящими в данную кучу. Из такого определения следует, что любая система характеризуется некоторой, хотя бы даже очень слабо выраженной, обособленностью и некоторой относительной целостностью. Другими словами, система характеризуется некоторой степенью организованности*.

Понятие subsystemы. Любая система есть совокупность элементов. Элементы — компоненты объекта, на которые, в зависимости от задачи (практической или познавательной), нужно материально или концептуально расчленить систему. Они могут быть любого порядка сложности и любой степени соподчинения. Так, например, элементами организма можно, в зависимости от поставленных задач, считать органы, ткани или отдельные клетки. Как только любой из элементов системы потребуется расчлени дальше, он может в свою очередь рассматриваться в качестве системы, т. е. сочетания каких-либо элементов следующего порядка. Таким образом, элементы системы можно рассматривать как subsystemы. В то же время одна и та же совокупность элементов в одном случае может рассматриваться как система, а в другом случае, при решении других задач — как часть некоторой большей системы, в которую она входит (см. [25, стр. 19]). Этим определяется относительность этих двух элементарных тектологических понятий.

Структура. Любая система характеризуется некоторой, хотя бы даже очень слабо выраженной, структурой. Под структурой системы понимается совокупность существенных связей между ее элементами (см. [59, стр. 360]), т. е. тип и форма внутренней организации системы. Структура представляет собой инвариантный аспект системы ([32], [35])**. Любая система, которая может быть расчленена на subsystemы, имеет тем самым структуру. Соподчиненные классы subsystem последовательно включены один в дру-

* В этом смысле можно согласиться с Г. Кастлером, который пишет: «Системой называется организованное целое, состоящее из взаимосвязанных частей. Организация основана именно на существовании между ними взаимных связей» [17, стр. 40].

** «В понятии структуры как инварианта системы на различных ее уровнях легко усматривается связь с понятием симметрии. Именно понятие симметрии и открывает возможность перехода от формы знания к содержанию знания или от структуры знания к структуре реальности», — пишет Н. Ф. Овчинников [33, стр. 119]. Он несомненно прав, считая, что «поиски структурных инвариантов или, иначе, исследование структуры и симметрии природы становятся в современной науке не менее вдохновляющей задачей, чем поиски причины явлений» [там же, стр. 121].

гой, и структура имеет, следовательно, иерархический характер. Таким образом, систему можно рассматривать как множество подсистем. Полученное в результате расчленения (декомпозиции) множество всех подсистем будем (вслед за М. Тода и Э. Шуффордом [44, стр. 336]) называть D -множеством M -системы. Очевидно, существует столько же D -множеств данной системы, сколько способов ее расчленения (а способов расчленения существует, как правило, более одного). Отсюда определение структуры: «При данном D -множестве M -системы ее структура определяется как вся совокупность отношений между подсистемами, принадлежащими данному D -множеству» [44, стр. 345]. Это, несомненно, логически безупречное и наиболее содержательное определение одного из основных понятий тектологии. Но, как указывают авторы этого определения, необходимо подчеркнуть одно важное обстоятельство: «Невозможно осмысленно говорить о структуре, пока не указано и не осознано D -множество, с учетом которого определяются отношения. Так, например, структура человеческого тела, представленная в терминах отношений между мышцами, нервами, железами и т. д., может не удовлетворить спрашивающего. «Это я хорошо знаю. Я хочу узнать, как тело построено из клеток». — О, вы хотите узнать структуру тела на этом уровне. Пожалуйста...». Таким образом, структура системы зависит от того, какое из возможных D -множеств системы выбрано для описания структуры» [там же, стр. 345—346].

Структура M -системы остается инвариантной до тех пор, пока остаются неизменными отношения между подсистемами данного D -множества, причем они могут остаться неизменными даже при замене подсистем (например, частей машины или членов человеческого коллектива). Как и все тектологические понятия, понятие изменения структуры относительно. Так, структура научного института может не измениться с изменением числа сотрудников, но она изменится, если изменится число лабораторий (которые справедливо рассматриваются как основные «структурные единицы» научного института). Она может измениться даже при постоянном числе лабораторий, если изменится характер взаимоотношений между ними (слабо развитая ранее лаборатория может занять ведущее положение в институте и существенно изменить его научный профиль). Другой пример: даже небольшая рана меняет структуру организма на клеточном уровне, но не изменяет его структуру на органном уровне. «Все зависит от того, какое D -множество используется для рассматриваемой структуры» [там же, стр. 347].

Изоморфизм и гомоморфизм. Между самыми различными системами, имеющими разную физическую природу, сплошь и рядом наблюдается глубокая аналогия в структуре, т. е. в характере связей между элементами. Для описания этой аналогии лучше всего воспользоваться математическими понятиями изоморфизма и гомоморфизма.

Две системы (в математике — множества) называются изоморфными, если их элементы попарно взаимно однозначно соответствуют друг другу. При изоморфизме любому элементу x системы S соответствует один и только один элемент другой системы S^1 , а этому последнему (y) соответствует один и только один элемент x первой системы (взаимнооднозначное, или одно-однозначное, соответствие). При этом две системы изоморфны относительно отношений R и R^1 , т. е. если между какими-то элементами системы S существует отношение R , то соответственно элементы системы S^1 находятся в отношении R^1 , и наоборот. С абстрактной точки зрения изучение структуры двух изоморфных систем сводится к решению одной и той же задачи. Другими словами, любую систему объектов S^1 , изоморфную системе S , можно рассматривать как «модель» системы S и сводить изучение самых разнообразных свойств системы S к изучению свойств «модели» S^1 . Хорошим примером изоморфизма может служить аналогия между различными видами колебаний — механическими, акустическими, электромагнитными и другими. Во всех этих очень различных колебательных движениях есть глубокая изоморфность, что и является основой общей теории колебаний. Примерами изоморфных систем могут служить также негатив и позитив фотоснимка. В изоморфном соответствии друг с другом находятся также техническое устройство, его чертеж на бумаге и его модель; здание, его проект на бумаге и его макет; речь, ее запись на бумаге или на магнитной пленке, и пр. Между прочим, из этих примеров видно, что «степени изоморфности» (количество «совпадающих» элементов) могут быть очень различны.

В отличие от изоморфизма, гомоморфизм представляет собой такое соответствие между двумя системами, которое не является взаимнооднозначным. При гомоморфизме любому элементу x системы S соответствует элемент системы S^1 , причем, разным элементам системы S не обязательно соответствуют разные элементы системы S^1 (т. е. элементы могут «склеиваться»). Если изоморфизм можно сравнить с точным переводом, то гомоморфизм, по выражению Д. Пойя [35], есть своего рода систематически сокращенный перевод. Другими словами, при гомоморфизме аналогия между двумя системами меньшая, чем при изоморфизме, и одна из систем является как бы упрощенной копией другой (например, географическая карта по отношению к местности). Если рассматривать взаимнооднозначное соответствие как предельный случай соответствия, то изоморфизм можно считать частным случаем гомоморфизма. Поэтому любой пример изоморфизма можно рассматривать как пример гомоморфизма.

Изоморфизм различных систем, будь то «вещи» или процессы, позволяет моделировать эти системы, т. е. создавать их изоморфные аналоги. Модели могут быть физические, математические, логические, модели-представления и знаковые. Тектологическое понятие системы является логической моделью реальных систем.

Модель системы есть факторизация самой системы по множеству несущественных признаков, т. е. гомоморфное отображение данной системы. Согласно М. Месаровичу [30, стр. 19], абстрактную систему можно понимать «как некоторую абстрактную аналогию или модель определенного класса реально существующих систем. Тогда общую теорию систем можно рассматривать как теорию абстрактных моделей».

Моделирование имеет исключительно большое познавательное и практическое значение. Можно было бы привести многочисленные примеры использования моделирования для объяснения различных явлений природы (см. [52], [13]). Очень интересным примером физической модели является предложенное английским физиком Уильямом Бреггом моделирование расположения атомов в кристаллах при помощи мыльных пузырьков. Оказалось, что между характером расположения пузырьков и расположением атомов твердого кристаллического тела имеется далеко идущая аналогия (см. [18]). Другим ярким примером являются различные попытки моделирования тех или иных явлений деформации земной коры, особенно складчатых форм, а также трещиноватости. Так, хорошо известен эксперимент Кюена (Kuene), который для изучения деформации земной коры, вызванной боковым сжатием, производил сжатие горизонтального пластичного слоя из смеси воска и парафина, плавающего в воде. Чтобы воспроизвести по возможности точно свойства земной коры, Кюен взял три слоя, из которых верхний был наиболее слабым, а нижний — наиболее прочным [41]. Но еще более известны примеры моделирования различных технических устройств и процессов. Моделирование очень широко применяется в аэродинамике, гидродинамике, электродинамике и т. д. Всякая изоморфная модель — механическая, гидродинамическая, аэродинамическая, электрическая, или любая другая — воспроизводит изучаемое явление в условиях, более доступных для наблюдений, контроля и изменения. Моделирование можно рассматривать поэтому как экспериментальное изучение изоморфизма структур. Использование метода моделирования делает возможным использование эксперимента для тектологических исследований.

Открытые и замкнутые системы. Система называется замкнутой, если она не взаимодействует ни с какими другими системами. Замкнутая система — это предельное понятие, так как в реальном мире мы встречаем лишь различные приближения к ней. Однако абстрактная модель может быть вполне замкнута, что дает возможность исследовать свойства таких систем. Любая замкнутая система состоит из открытых подсистем, испытывающих все возможные воздействия со стороны остальных частей системы.

Типичной открытой системой является система, подобная реке, огню, организму, биоценозу, экосистеме или человеческому обществу; такая система не только находится в постоянном взаимодействии со средой, но само существование ее не может продолжаться

без всякого взаимодействия. Если символом закрытой системы считать кусок твердого вещества, то символом открытой системы мы можем считать огонь.

«Изучая открытые системы, — пишет Месарович [30, стр. 26—27], — мы сталкиваемся с задачами совсем иного рода, чем при изучении замкнутых систем. Большинство принципиальных трудностей теории статистических решений и автоматического управления связано с тем, что рассматриваемые там системы являются открытыми и решения необходимо принимать при наличии неопределенностей. Тот факт, что некоторые физические системы моделируются только открытыми системами, имеет первостепенную познавательную ценность».

Ограничение разнообразия. Если бы изменение всех элементов системы было совершенно свободным, т. е. если бы эти изменения не подчинялись каким-либо ограничениям, то они были бы настолько хаотичны, что мы не уловили бы в них никаких закономерностей. В действительности, однако, мы на каждом шагу встречаемся с той или иной формой и той или иной степенью ограничения разнообразия возможных изменений. Как пишет У. Росс Эшби [57, стр. 185], «существование любого инварианта в некотором множестве явлений подразумевает наличие ограничения (в английском оригинале *constraint*. — *A. T.*) разнообразия. В самом деле, существование инварианта означает ведь, что осуществляется не вся область разнообразия. Следовательно, вся теория инвариантов есть часть теории ограничений разнообразия». И так как «любой закон природы подразумевает наличие некоторого инварианта», то, по удачному выражению Эшби, «всякий закон природы есть ограничение разнообразия». Таким образом, понятие «ограничение разнообразия» является одним из фундаментальных понятий тектологии.

Существует два основных типа ограничения разнообразия, которые, вслед за Голдманом [14, стр. 365], мы назовем фиксированными и вероятностными. Фиксированные ограничения — это некоторые специфические связи элементов систем, определяющие возможность одних изменений и невозможность других. Фиксированные ограничения присущи, например, механизмам и любым кодам — телеграфному, наследственному и др. В отличие от фиксированных ограничений, вероятностные ограничения относятся только к средним значениям. Вероятностные ограничения характерны, например, для мутационного процесса или для развития языков.

В зависимости от характера ограничения разнообразия существует два типа систем — системы вероятностных ограничений и системы фиксированных ограничений. К первому типу относятся все системы с неупорядоченными связями элементов. Для таких относительно неупорядоченных, нефиксированных систем характерно отсутствие какой-либо определенной, более или менее жесткой организации, и их элементы под влиянием тех или иных фак-

торов свободно изменяют свои отношения друг с другом, т. е. они не закреплены какими-либо постоянными определенными и фиксированными связями. Системами подобного типа являются, например, любые газы, жидкости, туманности, колонии бактерий, популяции и др. Вселенная в целом, возможно, тоже является системой вероятностных ограничений. Системы же фиксированных ограничений характеризуются достаточно определенной и жесткой связанностью их элементов, в той или иной степени затрудняющей возможность их свободного перераспределения. В таких системах, например в машине, взаимное распределение элементов фиксировано определенной непрерывностью и постоянством связей.

Понятно, что реальные системы дают нам примеры различных переходов между этими двумя крайними типами и одна и та же система может характеризоваться вероятностными ограничениями в одних отношениях и фиксированными в других. Так, например, уже сформировавшаяся локальная амфимиктическая популяция растений, особенно древесных, в фенотипическом отношении характеризуется многими чертами систем фиксированных ограничений, в то время как с точки зрения происходящих в ней генетических рекомбинаций она, наоборот, приближается к системам вероятностных ограничений.

Гетерогенные и гомогенные системы. Системы могут быть гомогенные, гетерогенные или смешанного типа. В гомогенных системах, например, в газах, жидкостях или в популяции организмов данного вида, элементы их однородны и поэтому взаимозаменяемы. Гетерогенная же система состоит из разнородных элементов, не обладающих свойством взаимозаменяемости. Гетерогенными системами являются, например, солнечная система, атом, любые механизмы, организмы, клетки, биоценоз, экосистема и пр. Гетерогенная система в свою очередь может состоять из элементов, являющихся гомогенными системами. Так, например, растительное сообщество, обычно являющееся гетерогенной системой, состоит из гомогенных элементов — синузий. Подобным же образом гомогенная система может в свою очередь состоять из элементов, представляющих собой гетерогенные системы. Так, любой газ или жидкость состоят из атомов, а любая популяция — из организмов. Кроме того, различия между гомогенными и гетерогенными системами не являются абсолютными. В любой гомогенной системе мы найдем элементы гетерогенности, так же как в каждой гетерогенной системе имеются элементы гомогенности. Более того, одна и та же система может рассматриваться в одних отношениях как гомогенная, а в других — как гетерогенная. Так, фенотипически гомогенная популяция организмов может с генетической точки зрения рассматриваться как существенно гетерогенная. Все зависит от задач исследования.

Дискретные и непрерывные системы. Как гомогенные, так и гетерогенные системы могут быть дискретными или непрерывными.

Эти понятия, как и все остальные тектологические понятия, относительны. Одна и та же система может быть с одной точки зрения (в зависимости от той структуры системы, которую мы рассматриваем) дискретной, а с другой — непрерывной. Так, например, в одних опытах (интерференция, дифракция) свет проявляет волновые свойства (непрерывность), а в других опытах (фотоэффект) — корпускулярные свойства. Хромосома морфологически есть система непрерывная, но с точки зрения возможностей генных рекомбинаций она является дискретной («корпускулярной»). Точно так же и Вселенная может рассматриваться как структура дискретная (дискретность небесных тел) и как структура непрерывная (общая связь всех космических процессов).

Одной из чрезвычайно широко распространенных форм гомогенно-непрерывного типа являются периодические системы, т. е. системы, характеризующиеся однообразной повторяемостью соотношений между элементами. Так, две пространственные петли правой сети связаны между собой совершенно так же, как любые две другие петли той же сети. Аналогичным образом осуществляется связь между рисунками на обоях или между элементами в кристаллических структурах. Одна из существенных особенностей периодической структуры заключается в том, что новые ее элементы, например новые петли сети, могут прибавляться во всех направлениях, не нарушая при этом структуры. С этой точки зрения «кристаллическая структура должна рассматриваться как бесконечно протяженная система. Именно так представляют себе модели структур современные кристаллографы. Аналогичные соображения можно применить и к другим телам, растущим в природе» [49, стр. 41]. С этим связано применяемое в учении о симметрии очень важное понятие о переносах или «трансляциях» (см. по этому вопросу [49, стр. 41—42]).

Элементарные формирующие процессы

Соединение и разделение. Еще Фрэнсис Бэкон указывал в «Новом органоне», что основными и элементарными процессами, к которым можно свести все происходящее в мире, являются соединение и разделение. Это положение развито в «Тектологии» Богданова. Основой формирующего тектологического механизма он считает соединение комплексов, обозначаемое им термином «конъюгация». Я предпочитаю рассматривать конъюгацию как один из типов более широкого понятия конъюнкции.

Основные типы конъюнкции. Любое соединение систем сопровождается той или иной степенью их изменения. Характер и степень конъюнкции и, соответственно, ее результаты могут быть глубоко различны. Крайним случаем является коллизия, приводящая к большей или меньшей структурной дезорганизации и, наконец, полному разрушению одной или обеих сталкивающихся систем. Коллизия является следствием антагонистических взаимодействий

между элементами контактирующих систем. Таковы, например, столкновение двух стеклянных тел, когда они при взаимном ударе разбиваются, большинство случаев военного столкновения или сложение двух волн одинаковой амплитуды, но сдвинутых по фазе на полпериода. В тех же случаях, когда контактирующие системы не разрушаются, между ними может происходить более или менее глубокое взаимодействие, приводящее к той или иной степени преобразования систем. Таковы, например, идейный контакт в дружеской научной дискуссии, приводящий к изменению точек зрения ее участников. Таковы же процесс конъюгации двух инфузорий или конъюгация хромосом при кроссинговере. Подобные случаи конъюнкции можно вполне называть конъюгацией, употребляя это слово в универсальном, а не в биологическом его значении. При этом преобразование систем может быть столь глубоким, что происходит полное их изменение с появлением качественно новых, *эмергентных* свойств, как, например, в случае соединения кислорода и водорода с образованием воды.

Наконец, третьим типом конъюнкции является простое *слияние* (амальгамация) двух систем без существенного их преобразования и без появления существенно новых эмергентных свойств. Таковы, например, слияние двух волн одинакового периода и фазы. Конечно, в своем чистом виде амальгамация является лишь предельным понятием, но в реальном мире многие случаи конъюнкции приближаются к ней.

Если системы не разрушаются, не разъединяются вновь или же не сливаются, образуя новую систему, то они остаются во взаимной связи, продолжая взаимодействовать. Этот случай наиболее простой и распространенный. Таково, например, соединение звеньев в цепь, идей в теорию или людей в общественную организацию. На чем же основывается такая связь? Она обеспечивается посредством общих звеньев, создающих цепную связь.

Цепная связь. Связь двух любых «конъюгирующих» систем создается на основе какого-либо общего элемента, входящего в обе системы. Для цепной связи двух систем должен существовать хотя бы один такой общий элемент, притом достаточный для того, чтобы противодействовать разъединяющим силам.

Совокупность общих элементов между системами, входящими в цепную связь, представляет собой связующее звено, или «связку», по терминологии Богданова. Связующее звено выступает как поле контакта (часто конъюгации) между системами. Связкой может быть, например, общая поверхность трения, спайки или сцепления, общая цель у людей или общие элементы между двумя понятиями, идеями, научными теориями или художественными образами. Но при слишком большой разнородности двух систем они вступают в цепную связь не непосредственно, а через третью посредствующую систему (*промежуточное звено*), которая образует связку с каждой из них. Особенность промежуточного звена заключается в том, что оно обладает общими элементами с **каждым**

из крайних звеньев. Такими промежуточными звеньями являются, например, клей при склеивании двух предметов, цемент и гвозди, употребляемые в строительстве, примирительное посредничество между двумя враждующими сторонами и пр. Методом промежуточных звеньев пользуются в процессе обобщения (выделение общих элементов), при построении эволюционных рядов организмов («промежуточные типы») или при доказательстве математической теоремы.

Цепная связь может быть двух типов: однородная, или симметричная, и неоднородная, или асимметричная [5, ч. 1, стр. 134]. В первом случае система цепной связи состоит из однородных элементов. Примерами симметричной цепной связи могут служить цепь из одинаковых звеньев, частокол, трамвайный поезд, сосуды ксилемы, состоящие из одинаковых члеников, или группа студентов, готовящихся вместе к экзамену. Во втором случае системы неодинаковы и отношения между ними тоже неодинаковы (несимметричны)*.

Дизъюнкция. Наряду с образованием новых цепных связей повсеместно наблюдается разрыв старых связей, разделение того, что раньше было связано. Таким путем система распадается на отдельные части, что в одних случаях означает разрушение, дезорганизацию, а в других случаях — лишь разделение или размножение. Разрыв любой цепной связи происходит в результате ослабления и уничтожения связки, т. е. акта «дезингрессии», как его называет Богданов. Когда связка становится настолько слабой, что уже не способна удерживать в цепной связи две системы, они обособляются, отделяются друг от друга.

Всякая система представляет собой нечто более или менее индивидуальное, отдельное, автономное. Мир квантован на всех структурных уровнях, начиная со света и микромира атомов и кончая Вселенной. Другими словами, он состоит из отдельных элементов, которых также представляют собой отдельные существующие благодаря перерывам некоторых ранее существовавших связей, которые создаются дезингрессией [5, ч. 1, стр. 155]. Если бы не было дезингрессий, то не было бы и отдельных систем и subsystem. В природе не было бы структурных отдельных, вообще не было бы отдельных «предметов», «вещей», «явлений». Дезингрессию далеко не всегда легко обнаружить, но мы можем постулировать ее во всех случаях квантованности.

* По мнению И. И. Шафрановского (личное сообщение), пользуясь новыми расширенными понятиями о симметрии — антисимметрии и симметрии подобия, сформулированными А. В. Шубниковым [54], [55] и др., можно было бы и второй тип отнести к симметричному. Так, пример винта и гайки Шубников использует в качестве примера антиправых (антисимметричных) фигур. А примеры с учеником — учителем или подчиненным — начальником, по мнению Шафрановского, прекрасно укладываются в понятие симметрии подобия, выдвинутое Шубниковым.

Условием существования любой системы является определенная степень ее устойчивости к тем возмущающим воздействиям, которым она постоянно подвергается. В науке и в повседневной жизни слово «устойчивость» (стабильность) употребляется в довольно разных смыслах, но при этом всегда подразумевается, что несмотря на «возмущение», несмотря на то, что система может переходить из одного состояния в другое, она сохраняет некоторые характерные свойства, делающие ее данной системой. Очень хорошо об этом сказал Эшби [52, стр. 109]: «Через все значения слова «устойчивость» проходит основная идея «инвариантности». Эта идея состоит в том, что хотя система в целом претерпевает последовательные изменения, некоторые ее свойства («инварианты») сохраняются неизменными. Таким образом, некоторое высказывание о системе, несмотря на непрерывное изменение, будет неизменно истинным....» Эта истина будет инвариантна для данной системы.

Конечно, всякая устойчивость относительна. Система, вполне устойчивая в определенных условиях, окажется неустойчивой в иных, мало благоприятных для ее сохранения. Но в каждой ситуации устойчивость системы может быть характеризована как с количественной, так и со структурной стороны.

Количественная и структурная устойчивость. Устойчивость системы по отношению к внешним возмущениям может быть характеризована прежде всего чисто количественно. Система, состоящая из большого числа элементов, будет, при прочих равных условиях, и более устойчивой. Так, например, в процессе лежащего веками выветривания горных сооружений более крупные горы, при прочих равных условиях, устойчивее, чем небольшие. Подобным же образом, при высыхании водоемов в одних и тех же климатических условиях скорее высохнут небольшие пруды, чем крупные озера. Однако увеличение числа элементов может повысить общую устойчивость системы лишь в тех случаях, когда это увеличение не приводит к уменьшению структурной ее устойчивости. Так, в случае землетрясения многоэтажные здания разрушаются скорее, чем малоэтажные здания той же конструкции.

В общем можно, по-видимому, утверждать, что количественный фактор устойчивости тем важнее, чем ниже уровень организации системы.

Устойчивость любой системы зависит, конечно, не только от количества ее элементов, но и от способов их сочетания, от характера их структурных связей. Поэтому небольшая гора, состоящая из твердых пород, может обладать значительно большей структурной устойчивостью, чем огромное горное сооружение, состоящее из рыхлых отложений. Аналогичным образом хорошо организованная небольшая армия может быть устойчивее, чем значительно превосходящая ее по численности, но слабо организованная армада.

В то время, как различия в количественной устойчивости двух систем могут сохраняться в самых различных условиях, различия в структурной устойчивости зависят всегда от конкретных условий среды. О структурной устойчивости можно говорить только по отношению к тем или иным конкретным воздействиям, а не по отношению ко всяким воздействиям вообще. Однако та среда, относительно которой данная структура сохраняет свою устойчивость, может быть очень большой и даже иногда практически почти бесконечно большой. Так, например, относительная структурная устойчивость атомов материи сохраняется в весьма различных условиях воздействия среды. По Богданову [5, ч. 4, стр. 202], структурная устойчивость «всегда может быть выражена количественно. Так, в механике всевозможные коэффициенты сопротивления гнатию, разрыву, кручению и пр. являются именно численным выражением структурной устойчивости разных тел по отношению к определенным внешним воздействиям. Что же касается коэффициентов «массы» и «энергии», то они характеризуют количественную устойчивость».

Основные типы структурной устойчивости. Структурная устойчивость бывает двух типов — статическая и динамическая. Статическая устойчивость характерна для систем статического равновесия. Устойчивость здания, горного сооружения, пирамиды Хеопса или Останкинской телевизионной башни — это примеры статической устойчивости систем неподвижного равновесия. Устойчивость таких систем определяется прочностью их конструкции, прочным сцеплением их элементов, но не постоянным их обновлением. Такие системы будут «выветриваться», «стираться», «изнашиваться», пусть даже очень медленно и незаметно для человека. Кривая их разрушения будет все время падать. Совершенно иного типа динамическая устойчивость, характерная для систем подвижного равновесия.

Сравнительная устойчивость систем подвижного равновесия является результатом того, что каждое из возникающих изменений уравнивается другим, ему противоположным, т. е. для них характерно подвижное равновесие изменений. Процессы разрушения и созидания идут в таких системах параллельно и взаимно уравнивают друг друга. Два потока противоположных изменений создают иллюзию статичности. Они обеспечивают динамическую устойчивость системы. Типичным примером может служить равновесие формы водопада, где равномерное течение воды, создающее большую или меньшую иллюзию неподвижности, обеспечивает устойчивость системы. Другим примером такой устойчивости является организм и его отдельные органы, где подвижное равновесие создается процессом ассимиляции и диссимиляции. По Богданову [6, стр. 26], «организм, самовоспроизводящаяся машина жизни, является системой равновесия систем равновесия».

Другой тип динамической устойчивости дает нам периодиче-

ское колебание, различные формы которого имеют колоссальное распространение. Подвижное равновесие и периодическое колебание — явления чрезвычайно близкие. Но если при подвижном равновесии два потока противоположных изменений идут параллельно и уравниваются непосредственно и одновременно, то при периодическом колебании нарушение их равновесия в одну сторону сменяется нарушением в другую, так что уравнивающие происходит во времени. Так как всякое кажущееся непрерывным подвижное равновесие можно в принципе разложить на периодически-колебательные элементы (что равносильно обобщению разложения Фурье в гармоническом анализе), то первичным способом сохранения устойчивости следует признать периодическое колебание, а подвижное равновесие — производным.

При определенных условиях периодическое колебание может дать такую же статическую иллюзию «покоя», как и система подвижного равновесия. Достаточно наложить два одинаковых колебания одно на другое противоположными фазами, чтобы они, складываясь, стали восприниматься как «покой».

Принцип наименьших относительных сопротивлений (закон минимума). Во всех тех случаях, когда есть хоть какие-нибудь реальные различия в устойчивости разных элементов системы по отношению к внешним воздействиям, общая устойчивость системы определяется наименьшей ее частичной устойчивостью в каждый данный момент. Так, например, уровень воды в бочке, сделанной из клепок разной длины, определяется длиной самой короткой клепки, общая скорость эскадры определяется наименьшей из скоростей ее отдельных кораблей, а логическая цепь доказательств рухнет, если одно из ее важных звеньев не выдерживает ударов критики. Однако в каждый данный момент система подвергается не равным и не равномерным воздействиям в разных своих частях. Так, например, фронт армии подвергается ударам не равной силы в разных пунктах и в разное время, а стены нижних этажей здания выдерживает гораздо большую тяжесть, чем верхних его этажей. Поэтому устойчивость любой системы (если это не абсолютно гомогенная система в гомогенной среде) вовсе не требует абсолютно одинакового сопротивления всех ее частей. Напротив, *относительное* сопротивление разных частей системы должно быть *одинаковым*. Устойчивость системы как целого зависит от наименьшей *относительной* устойчивости ее частей по отношению к данному внешнему воздействию (в случае со зданием — по отношению к силе тяжести). Такова обобщенная формулировка закона наименьших. Она применима ко всем типам систем — как дискретным (линия фронта), так и непрерывным (здание)*.

* По А. А. Малиновскому [29, стр. 164], универсальным «принцип наименьших» считать нельзя. Он применим лишь к вполне «жестким системам», но не применим к «корпускулярным» системам. «Корпускулярными» системами А. А. Малиновский называет дискретно-гомогенные системы, которые он характеризует как системы, состоящие из

Как указывает автор «Тектологии», закон наименьших формулировался независимо в разных областях науки, на разном конкретном материале и в разных формах. Каждой науке приходилось открывать его для себя отдельно. Так, «кроме закона минимума» Либиха, существует «принцип наименьшего действия», или принцип Гамильтона, который утверждает, что действительным движением, реализующимся в природе, является то, для которого интеграл по времени от разности между кинетической и потенциальной энергиями принимает наименьшее значение [23, стр. 18]. Позднее (в 1886 г.) этот принцип был распространен Г. Гельмгольцем на ряд немеханических явлений, а Р. Фейнманом в 1942 г. была открыта его связь с квантовой механикой (см. [48, стр. 110]). В генетике закон наименьших был применен в теории гетерозиса для объяснения неаллельных взаимодействий генов. Концепция «узкого места» при взаимодействии неаллельных генов при гетерозисе была сформулирована Мангельсдорфом. Эта концепция заключается в том, что *превосходство генотипа, подобно цепи, зависит не от самого крепкого, а от самого слабого его звена*, и в ней придается особое значение не только превосходству гибрида, но и относительной слабости его родителей. Эта слабость приравнивается к слабым звеньям и считается узким местом взаимодействия. Узкое место здесь приписывается аллелям или генотипам, которые не соответствуют поставленным перед ними задачам, и, таким образом, они являются лимитирующими факторами в действии других генов [40, стр. 120—124]. Мысль вполне тектологическая.

Принцип концентрированного действия. Обратной стороной принципа наименьших является принцип концентрированного действия, который можно было бы иллюстрировать многими примерами как из природы, так и из человеческой практики. Зубы, игла, нож, бритва и другие острые предметы являются простейшими примерами осуществления принципа концентрированного действия. Смысл применения таких органов и орудий, как зубы и ножи, заключается в том, что сила действия концентрируется на чрезвычайно малой поверхности, на протяжении которой сумма сил сцепления, а следовательно и сумма сопротивлений, соответственно мала. Удар при этом выгоднее простого давления острием потому, что он сосредоточивает действие на очень малом отрезке времени, а это дает возможность преодолевать большие относительные сопротивления. Таков же смысл применения взрыв-

однотипных, более или менее взаимно заменимых единиц. Но даже в таких системах существуют хотя бы очень слабые связи между их элементами, и тем самым система может оказывать сопротивление внешним воздействиям как нечто целое, пусть даже очень низко организованное. А если так, то даже и в такой системе должны быть более слабые и менее слабые «звенья», части или участки. Пилоту, которому нужно пробиться через облака, или путнику среди барханов в песчаной пустыне это хорошо известно. Но можно привести и чисто генетические примеры применимости принципа наименьших к «корпускулярным» системам.

чатых веществ. Вообще, принцип концентрированного действия имеет огромное значение для всех областей человеческой деятельности — производственной, военной, педагогической, художественной и пр.

Относительная устойчивость компактных и рыхлых систем. Наблюдается определенная зависимость устойчивости системы от пограничной области, от относительного количества соприкосновений со средой. Как уже отмечалось, по этому параметру Богданов различал «слитные» и «точечные» системы. Оба эти термина представляются малоудачными, и можно было бы предложить заменить их соответственно терминами «компактная» и «рыхлая» системы, как мне кажется, лучше выражающими смысл понятий.

В компактных системах теснее связи между их собственными элементами, чем в рыхлых, относительно меньше пограничная область и поэтому больше возможностей для сопротивления разрушительным воздействиям со стороны внешней среды. В отличие от компактных, рыхлые системы как бы более «разветвлены», менее «обтекаемы» и имеют поэтому большую пограничную область. Одна и та же система может переходить из компактного состояния в рыхлое, и наоборот. Приведем примеры.

Представим себе две хижины одинаковых размеров. При прочих равных условиях более компактная, более «обтекаемая» из них будет лучше противостоять ветру, чем более рыхлая, менее обтекаемая, т. е. имеющая различные выступы и пр., повышающие ее «парусность». По этой же причине при сильном ветре или холоде мы инстинктивно съезживаемся, уменьшая тем самым свою пограничную область и свою «парусность». Искусный оратор часто прибегает к «обтекаемым» формулировкам, уязвимая поверхность которых, т. е. пограничная область, сведена к минимуму. Наоборот, неопытный оратор будет оперировать рыхлыми формулировками, имеющими большую поражаемую поверхность и дающими возможность критике легко «зацепиться» за них. Таким образом, в «рыхлых» («парусных») системах связи со средой относительно возрастают, элементы среды в большей степени проникают в «выемки» между ее «выступающими» частями.

Для сохранения системы в неопределенно-изменчивой среде более благоприятна компактная ее структура и менее благоприятна рыхлая. Так, подвижные животные, благодаря тому, что они соприкасаются с разнообразной и изменчивой средой, имеют компактную организацию, в то время как прикрепленные к субстрату животные и растения обычно разветвлены, имеют рыхлую структуру. Интересно, что это относится и к колебательным процессам любого типа. Как известно, колебательные процессы с более длинной волной, т. е. более «обтекаемые», являются в то же время и более устойчивыми, меньше поглощаются средой. Поэтому в спектре наиболее отдаленных звезд фиолетовые лучи относительно ослаблены. В условиях же более или менее постоянной среды количество соприкосновений со средой не имеет уже

такого большого значения, и обычное преимущество компактных систем здесь приобретает второстепенное значение.

Скелетные системы. В неопределенно-изменяемой среде любая часть системы может подвергнуться воздействию не учитываемой заранее силы. Максимум относительной устойчивости системы достигается в этом случае равномерным распределением сопротивлений между всеми угрожаемыми звеньями целого. При этом наиболее выгодным является распределение сопротивлений вдоль структурной границы системы, т. е. в пограничной ее зоне, которая в пространственном отношении может быть как внешней, так и внутренней. Отсюда столь обычная в природе и в человеческой практике схема «скелетных» (в частности, «оболочечных» или «панцирных») структур.

Любая скелетная система построена асимметрично. Она состоит из двух неодинаковых и неравноценных частей: более пластичной, но менее устойчивой (более уязвимой), и менее пластичной и более устойчивой. Скелетный элемент обеспечивает устойчивость системы, ее защиту от внешних воздействий. Ввиду чрезвычайной большой распространенности скелетных систем на всех уровнях организации Богданов, как уже говорилось, заменяет очень привычное, но зато и узкое обозначение «скелетные формы» новым термином «депрессия». Едва ли в этом есть необходимость. Достаточно договориться не представлять себе скелетные структуры непременно как более прочные в физическом смысле. Понятие это тектологическое и поэтому очень широкое.

Типичными защитными скелетами являются, например, клеточная оболочка, кутикула и механическая ткань растений, скорлупа ореха, известковые скелеты многих корненожек, раковины моллюсков, хитиновый покров насекомых, кожа с роговой эпидермой, яичная скорлупа, скелет позвоночных, стены крепости, броня корабля или танка, переплет книги, поверхностный слой капли воды, сосуд, ложе озера, русло реки, одежда, жилище, слово и всякого рода другие символы, защитная окраска некоторых насекомых, отталкивающий запах некоторых животных и т. д.

Защитный скелет может быть внешним, как у моллюсков и насекомых (эктоскелетный, или «оболочечный» тип), и внутренним, как позвоночный столб (эндоскелетный, или «каркасный» тип). Различия между обоими типами не всегда бывают резкими и иногда не вполне ясно выражены. Так, например, в скелете позвоночных в сущности объединяются оба типа: если большая часть элементов их скелета может быть отнесена к эндоскелетному типу, то грудная клетка и особенно черепная коробка относятся скорее к эктоскелетному типу. Панцирь черепахи вполне эктоскелетный, но в процессе эволюции он возник из внутреннего скелета. Хитиновая же оболочка насекомых, так же как кутикула растений, вполне эктоскелетна.

Значение всякой скелетной структуры основано на ее меньшей гибкости, пластичности по сравнению с остальными частями

системы. Благодаря этому скелет и служит средством закрепления системной структуры, повышения ее устойчивости. Поэтому скелетная защита осуществляется там, где система, будучи гибкой, пластичной и поэтому уязвимой, нуждается в более прочной защите. Это защита или только от пространственно-внешних воздействий (эктоскелетный тип), или от более общих воздействий, связанных с повышением тяжести или сопротивления среды, стремящихся деформировать или разорвать систему и требующих поэтому более прочного скрепления частей (опорная функция). Воздействия и во втором случае внешние, но только не в грубо-пространственном смысле слова.

Внутренний и паружный скелет могут легко замещать друг друга и переходить друг в друга. Более того, строгое разграничение эктоскелетного и эндоскелетного типов, т. е. периферических и центральных защитных структур, возможно только для систем пространственно-непрерывных и устойчивых по геометрической форме, каковы организмы и механизмы; для таких систем, как например, социальные, оно большей частью и не может быть установлено или же принимает характер переменного соотношения (что отмечалось уже Богдановым—см. стр. 216).

Очень важно выяснить, каковы взаимоотношения между пластичной и скелетной частями системы в условиях среды, благоприятных для развития системы. Как указывает Богданов [5, ч. 2, стр. 170], наиболее характерной чертой этих взаимоотношений является возникновение несоответствия между пластичной и скелетной частями. Особенно консервативны, лишены пластичности всякого рода «оболочечные», эктоскелетные структуры. Как правило, они в большей степени стесняют дальнейшее развитие, чем внутренние, каркасные скелетные структуры. Поэтому каракатицы с их внутренней раковиной (эндоскелетный тип) оказались более пластичными и достигли более высокой ступени развития, чем большинство остальных моллюсков с их внешней раковиной. Черепахи с их двойным скелетом (наружным и внутренним) также оказались группой консервативной.

Развитие науки в разных ее областях сплошь и рядом стесняется такими скелетными формами, как устаревшие термины, понятия, идеи, теории. Еще более отрицательное значение имели различные религиозные и политические догмы. История человечества знает много примеров, когда отжившие религиозные и политические формы останавливали развитие целых обществ и вели даже к длительному упадку отдельных стран.

Противоречия между скелетной и пластичной частями системы неизбежны и вытекают из самого существа «депрессии». Но как в природе, так и в человеческом обществе существует принципиальная возможность устранения этих противоречий. Это чрезвычайно распространенный путь смены скелетных форм. В тех случаях, когда скелетная структура не способна к быстрому преобразованию и развитию, начинает сильно отставать от пластичной части,

вызывая резко выраженное противоречие системного развития, она просто отбрасывается, заменяясь новым скелетом. Очевидно, это возможно в тех случаях, когда скелетный элемент более или менее приближается к «оболочечному» типу. Так, многоводная река может прорыть себе новое более широкое русло, а одежда ребенка в процессе его роста заменяется новой. Наружные скелеты многих ракообразных, насекомых и даже позвоночных (например, змей), отставая в процессе роста от пластичных тканей, начинают стеснять их, и тогда они сбрасываются, заменяясь новыми, более просторными. Но особенно большое значение метод смены скелетных форм имеет в области социальных явлений. Так, сущность всякой реформы и революции заключается в том, что отбрасываются стесняющие развитие общества старые государственные, правовые и прочие скелетные формы и заменяются новыми. То же самое происходит в развитии науки, искусства, религии и пр.

Универсальный механизм отбора и его основные типы

Как возникает устойчивость систем, как она сохраняется и каким образом изменяется? Существует ли механизм, регулирующий устойчивость? На этот вопрос тектология дает положительный ответ: таким механизмом является механизм отбора в его разных формах.

Сформулированный в научной форме впервые в биологии (начиная с Мопертюи), он стал постепенно применяться и в других науках — астрономии, физике, химии, психологии, социологии, языковедении и т. д., хотя благодаря господству специализации выступает часто в разных формах, под разными названиями и с неодинаковой ясностью. Становится все более очевидным, что механизм отбора носит всеобщий характер. Он вполне универсален, т. е. применим ко всем классам явлений и ко всем структурным уровням.

В его наиболее общей формулировке принцип отбора можно было бы назвать *принципом дифференциального сохранения устойчивых форм*. Основная идея отбора заключается в дифференциальном сохранении (и дифференциальном уничтожении) всех возникающих связей, конечно, при условии, что между ними есть хотя бы самые слабые различия, т. е. что отбору есть что дифференцировать, есть что «отбирать». Принцип дифференциального сохранения действует как в непрерывных, так и в дискретных системах, но при прочих равных условиях в дискретных системах дифференциальное уничтожение элементов будет происходить легче. Чем гетерогеннее система, тем интенсивнее будет действовать в ней отбор. В общем наиболее интенсивны процессы отбора в системах гетерогенно-дискретных. Но вообще отбор универсален и действует всюду, где есть объективная возможность дифферен-

циального уничтожения элементов системы*. В механизме отбора осуществляется стохастическая регуляция любого структурного преобразования самых различных систем — от атомных до космических. Универсализация принципа отбора вовсе не означает «биологизацию» всех уровней организации материи. В тектологии механизм отбора освобожден от его биологической специфики, формализован и понимается очень абстрактно. Термин «отбор» используется в сущности лишь по традиции и за неимением лучшего.

Идея всеобщности принципа отбора вновь возникла, и притом совершенно независимо от тектологии и на другой основе, в кибернетической литературе. Так, в «Кибернетике» Н. Винера [12, стр. 54, 55] читаем: «Мы уже говорили о теории приливной эволюции сэра Джорджа Дарвина, сына Чарлза Дарвина. Связь идеей сына с идеями отца, как и выбор названия «эволюция», не случайны. В приливной эволюции, как и в происхождении видов, мы встречаемся с механизмом, который преобразует динамическим путем случайные изменения, а именно случайные движения волн и молекул воды при приливе, в однонаправленное развитие. Теория приливной эволюции есть не что иное, как теория Дарвина-старшего в применении к астрономии». И далее, говоря о современной физике и вторжении в нее статистических принципов, Винер продолжает: «Поэтому не будет слишком смелым сказать, что не только ньютоновская астрономия, но и ньютоновская физика стала ареной усредненных результатов статистической ситуации и, следовательно, рассказом об эволюционном процессе» [там же, стр. 55].

Идея всеобщности механизма отбора последовательно проводится в работах У. Росса Эшби. В книге «Конструкция мозга» он следующим образом формулирует принцип отбора: «Все примеры показали бы, что когда над группой состояний повторно совершается однозначная операция (эта операция образует «законы» системы), система стремится к таким состояниям, на которые данная операция не влияет или влияет в сравнительно малой степени. Иными словами, в результате *всякой однозначной операции происходит отбор форм, обладающих особой способностью противостоять ее изменяющему действию*. В простых системах этот факт почти банален, в сложных его никак нельзя назвать банальным. А когда он проявляется в грандиозных масштабах, в системах с миллионами переменных и на протяжении миллионов лет, тогда весьма вероятно, что отобранные состояния будут поистине замечательными и будут обуславливать высокоразвитую координацию

* Внутри же непрерывных систем с высокой взаимозависимостью элементов отбор неизбежно ограничен. Он ограничивается всюду, где имеются жесткие связи между элементами системы (см. [27]). Однако нельзя согласиться с А. А. Малиновским [29, стр. 164], что в жестких системах «приложим принцип наименьших, но не приложим принцип отбора». Ведь принцип отбора есть логическое следствие принципа наименьших и всюду, где действует принцип наименьших, тем самым действует и принцип отбора.

частей, стремящуюся сделать эти состояния устойчивыми к действию данной операции» [58, стр. 332—333]. В другой работе Эшби приходит к выводу, что существует тесная и существенная связь между мыслительной способностью и отбором, и говорит о глубокой аналогии между процессом решения задачи и процессом эволюции: «ибо имеется самое тесное формальное сходство между процессом автоматического приспособления посредством дарвиновского отбора и процессом автоматического отыскивания решения посредством механического отбора» [56, стр. 305], т. е. получение ответа на задачу состоит, по существу, в отборе. «По существу, наше восхищение *продуктивностью* гения направлено неверно. Ничего нет легче, чем создание новых идей: при соответствующем истолковании калейдоскоп, внутренности овцы или шумовая лампа будут создавать их в изобилии. В гении замечательно меньше отсеивать возможности» [там же, стр. 285]. По Д. Кэмпбеллу [22, стр. 309], «все процессы, способствующие расширению знаний, неизбежно включают в себя процесс слепых вариаций и селективного отбора»*.

Можно сослаться еще на «Очерки о кибернетике» Л. Теплова, который также принимает универсальность принципа отбора. Говоря о Дарвине, он пишет: «Знаменитый английский естествоиспытатель был занят только одной проблемой: откуда возникли разные виды животных и растений и почему они так хорошо приспособлены к среде обитания. Он не догадывался о возможности более широких обобщений. А принцип отбора из шума является общим свойством информации (его иногда называют «методом проб и ошибок»). Заключается он в том, что хаотические сигнальные сочетания могут быть обращены в информацию при отборе тех из них, которые соответствуют некоторым наперед заданным условиям» [43, стр. 129].

Наконец, в кристаллографии принцип отбора нашел свое выражение в виде «закона геометрического отбора» [53]. «Если на дне запаянной с одного конца стеклянной трубки, заполненной переохлажденной жидкостью, возникает множество произвольно ориентированных кристаллических зародышей, то в процессе их дальнейшего роста выживает, как правило, только один из них. Это явление, впервые описанное Гроссом и Моллером в 1923 г., получило у нас название принципа отбора, или выживания кристаллов», — пишет А. В. Шубников [53, стр. 63].

Этих примеров достаточно, чтобы показать, с какой неудержимостью овладевает концепция отбора умами ученых разных специальностей.

Принцип отбора логически вытекает из принципа наименьших сопротивлений или из выражающего ту же мысль «принципа

наименьшего действия». Еще Г. Спенсер писал: «С динамической точки зрения естественный отбор подразумевает изменения по линии наименьшего сопротивления. Размножение какого-либо животного или растительного вида в благоприятной для него местности есть рост по направлению, в котором задерживающие силы слабее, чем где-либо. Сохранение пород, лучше других преуспевающих в борьбе с окружающими условиями жизни, есть продолжение органического движения в направлении, в котором наиболее могут быть обойдены препятствия, заграждающие путь» [40, стр. 97]. К принципу наименьших сопротивлений можно свести и любые другие примеры отбора. Очень ясно это, например, для нередко упоминаемого в литературе случая с ячменным или пшеничным колосом, попавшим в рукав платья идущего человека остями вниз. При ходьбе колос получает толчки по всевозможным направлениям, но все перемещения книзу уничтожаются сопротивлением остей, в то время как кверху они происходят свободно и поэтому колос поднимается по рукаву. Движение колоса идет по линии наименьшего сопротивления. То же самое можно сказать о механизме сита, о промывке золотоносного песка струей воды, о течении воды по руслу реки, о распространении света по пути кратчайшего времени и о всех других известных нам случаях отбора.

Основной и элементарной формой отбора является простое сохранение или уничтожение объектов. Сохранение новых изменений, новых комбинаций (положительный отбор) увеличивает число «остаточных форм», как их называет Эшби, и тем самым увеличивает разнообразие материала. Уничтожение же (отрицательный отбор), упрощая этот материал, устраняя из него все непрочное, противоречивое, вносит в него упорядоченность.

Цепной отбор в сложных системах. Одним из важных выводов универсальной теории отбора является сформулированный в «Тектологии» принцип *цепного отбора*. Описанная ранее схема такого отбора применима ко всяким селективным изменениям внутри любой достаточно сложной системы — кристалла, горного сооружения, организма, популяции организмов, стаи, стада, муравейника, человеческого общества, общественных организаций, научных теорий и пр.

Одной из ярких иллюстраций цепного отбора является схема эволюции приспособлений у высших животных, как она разработана в трудах А. Н. Северцова [37]. Все органы и признаки животных подразделяются им на две большие группы: 1) на эктосоматические органы и признаки, находящиеся в непосредственных отношениях с условиями внешней среды (например, кожа с ее придатками, органы кожного чувства и органы высших чувств, зубы, когти, копыта, ногти и рога, плавники рыб, конечности наземных четвероногих, кишечный канал с его железами и т. д.), и 2) на эндосоматические органы и признаки, не стоящие в непосредственных отношениях с внешней средой, но морфо-

* «Исторически применение выражения «пробы и ошибки» впервые было использовано А. Баном при описании мышления еще в 1855 г., т. е. за два года до опубликования Дарвином теории естественного отбора», — пишет Кэмпбелл [22, стр. 293].

логически и функционально связанные с эктосоматическими или другими энтосоматическими органами или признаками (например, сердце, почки, центральная нервная система, железы внутренней секреции и т. д.). Филогенетические, морфологические и экологические исследования приводят Северцова к следующим выводам: «В общем, эволюция любой группы животных протекает по следующей схеме: известные стороны той внешней среды, в которой обитает данная животная форма, изменяются в некотором определенном направлении; те эктосоматические органы, которые имеют непосредственное отношение к изменяющимся сторонам окружающей среды, приспосабливаются к изменившимся условиям этой среды... энтосоматические органы, находящиеся в функциональном соотношении с изменившимися эктосоматическими органами, приспосабливаются со своей стороны к наступившим изменениям в строении и функциях эктосоматических органов, в результате чего образуются новые координации (координации первого, второго и т. д. порядка) между эктосоматическими и энтосоматическими органами, с одной стороны, и между различными функционально между собою связанными энтосоматическими органами, с другой» [37, стр. 186—187]. Легко заметить, что схема Северцова является частным случаем схемы цепного отбора вообще.

Матричный отбор при постоянной матрице. Механизм отбора осуществляется в двух глубоко различных формах. Первая из них — эмергентная (творческая, созидательная). В этом случае благодаря новой, ранее не существовавшей комбинации тех или иных элементов возникают новые связи, новые формы, новые системы. Отбор мутаций или новых гибридных комбинаций является типичной формой эмергентного, творческого отбора в органическом мире. В неорганическом мире механизм эмергентного отбора осуществляется в дифференциальном сохранении новых комбинаций элементарных частиц, новых химических соединений или новых космических систем.

Но наряду с эмергентным отбором мы наблюдаем, притом в самых различных классах явлений, отбор совершенно иного типа. От эмергентного отбора он отличается тем, что не создает ничего нового, он лишь копирует уже существующую модель. Фактором отбора, действующим на объект (сохраняя или разрушая его), является не среда в обычном смысле слова, а лишь та матрица (от латинского *matrix* — матка), по которой отбираются его копии. Эти копии как бы штампуются по матрице, которая исполняет функцию среды, но среды с жестко фиксированной структурой. Этот тип отбора можно назвать *матричным отбором при постоянной матрице, или консервативным матричным отбором*.

Простейшим примером матричного отбора может служить процесс обработки металла давлением при помощи различных штампов. Механизм отбора выражается здесь в дифференциальном сохранении тех форм и контуров обрабатываемого металла, которые изоморфны штампу. Статистический характер этого процесса

штамповки очевиден, и он вполне подходит поэтому под схему отбора в его наиболее абстрактном понимании. Элементарными формами матричного отбора являются также отливка литер для набора, процесс типографского печатания, печатание позитивных снимков по негативам (матрицей является негатив) и многие другие технические процессы. Но еще лучше подходит к схеме матричного отбора работа машины, известной под названием вибропитателя. «Представьте себе большой ящик, — пишет Л. Теплов [43, стр. 125], — в который беспорядочно засыпаны заготовки, какие-нибудь неоточенные болты. Ящик все время трясется, и болты через воронку попадают к отверстию-калибру, устроенному внизу. Воронка постепенно упорядочивает положения болтов, и через калибр они проходят строго ориентированными, а те, которые не проходят в калибр, выбрасываются». Очень хорошим примером матричного отбора является процесс кристаллизации. Процессы обучения и воспитания также основаны на матричном отборе. Так, воспитание сводится к дифференциальному сохранению идей и представлений, соответствующих взглядам и убеждениям воспитателя. Во всех этих случаях в результате матричного отбора модель репродуцируется в виде более или менее изоморфных отображений. В ряде случаев степень изоморфности может быть столь высокой, что воспроизводятся точные копии матрицы. Случаем подобной точной репродукции матрицы является обычный процесс редупликации хромосом, при котором происходит точнее воспроизведение ДНК. К пониманию этого процесса как матричного отбора очень близко подошел Ф. Крик [21]. По его мнению, каждая из двух взаимно дополняющих спиральных цепей молекулы ДНК может служить своеобразным штампом, который способен «отштамповать» дополняющую его «цепочку». Он считает, что каждая цепь «подбирает» необходимые части из каких-то единиц. Время от времени такая свободная единица будет прикрепляться своим основанием к основанию одиночной цепи ДНК. Другая свободная единица может присоединиться к соседнему основанию цепи. Если эти две вновь присоединившиеся единицы не образуют подходящей пары с основанием цепи, к которому они присоединились, они не могут соединиться между собой, так как находятся не на должном расстоянии. Поэтому такие единицы рано или поздно оторвутся от цепи и будут заменены другими. Но если две соседние «вновь прибывшие» единицы составят нужные пары с основаниями цепи, то расстояние между ними будет таким, что они смогут соединиться между собой и начнут образовывать новую цепочку. Таким образом, в гипотезе Крика в сущности выражена идея отбора, притом отбора матричного. Аналогичную идею высказывает Л. Теплов [43, стр. 12], который сравнивает редупликацию хромосом и биосинтез белков с работой вибропитателя.

Таким образом, сущность матричного отбора заключается в случайном переборе всевозможных связей и комбинаций, пока не

возникнет соответствие основе отбора — матрице. Любая матрица, будь то кристалл, вибропитатель, хромосома или воспитатель, несут в себе то или иное количество информации, понимаемой как результат выбора, как мера неопределенности или, точнее, как отрицательное слагаемое энтропии системы, т. е. ее негэнтропия [9, стр. 17]. Очевидно, что чем большее количество информации несет система, тем ограниченнее разнообразие. Система содержит структурную негэнтропию, которая представляет информацию, или упорядоченность системы. При этом консервативном отборе информация не увеличивается, она, наоборот, имеет тенденцию к уменьшению.

Матричный отбор при постоянной матрице не создает, таким образом, ничего нового и информация при этом не увеличивается. Когда же в матричный отбор вмешивается шум, появляется ошибка, то количество информации даже уменьшается.

Матричный отбор с переменной или комбинацией матриц. В отличие от матричного отбора при постоянной матрице, матричный отбор со сменой разных матриц или с их комбинацией имеет эмергентный характер и в свою очередь дает материал для отбора самих матриц.

Отбор с переменной матриц характеризуется тем, что отбор начинается по одной матрице, но с какого-то момента продолжается далее по другой матрице, отличающейся от первой. Так, если клетка заражена двумя разными вирусами, то возможно, что репликация ДНК, начавшаяся по матрице одного вируса, будет продолжена и завершится при использовании в качестве матрицы ДНК другого вируса. Новый вирус, получившийся в результате этого «копирования» с переменной матриц, будет представлять собой новую форму с новыми свойствами. В социальной жизни такого рода перемена матриц происходит, например, при смене руководителей или воспитателей.

Аналогичный эффект достигается при комбинировании матриц, при их сочетании в новую, «гибридную» матрицу. Типичным случаем комбинирования матриц является гибридизация у организмов, размножающихся половым путем.

Комбинированная матрица в свою очередь может стать объектом отбора. Другими словами, здесь осуществляется обратное воздействие на матрицу, своего рода обратный отбор, известный в кибернетике под названием «обратной связи». Гибридогенные новые формы организмов подвергаются отбору, в результате чего эволюционируют их генетические матрицы.

Отбор на основе шумов в матрице. Матрица становится объектом отбора и тогда, когда в ее структуре появляются случайные изменения, или «шум». Когда в строение матрицы вмешивается шум, в ней появляется ошибка (например, генетическая мутация), количество информации обычно уменьшается (вредные мутации). Но в тех более редких случаях, когда изменение в матрице оказывается функционально полезным, это дает новую информацию,

которая в результате отбора сохраняется и дает начало новой линии развития матрицы. В первую очередь именно на основе мутаций в структуре генетического материала происходит эволюция органического мира. Эта форма эмергентного отбора имеет огромное значение также в эволюции человеческого общества (развитие техники, науки и пр.).

Эмергентный отбор на основе случайных комбинаций. Простейшей и наиболее распространенной формой эмергентного отбора является отбор новых комбинаций элементов, не имеющих свойства матрицы. При этом отборе случайно возникают новые связи и комбинации, часть которых случайно оказывается несущей большую информацию. Таким путем возникают часто новые идеи и многие новые общественные отношения, а также новые системы в неорганическом мире (от атомов до галактик).

Регуляция в системах подвижного равновесия

Обобщенный принцип Ле Шателье. Устойчивость систем подвижного равновесия выражается в обобщенном принципе Ле Шателье, называемом «законом адаптации». Как уже говорилось, обобщения этого принципа были сделаны Е. С. Федоровым, В. Банкрофтом, а также А. А. Богдановым. Очень близок к принципу Ле Шателье принцип «гомеостаза», введенный Кэптоном [66] и развитый Эшби [58]. П. де Латилем [69] сделала интересная попытка сведения идеи гомеостаза, как и «обратной связи», к более общему «универсальному закону» Банкрофта, т. е. к обобщенному принципу Ле Шателье — Федорова.

В своей обобщенной форме принцип Ле Шателье формулируется следующим образом: всякая система подвижного равновесия стремится измениться таким образом, чтобы свести к минимуму эффект внешнего воздействия. Как мы уже видели в главе о «Тектологии» Богданова, устойчивость систем равновесия объясняется все тем же механизмом отбора. Под влиянием возмущающих воздействий среды в такой динамической системе равновесия возникают всевозможные изменения, из которых менее благоприятные для системы отбором устраняются, а более благоприятные сохраняются. В результате такого внутрисистемного отбора возникает уравнивающая структурная тенденция, изменяющая эффект внешнего воздействия [5, ч. 1, стр. 258]. Следовательно, принцип Ле Шателье логически выводится из принципа отбора.

Бирегуляция и двойная связь. Во всех системах подвижного равновесия происходит двойное внутреннее регулирование — такова другая формулировка принципа Ле Шателье. Для обозначения систем, которым не нужен регулятор извне, потому что они сами себя регулируют, Богданов ввел понятие «бирегулятора». Уже примеры, приводимые Богдановым, позволяют сделать вывод, что механизм саморегулирования основан на механизме взаим-

ного матричного отбора. Механизм двойного взаимного регулирования очень распространен как в природе, так и в человеческой практике. Всюду, где мы наблюдаем устойчивые системы подвижного равновесия, имеется и бигуляция.

Бигуляция представляет собой фактически систему регулирования замкнутого цикла, т. е. эквивалента «обратной связи» в кибернетике. По свидетельству М. Лауэ [24, стр. 15], принцип «обратной связи», был введен в технику еще Христианом Гюйгенсом. В созданных им маятниковых часах имеется такого рода связь между управляемой и управляющей частями, которая обеспечивает обратную подачу управляющему органу переменного воздействия от управляемой системы. Такого рода связь Е. Румер в 1906 г. назвал «обратной связью». Термин Румера относился к искровым передатчикам, но в 1913 г. понятие обратной связи было введено также для передатчиков, работающих на электронных лампах. В 1911 г. идея обратной связи под названием «параллельно-перекрестного воздействия» была выдвинута также физиологом Н. А. Беловым [2], который рассматривал это воздействие как проявление общего закона, имеющего значение не только в биологии, но также в физике, химии и пр. (см. [26, 34]).

Н. Винер следующим образом определяет обратную связь: «Когда мы хотим, чтобы некоторое устройство выполняло заданное движение, разница между заданным и фактическим движением используется как новый входной сигнал, заставляющий регулируемую часть устройства двигаться так, чтобы фактическое движение устройства все более приближалось к заданному» [12, стр. 17]. Легко видеть, что это определение обратной связи относится в сущности только к автоматически регулируемым техническим устройствам и биологическим системам. Очень хорошим примером обратной связи в таком более узком смысле этого слова является одна из древнейших систем автоматического регулирования — приспособление на ветряных мельницах, дававшее возможность всегда держать их крылья против ветра. Это приспособление состояло из миниатюрной ветряной мельницы, которая могла поворачивать основную мельницу в нужном направлении. Крылья меньшей мельницы находились под прямым углом к крыльям основной мельницы. В тех случаях, когда крылья последней стояли под слишком малым углом к ветру, начинали вращаться крылья меньшей мельницы, которая и поворачивала крылья основной, ставя их в рабочее положение [41, стр. 43]. Обратная связь, осуществляемая в такой ветряной мельнице, вполне соответствует определению Винера.

Гораздо более широкое понимание обратной связи мы находим у Эшби [57, стр. 82]. Он считает, что если действие между частями динамической системы имеет круговой характер, когда обе части воздействуют друг на друга, то мы говорим, что в ней имеется обратная связь. Другими словами, обратной связью является любой замкнутый контур регулирования. Обратная связь в по-

нимании Эшби полностью совпадает с понятием бигуляции. Обратная же связь в узко кибернетическом смысле является, очевидно, частным случаем бигуляции.

Дифференциация и интеграция

Принцип дифференциации. Каково бы ни было сходство двух систем, двух лиц в человеческом обществе, двух особей в популяции или даже двух листьев на одном и том же дереве, между ними всегда окажутся какие-либо, пусть даже незначительные различия. При этом чем сложнее сравниваемые системы, тем, вообще говоря, больше будет этих различий. Наоборот, чем проще, однороднее системы, тем более сходны будут они между собой. Но, вероятно, даже элементарные частицы атома, не говоря о самих атомах, не бывают абсолютно одинаковы. Более того. И сама среда двух сравниваемых систем, их внешние отношения, тоже должны быть неодинаковы. И опять-таки, чем сложнее эти внешние отношения, тем, вообще говоря, более различны они должны быть. Поэтому, если мы даже допустим существование вполне однородной системы, состоящей из вполне одинаковых элементов, то при неизбежных различиях в условиях среды между отдельными частями системы обязательно возникнут различия и будут неуклонно возрастать. Как говорит Г. Спенсер, «различные части однородной агрегации неизбежно подвержены действиям разнородных сил, разнородных по качеству или по напряженности, вследствие чего и изменяются различно» [40, стр. 244]. Этот спенсеровский принцип неизбежно возникающей неоднородности внутри любых систем (принцип дифференциации) имеет первостепенное значение для тектологии и подробно рассматривается А. А. Богдановым.

Если даже система окружена однородной средой, то какова бы ни была степень однородности последней, внутрисистемная дифференциация будет неизбежно возрастать. «Однородная сила, сообщающаяся агрегату, производит несходные изменения в различных его частях, делая однородное многообразным, а многообразное еще более многообразным» [40, стр. 293]. При этом «всякая дифференцированная часть служит не только центром новых дифференцирований, но и источником их, ибо, делаясь все более и более отличной от других частей, она становится центром различных реакций на посторонние силы и, увеличивая, таким образом, разнообразие действующих сил, увеличивает разнообразие порождаемых ими следствий» [там же, стр. 268]. Спенсер приходит к выводу, что это «умножение следствий» всюду идет в геометрической прогрессии. Действительно, к первоначальным различиям неизбежно присоединяются новые различия и дифференциация все возрастает. А так как дальнейшие изменения должны оказаться все более несходными, то нарастание новых различий еще более усилится и процесс дифференциации будет прогрессивно возрастать. Он будет носить лавинообразный характер.

Дифференциация характеризуется необратимостью. В процессе органической эволюции высоко дифференцированные формы дают нередко начало менее дифференцированным, но эти последние никогда не повторяют строения предковых типов. Хотя степень дифференциации и может быть такой, как у предковых форм, или даже значительно ниже (как, например, у ряски), тем не менее характер дифференциации всегда оказывается иным.

Принцип взаимно-дополнительных соотношений. При дифференциации всякой системы отбор направляет ее развитие в сторону более устойчивых структурных соотношений между расходящимися подсистемами. Менее устойчивые соотношения между частями системы отменяются отрицательным отбором, а более устойчивые закрепляются положительным отбором. Совершенно очевидно, что наиболее устойчивыми соотношениями расходящихся частей являются такие, при которых эти части взаимно дополняют друг друга. Это — *дополнительные соотношения*, или комплементарные корреляции, повышающие устойчивость системы под внешними воздействиями, ее организованность (см. [5, ч. 2, стр. 18]). Системная дифференциация направляется по линии взаимно-дополнительных связей.

Таким образом, всякая дифференциация, всякое «разделение функций», всякая «специализация» частей организма или сообщества организмов идет по линии образования взаимно-дополнительных соотношений. Не только организмы и их сообщества, но и вся биосфера Земли может рассматриваться как одна система взаимно-дополнительных соотношений. Более того, в качестве взаимно-дополнительных частей одной системы можно даже рассматривать биосферу вместе с окружающей ее неорганической средой [там же, стр. 22], — идея, выраженная в концепции «экосистем» Тэнсли. Не менее яркими примерами являются вся система производства, взятая в целом, или любая последовательная научная теория и наука в целом, или язык. Этот же принцип лежит в основе дружбы, содружества и всяких иных устойчивых связей между людьми. Как пишет Т. Шибутани, «формирование любой частной сети межличностных взаимоотношений, а также ее устойчивость зависят от того, насколько включенные в нее личности в каком-то отношении взаимно дополняют друг друга» [50, стр. 295].

Во всех этих случаях части целого взаимно-дополнительны и находятся в непрерывном взаимодействии, которое выражается в форме взаимного функционального дополнения. В более общей форме можно сказать, что основой всякой устойчивой системной дифференциации является развитие взаимно-дополнительных связей между ее элементами.

Всякое взаимно-дополнительное соотношение представляет собой асимметричную, точнее, антисимметричную связь. Ведь в противном случае оно не было бы дополнительным, не обладало бы свойством комплементарности.

Противоречия системной дифференциации. Системная дифференциация означает возрастание различий, несоответствий между ее частями. Части целого становятся слишком различны в своей организации и различаются, в частности, также по силе их относительного сопротивления внешним воздействиям, что в конце концов приводит к разрушению системы. С развитием системной дифференциации неизбежно развиваются внутренние дисгармонии целого. Всякая реально развивающаяся система заключает в себе противоположно направленные, или «борющиеся», силы (принцип антагонизма С. Люпаско).

Значение возрастающих внутренних противоречий системы состоит в том, что обменные связи между отдельными звеньями системы имеют тенденцию к ослаблению, а это неизбежно приводит к понижению относительного сопротивления некоторых частей целого. И поскольку судьба целого определяется наименьшим относительным сопротивлением, сопротивляемость системы неизбежно понижается.

Таким образом, с одной стороны, системная дифференциация, через взаимно-дополнительные связи, приводит ко все большей устойчивости систем, а с другой стороны, через накапливающиеся несоответствия и «дисгармонии», она же приводит к их последующему разрушению. Эта универсальная двойственность системной дифференциации, проходящая через все уровни организации, является одним из важнейших тектологических обобщений.

Принцип интеграции. Возрастание системных расхождений неизбежно приводило бы всякую систему к разложению, если бы этому не противодействовала интеграция, т. е. возрастание целостности системы, упрочение связей и соподчинения ее частей.

Всякая интеграция возникает на основе и в результате дифференциации и является, в сущности, особой ее формой. Но функциональное значение интеграции иное, чем обычной дифференциации. Если дифференциация сама по себе есть возрастающее расхождение между частями системы, увеличение асимметричности внутрисистемных связей, то сущность интеграции сводится к тому, что усиливаются или возникают такие связи, которые направлены на ослабление системных противоречий и на сохранение функциональной целостности системы. Конечно, такие связи усиливаются или возникают опять-таки в результате дифференциации, но дифференциации, соответствующим образом направленной отбором.

Таким образом, системная интеграция основывается на механизме отбора, сохраняющем и усиливающим те связи и соотношения, которые увеличивают структурное и функциональное соответствие элементов системы. Этот механизм ослабляет и разрушает неустойчивые, дезорганизующие соотношения и тем самым уничтожает или нейтрализует элементы, нарушающие целостность системы. В результате происходит взаимное приспособление различных частей системы, их интеграция. Разрушая систем-

ные противоречия, интеграция создает условия для новой дифференциации на более высоком уровне.

Чем свободнее комбинируются элементы системы, тем, очевидно, более продуктивна работа отбора. Если же две такие системы вступят в конъюгационную связь и будут взаимно проникать и обмениваться элементами, то материал для отбора будет еще более богатым и разнообразным. Отсюда интегративное значение конъюгационных процессов, которые столь обстоятельно рассматриваются в «Тектологии» А. Богданова. Конъюгация приводит к взаимоприспособлению конъюгирующих объектов, достигаемому в результате взаимного отбора между ними, который совершается в сфере их взаимодействия, т. е. в конъюгационном поле.

Так, например, научная школа, в результате специализации (системная дифференциация) значительно разошедшаяся во взглядах между ее членами (системное противоречие), может частично или даже полностью устранить возникшие противоречия, если она установит достаточно сильный идейный контакт, идейную конъюгацию. Взаимное сближение, т. е. устранение слишком узкой специализации и идейных противоречий, создается на основе взаимного отбора. Отбор, совершаемый в сфере общения, укрепляет и умножает совпадающие элементы воззрений, сглаживает или устраняет элементы взаимно-исключающие. Еще полнее устраняются противоречия в случае слияния, или амальгамации, например, слияния двух научных школ.

В простейших случаях слияния, например, слияния двух капель воды с разными концентрациями растворов поваренной соли, происходит количественное выравнивание. Аналогичные, хотя, конечно, более сложные результаты дает во многих случаях биологическая копуляция. Но слияние может привести не только к количественному выравниванию, но и к возникновению новых особенностей и структур, дающих новый материал для отбора. Именно таково значение биологической конъюгации инфузорий, конъюгации хромосом в мейозе и процесса оплодотворения. Это уже не простое ослабление системных противоречий, а нечто большее — источник новых преобразований. Нередко слияние слишком разошедшихся систем приводит к новым противоречиям, но зато чем слабее расхождение, тем менее энергична перестройка и тем меньше она способна дать новых структурных комбинаций. Очевидно, в каждом отдельном случае должен существовать некоторый оптимум, т. е. наилучшее соотношение. Ослабление противоречий на основе конъюгации или слияния бесконечно распространено в природе и человеческой деятельности.

Ослабление системных противоречий есть только одна сторона процессов конъюгации и слияния. При всяком глубоком взаимодействии и соединении элементов разных частей системы или даже разных систем возможности дальнейшего развития возрастают. Так, соединение двух научных школ не только устраняет или по крайней мере ослабляет имевшиеся ранее противоречия, но

может быть условием для быстрого развития в новом направлении. Еще важнее для развития науки быстрая и свободная циркуляция научных идей и регулярные и эффективные международные связи активно работающих ученых, т. е. широкая «идейная конъюгация» в глобальном масштабе. Поэтому с каждым годом все более возрастает значение «мирового информационного потока» (см. об этом интересную книгу В. В. Налимова и З. М. Мульченко [31]).

Структурные типы интеграции. Существуют разные типы интеграции и, следовательно, разные типы интегрированных систем. Уже в таких системах, как периодическая или скелетная, мы наблюдаем определенную интеграцию. Так, обручи у бочки являются, несомненно, интегрирующим приспособлением, без которого она бы неизбежно распалась. Другим примером является волвер, где целостность поголовья животных сохраняется благодаря ограде. Аналогичный результат достигается в системах «каркасного» типа. Но в случае систем «оболочечного» и «каркасного» типа целостность системы сохраняется путем чисто статической, жесткой фиксации. Наряду с такими системами «жесткой» интеграции широко распространены различные динамические формы интеграции, где имеет место подвижный, гибкий характер связей и где целостность системы обеспечивается не внешними фиксирующими приспособлениями, а самой внутренней организацией. Такие самоорганизующиеся системы значительно более пластичны, более способны к перегруппировке элементов, а часто и к конъюгации, чем «оболочечные» и «каркасные».

Простейшим типом динамической интеграции, очень широко распространенным на всех уровнях организации, является *централизация*. Централистические системы характеризуются тем, что степень взаимной зависимости и взаимного влияния элементов системы становится различной и притом неравномерной, т. е. асимметричной. Со стороны одних элементов (например, солнца в солнечной системе) влияние больше, чем со стороны остальных элементов (в данном случае — планет). Для солнечной системы солнце является структурным центром (по Богданову, «агрессивным центром»), которым определяется связь и единство всей системы и от которого зависят *периферические элементы* — планеты. То же самое можно сказать о вожаке в стаде обезьян или о любом обобщающем понятии среди более частных. Аналогичные соотношения мы наблюдаем в атоме, в клетке, в организме с центральной нервной системой, в армии, администрации любого типа, в производственной иерархии и во всех других типах централистической организации. «*Централизованная система*, — пишут Холл и Фейджин [67], — это такая система, в которой один элемент или одна подсистема играет главную, или доминирующую, роль в функционировании всей системы. Эту часть можно назвать ведущей частью системы, или ее *центром*. Малые изменения в этой ведущей части отражаются на всей системе, вызывая значительные изменения в

ней. Такой процесс подобен действию триггера, который усиливает малые изменения в функционировании всей системы. Примером из политической жизни может служить тоталитарный режим, когда единопольные решения главы государства определяют поведение всей системы».

В централистическом типе все связи необратимы и сходятся к одному элементу — структурному центру. Функция этого центра, таким образом, существенно отличается от функции остальных элементов. Если мы имеем два или больше структурных центров, то системы в этих случаях будут, соответственно, бидентрическими и полицентрическими. Но обычным и наиболее распространенным типом является моноцентрический. Однако во всех случаях центральные структуры представляют собой главный центр пересечения всех основных внутрисистемных связей. Поэтому вполне понятно, что центральные структуры достигают часто очень высокой степени организации. Так, структурный центр человеческого организма — его мозг, потенциально является самым могучим из известных нам механизмов природы.

Следует подчеркнуть, что понятия центрального и периферического элемента относительны, как относительны все тектологические понятия. Если в одних отношениях центральной структурой является одна часть системы, то в других отношениях эту роль может играть другая часть. Так, даже в самых деспотических системах монарх или диктатор отнюдь не являлись центральными структурами для всех явлений общественной жизни. Наряду с центральной структурой государственной власти могут быть центры культурной жизни, например, науки, поэзии и пр. Великий поэт, как управляемый, относится в таких случаях к периферическим элементам, но как первый поэт страны он представляет собой центральную структуру, а деспот, наоборот, в этой последней структуре представляет один из периферических элементов. Все зависит от точки зрения и от задач исследования.

Наиболее сложным и совершенным типом централистической организации является *иерархический централизм*, представляющий собой иерархическую лестницу централистических форм. Примерами могут служить сложный многоклеточный организм, государственный аппарат, армия. Такая централистическая организация не может быть бесконечно большой. Дело в том, что по мере удлинения иерархической цепи ее низшие центры все меньше и меньше определяются центральной структурой всей системы (см. [5, ч. 2, стр. 144]). Для бесконечного ряда звеньев потребовалось бы, следовательно, бесконечное число «усилителей связи, что явно невозможно. Таким образом, цепное ослабление связи кладет предел концентрирующей силе всякой централистической интеграции и приводит к ослаблению триггерного эффекта центра. Кроме того, в том же направлении действует накопление системных противоречий, которые по мере удлинения цепи должны неизбежно увеличиваться. Поэтому ни в Египте эпохи фараонов, ни в

Германии времен Гитлера централизация фактически не могла быть полной и абсолютной.

Возникновение системных противоречий в централистических типах систем обязано главным образом возрастанию различий между центральными и периферическими элементами. Особенно характерны такие противоречия для системы иерархического централизма, что в наиболее яркой форме проявляется в недемократических типах обществ, особенно в деспотиях, а также в любых бюрократических социальных организациях. В таких случаях чрезмерный централизм («перерегулирование систем») может привести к ослаблению интеграции и возрастанию системных противоречий. Активность, эффективность подсистем понижается, и интеграция переходит в свою противоположность*. Системные противоречия в этих случаях могут быть разрешены лишь путем «демократизации» системы, т. е. автономизации субсистем и усиления конъюгационных взаимодействий между центральными и периферическими элементами и, тем самым, усиления механизма бигеуляции. В результате уменьшаются различия между центральными и периферическими элементами, укрепляются обратные связи и целостность, интегрированность общества возрастает. Таким образом, интеграция системы достигается лишь при оптимальной централизации, не блокирующей каналы обратной связи и не ограничивающей эффективное функционирование автономных периферических элементов и свободное циркулирование информации внутри и вне системы. «Вероятно, один из самых важных и интересных вопросов кибернетики можно сформулировать так: каким должно быть соотношение между самоорганизацией и централизованным управлением в большой системе для того, чтобы она была жизнеспособна. С этих позиций было бы интересно проанализировать существующие сейчас большие системы — технические, биологические, социальные», — пишут В. В. Налимов и З. М. Мульченко [31, стр. 185]. Вопрос этот, однако, не только кибернетический, но и более широкий, тектологический.

Структурные преобразования систем

Теория структурных преобразований систем находится лишь в зачаточном состоянии. В «Тектологии» А. А. Богданова этому вопросу посвящена глава «Кризисы форм» в 3-й части книги, но здесь мы находим лишь попытку анализа преобразований динами-

* «Продвижение активности невозможно в условиях жесткой организации сложной системы, когда состояние любой подсистемы необходимым образом связывается с состоянием всех других подсистем. Функционирование такой жесткой системы возможно лишь по определенной изначальной программе, когда функции всех подсистем строго «расписаны» и взаимосвязаны. Любое отклонение от принятой программы ведет к разрушению системы. Автономная организация позволяет, наоборот, за счет активного выбора наилучшей стратегии максимально использовать ресурсы каждой подсистемы, быстрее решать поставленные задачи» [19, стр. 90].

ческих систем (систем подвижного равновесия), причем попытку несколько одностороннюю. Почти не затронута эта фундаментальная проблема в «общей теории систем» Берталанфи, но ей посвящено несколько блестящих страниц в работах Эшби «Введение в кибернетику» и «Конструкция мозга». У Эшби, как и у Богданова, рассматриваются лишь преобразования динамических систем. В настоящее время нельзя дать сколько-нибудь удовлетворительную общую тектологическую теорию системных преобразований, и ниже мы сделаем попытку наметить лишь некоторые подходы к ее построению.

Понятие структурного преобразования. Всякое структурное преобразование системы сводится к изменению ее внутрисистемных связей. Структурное преобразование системы предполагает такое изменение системы, когда изменяются наиболее существенные ее связи. При этом нужно иметь в виду, что понятие «преобразование» столь же относительно, как и другие понятия тектологии. Его применение зависит от того, на каком структурном уровне и для решения каких задач ведется исследование системных связей. Так, например, в принципе всякая стадия в развитии организма может рассматриваться как структурное преобразование, а внутри каждой такой стадии можно установить множество стадий меньшего порядка. С этой точки зрения системным преобразованием можно считать как любую социальную реформу, так и коренную революцию, но это будут преобразования различного масштаба и глубины. Все зависит от задачи исследования.

Вероятные пути преобразования системы как бы уже заданы в ее структуре и в ее отношениях к среде. Правда, когда речь идет о достаточно сложных системах, особенно биологических и социальных, мы никогда не имеем ни совершенно сходных систем и ни совершенно сходных условий, что всегда нужно учитывать при такого рода прогнозах. Очень важно также другое обстоятельство. Дело в том, что, как справедливо указывает Богданов [5, ч. 3, стр. 24], «для одной и той же совокупности элементов нередко возможна не одна, а несколько разных форм предельного равновесия». Это особенно относится к биологическим и социальным системам, где существование нескольких форм «предельного равновесия», или заключительных стадий, особенно характерно. Еще более ярко выражено это множество возможных результатов преобразований в художественном творчестве. Но даже и у сложных систем число возможных «предельных равновесий» всегда ограничено.

Любая заключительная стадия любого структурного преобразования является лишь временной. В дальнейшей она сама неизбежно становится исходным пунктом для новых преобразований. Это, в первую очередь, относится к сложным системам, особенно биологическим, социальным, концептуальным, художественным. Так, в экологии растений принято считать, что в каждом данном типе местообитания со временем возникает некое естественное

заключительное сообщество (климакс), которое соответствует стадии предельного равновесия. Но, как пишет Шмитхузен [51, стр. 185], «все высказывания о заключительном сообществе являются весьма относительными. Строго говоря, ни развитие растительного сообщества, ни развитие почвы никогда не приходят к завершению, ибо с течением времени изменяется не только климат, изменяется также и комплекс видов, составляющих эти сообщества. Некоторые систематические единицы широко распространяются, другие вымирают, и в результате возникают новые формы». Никогда не приходят к завершению также все другие типы систем, достигшие «предельного равновесия», которое всегда относительно и временно.

Начальная и заключительные стадии системного преобразования связаны большим или меньшим числом более или менее выраженных переходных или промежуточных стадий. Такие переходные стадии очень хорошо выражены в естественных сменах растительных сообществ, известных под названием сукцессии. Каждая такая сукцессия развивается в определенном направлении, зависящем от условий местообитания и экологических особенностей населяющих видов. Через ряд промежуточных стадий сукцессия завершается заключительным сообществом, или климаксом.

Научное предвидение менее устойчивых и относительно быстротечных промежуточных состояний системы обычно гораздо труднее, чем прогноз конечных результатов преобразования. Ботанику гораздо легче предвидеть то заключительное растительное сообщество, которое сформируется в будущем в данном местообитании, чем установить те промежуточные стадии, через которые оно пройдет. Но прогноз конечной стадии обычно бывает и гораздо важнее.

Элементарные процессы системных преобразований. В системных преобразованиях различных типов могут участвовать следующие элементарные процессы и их комбинации: 1) уменьшение или увеличение числа элементов системы, 2) перестановка элементов системы, 3) дифференциальное изменение элементов системы, 4) полимеризация и олигомеризация, 5) конъюгация и гибридизация систем, 6) триггерный эффект.

Изменение количества элементов. Уже количественные изменения системы, происходящие в результате элементарных процессов конъюкции и дизъюкции, могут привести к большим или меньшим ее преобразованиям. Преобразование систем путем изменения числа элементов может происходить уже в гомогенных системах. Так, путем изменения числа элементов — молекул воды, озеро может превратиться в болото, и наоборот. Изменение числа особей в популяции, даже генетически вполне однородной, неизбежно влияет на изменение ее генетической структуры. Однако гораздо большее значение имеет изменение числа элементов в гетерогенных системах. В таких системах изменение числа элементов, особенно если это изменение носит дифференциальный характер,

может привести к резкому изменению наиболее существенных внутрисистемных соотношений и, тем самым, к изменению структуры системы. Так, при уменьшении числа особей в генетически гетерогенной популяции может резко измениться ее генетическая структура. Структурные преобразования большего или меньшего значения неизбежны также при дифференциальном изменении количественного состава любой достаточно гетерогенной социальной организации.

Перестановка элементов. Перестановку элементов, как впрочем и все другие тектологические понятия, нельзя понимать в чисто пространственном или даже пространственно-временном смысле, так как она возможна также в системах концептуальных, художественных и пр. Чем менее гомогенна система, тем большее значение приобретает взаимное расположение ее элементов (эффект положения). Наглядную иллюстрацию эффекта положения представляет явление изомерии в химии (главным образом в химии органических соединений). Очень убедительной иллюстрацией значения перестановки элементов в системе являются генетические данные об «эффекте положения» гена в хромосоме, показывающие, что когда в результате структурной перестановки ген оказывается в другом месте хромосомного набора, его действие может изменяться.

Замечательно, что бесконечное множество разных нуклеиновых кислот обеспечивается различной последовательностью в расположении всего лишь четырех оснований (аденина, цитозина, гуанина и тимина), а все многообразие первичной структуры белков сводится к строго определенной последовательности, всего около 20 (точнее, 22) аминокислот вдоль пептидной цепи. Таким образом, все разнообразие органического мира определяется в конечном счете эффектом положения оснований в цепочке ДНК и аминокислот в пептидной цепи. В социальных организациях эффект положения также чрезвычайно велик, особенно когда речь идет о перестановке элементов, связанных с триггерной функцией (в структурах централистического типа).

Дифференциация элементов. Дифференциальное изменение элементов системы, когда они изменяются в разной степени или в разных направлениях, также неизбежно приводит к преобразованию системы. В результате таких изменений гомогенная система превращается в гетерогенную (например, генетически однородная популяция превращается в генетически разнородную), а в гетерогенных системах изменяется характер внутрисистемных связей и возрастают внутрисистемные противоречия. При этом, чем гетерогеннее система, тем легче наступает дальнейшая дифференциация ее элементов. Еще Спенсер [40] говорил, что чем разнороднее (т. е. более дифференцирован) «агрегат», тем разнообразнее изменения, производимые в нем каким-нибудь простым фактором. Поэтому процесс дифференциации играет тем более важную роль, чем выше структурный уровень системы.

Полимеризация систем. Полимеризация представляет собой процесс соединения двух или больше систем одинаковой структуры и происхождения в новую, более сложную систему (полимер), в которой исходные системы (мономеры) становятся субсистемами. Этот процесс полимеризации распространен на всех структурных уровнях — от атомного до социального. Типичные примеры — образование кристаллов и возникновение многоклеточных организмов из одноклеточных. В обоих этих случаях, как и во многих других, полимеризация приводит к повышению структурного уровня. Примером полимеризации является также полиплоидия. Наряду с полимеризацией широко распространен также обратный процесс — олигомеризации, уменьшения числа одинаковых элементов системы.

Конъюгация и гибридизация систем. Когда в случае контакта двух или более систем происходит глубокое взаимодействие между ними, сопровождаемое обменом элементами, это неизбежно приводит к большому или меньшему их преобразованию. Такова конъюгация хромосом при кроссинговере, взаимное влияние двух научных концепций, художественных направлений или социальных систем. Когда же конъюгация систем приводит к образованию новой системы, объединяющей в себе элементы исходных систем, мы имеем гибридизацию в наиболее широком понимании этого слова. Обобщенное понятие гибридизации применимо не только к биологическим объектам, но и к машинам, научным теориям и к различным социальным институтам.

Далеко не всякий контакт двух систем приводит к их конъюгации, а тем более к гибридизации. В тех случаях, когда поле конъюгации узкое, и между системами не образуется связующих звеньев, контакт может привести к полной или частичной дезорганизации одной или обеих систем. Преобразование систем в случае коллизии выражается в их разрушении.

Триггерный эффект. Всякая энергетически замкнутая система, находящаяся в неравновесном состоянии и готовая выйти из этого состояния при наличии внешнего воздействия, называется спусковой, или триггерной. В технике спусковая (триггерная) схема представляет собой электрическое устройство с двумя устойчивыми состояниями равновесия, в котором переход из одного состояния в другое происходит чрезвычайно быстро под действием внутренних лавинообразно разворачивающихся процессов. Это начинается при воздействии на спусковую систему внешнего электрического сигнала, величина которого больше некоторого минимального уровня (порога срабатывания). Спусковыми механизмами являются также курок ружья, капкан, бочка с порохом или общество накануне революции. Системы такого типа широко распространены всюду. Для типичной формы спускового механизма характерна независимость силы и размеров кризиса от вызывающего агента, лишь бы он превышал «порог срабатывания». Минимум достаточной величины взрывающего агента за-

висит от степени напряженности отношений внутри системы. Чем ближе эта степень напряженности к возможному порогу, тем ниже достаточная величина взрывающего агента. Поэтому в тех случаях, когда степень напряженности невелика, характер и сила сигнала могут иметь заметное и даже большое влияние на ход взрыва. Величайшие достижения техники, начиная от зажигания огня и до освобождения внутриатомной энергии, достигались применением триггерного эффекта.

В структурных преобразованиях, совершающихся в природе и в общественной жизни, наблюдаются многообразные комбинации разных их типов, а часто они сменяют друг друга. Если явление очень сложно, то не всегда легко провести границы между сменяющими друг друга типами преобразования. В социальных преобразованиях многообразно комбинируются все типы.

Параллельное и конвергентное преобразование системы. Как мы видели, сходный материал и сходные условия среды приводят к сходным же конечным результатам в преобразовании систем. Отсюда широкое распространение параллельных форм и даже параллельных их рядов. Одни и те же кристаллические структуры возникают параллельно, если имеется достаточное сходство в материале и в условиях кристаллизации. Совершенно одинаковые формы социального строя, этические и правовые нормы и стили в искусстве возникли совершенно независимо у народов Старого и Нового Света (вспомним, например, цивилизацию майя и ее сходство с цивилизациями древнего Востока, особенно Египта). Весьма многочисленны случаи параллелизма в биологии, где они определяются систематической близостью организмов. Чем ближе систематические группы, тем чаще возникают у них параллельные структуры (закон гомологических рядов Н. И. Вавилова). Параллелизм — это не схождение (конвергенция), а параллельное (не дивергирующее) развитие сходных форм на основе структурного родства исходного материала.

Основой конвергенции является формирующее действие тождественной или сходной среды, приводящее к схождению форм, первоначально более или менее далеких друг от друга. В отличие от параллелизма, в процессе конвергенции сходство прогрессивно возрастает. Конвергенция определяется не столько общностью исходного материала (которая может быть и очень небольшой), сколько действием среды, которая выступает как бы в роли «отливочной формы», или матрицы. Технический процесс отливки является простейшей иллюстрацией конвергенции, хорошо объясняющей ее механизм, который, как это вполне ясно, сводится к определенному образом канализованному отбору. Структурно роль «отливочной формы» может играть всякая определенная среда. Так, сходная водная среда приводит к таким конвергентным формам, как рыба и кит (или дельфин), а сходная оптическая среда (световые волны в определенных границах длины) привела к во многом сходной конструкции глаза у высших моллюсков и выс-

ших позвоночных. Конвергенция наблюдается также в неорганическом мире. Хорошим примером является независимое образование сходных астрономических форм — конвергентных форм равновесия в космической среде.

Совершенно очевидно, что конвергенция систем возможна лишь там, где есть некоторая заранее наличная организационная их однородность: чем различнее организация систем, тем менее вероятно одинаковое отношение их к среде. Правда, эта структурная однородность в иных случаях может быть очень отдаленной.

Иерархия структурных уровней

Окружающий нас мир представляет собой многоступенчатую иерархию разных уровней организации, или структурных уровней*. Каждый следующий уровень характеризуется новыми, эмергентными свойствами, которые, как мы теперь знаем, нельзя свести непосредственно к свойствам компонентов. Утопическая концепция «редукционизма», столь характерная для механицизма XVIII и XIX вв., уступила место более реалистическому учению о качественно различных, «эмергентных» уровнях.

Протоны, электроны и другие элементарные частицы являются наиболее низкими из известных нам структурных уровней. В процессе отбора из элементарных частиц возникли атомы разной степени сложности. Атомы, в свою очередь, объединяются в молекулы разной степени сложности. Если молекулы располагаются в определенном геометрическом порядке, то возникает кристаллическая ячейка. Дальше иерархическая лестница как бы раздваивается. В мире неорганическом она разветвляется в грандиозную космическую иерархию соподчиненных астрономических систем. В мире органических соединений в процессе отбора возникли первые формы жизни. На этом уровне возникают совершенно новые эмергентные структурные принципы, отличающие жизнь от всего неживого.

Хотя имеются промежуточные структурные уровни между неживыми макромолекулами и живой системой, в первую очередь вирусы, но элементарной единицей жизни с полным основанием считается клетка. Далее, через ряд промежуточных структурных уровней (ткани, органы и системы органов), мы переходим к многоклеточному организму — следующему среди основных структурных уровней органического мира. Затем идут популяции и все другие надорганизменные уровни.

Переход от одного уровня к уровню следующего, более «высокого» порядка отнюдь не означает повышения упорядоченности или устойчивости. Нет ничего устойчивее атомов низших порядковых номеров, а упорядоченность кристалла максимальная.

* В согласии с В. И. Кремьянским [20, стр. 195], термин «структурные уровни» я предпочитаю термину «уровни организации».

Повышение или понижение упорядоченности и устойчивости может происходить на одном и том же структурном уровне (атомы разных порядковых номеров). Переход к следующему уровню заключается, очевидно, в другом, а именно в усложнении структуры и, тем самым, в усложнении связей со средой. С переходом к более высокому структурному уровню система оказывается в иной, более сложной среде.

Переход от более низкого структурного уровня к более высокому и обратно обычно обозначается терминами «прогресс» и «регресс». К сожалению, эти термины характеризуются очень большой семантической нагрузкой и страдают неопределенностью. В тектологии они могут пониматься только очень абстрактно, т. е. в наиболее общем смысле.

По Спенсеру, прогресс заключается в ряде дифференциаций, сменяющихся следующей за ними интеграцией и слиянием отдельных частей в общее целое: «Развитие, — пишет он, — есть интеграция материи, сопровождаемая рассеянием движения, во время которой материя переходит от состояния несвязной и неопределенной однородности к состоянию определенной и связной разнородности, а неизрасходованное движение претерпевает апалогичное же превращение» [40, стр. 238]. С этой точки зрения мерилом прогресса является не только дифференцированность системы, ее структурная неоднородность, но и ее интегрированность, или целостность, т. е. степень гармонизации частей. Если возрастание структурной неоднородности системы сопровождается усилением дисгармонии ее частей, то это уже не будет прогрессом.

Несколько иной, но близкий подход к понятию прогресса мы находим у Богданова [5, ч. 2, стр. 156]. «Тектологический прогресс, — пишет он, — основанный на пластичности, ведет к усложнению организационных форм, ибо в них накапливаются приспособления к новым и новым, изменяющимся условиям. Усложнение, в свою очередь, благоприятно для развития пластичности, так как увеличивает богатство возможных комбинаций. Поэтому, в общем, чем выше организация, тем она и сложнее, и пластичнее». Конечно, усложнение само по себе нельзя считать единственным мерилом прогресса. Хорошо известно, что многие прогрессивные изменения организмов и социальных структур сопровождаются их упрощением, а не усложнением. Но если взять органическую эволюцию в целом, то, несомненно, высшие группы растений и животных организованы сложнее, чем низшие.

Объективным критерием прогресса является соотношение системы и среды. Прогресс выражается в увеличении суммы связей со средой. Чем прогрессивнее система, тем большего разнообразия достигли ее связи с элементами внешней среды. Количественной же мерой прогресса является информация. Прогресс состоит в увеличении количества информации, заключенной в структуре системы. Количество информации, приобретаемой в результате прогрессивного преобразования, равно тому количеству

неопределенности, которое при этом уничтожается. В молекуле больше информации, чем в атоме, в клетке — больше, чем в молекуле, в организме — больше, чем в клетке, и т. д.

В отличие от прогресса, регресс представляет собой уменьшение разнообразия, т. е. характеризуется уменьшением количества информации. У редуцированного растения или животного, происшедшего от высокоразвитого предка (типичный пример — паразиты), произошло уменьшение разнообразия элементов и, следовательно, уменьшение количества информации.

Принцип гетеробатмии

В случае сложных систем, состоящих из относительно автономных субсистем, оценка общего структурного уровня системы затрудняется неравномерностью происходящих в ней преобразований. Очень характерна такая неравномерность в преобразовании отдельных субсистем в биологических системах, где она приводит к внутрисистемной структурной «разноступенчатости», названной мною гетеробатмией (от греч. bathmos — ступень, уровень; см. [71a]). В результате неравномерной эволюции отдельных его частей (субсистем) организм может состоять из органов или даже тканей, находящихся на разных ступенях эволюции. Гетеробатмия между разными частями организма бывает выражена тем сильнее, чем онтогенетически и эволюционно менее зависимы они друг от друга, более автономны, как, например, в случае цветка и проводящей системы стебля. Наоборот, чем более интегрирован организм, чем более взаимозависимы его отдельные части, тем менее выражена гетеробатмия. Поэтому у высших животных она значительно слабее, чем у высших растений. В то же время гетеробатмия наиболее сильно выражена в системах, подвергающихся глубокой перестройке. Так, она особенно заметна у наиболее примитивных представителей новых систематических групп. В процессе же дальнейшей эволюции гетеробатмия постепенно выравнивается.

Гетеробатмия не менее характерна для социальных систем, где она также зависит от двух условий — степени автономности субсистем и глубины и скорости трансформации системы. Поэтому особенно яркие проявления гетеробатмии можно наблюдать в быстро развивающихся странах, где причудливо переплетаются древние социальные институты с современными. Можно ли представить более яркий пример гетеробатмии, чем сочетание лука и стрелы с транзисторным приемником у юноши в горах Новой Гвинеи, — картина, которую я наблюдал летом 1974 г. По-видимому, принцип гетеробатмии универсален для всех сложных систем, испытывающих быстрые и радикальные преобразования.

Заключение

В последние годы получили широкое развитие так называемые «системные исследования». Было бы неправильно ставить знак равенства между тектологией и «системными исследованиями». Системные исследования выходят далеко за рамки тектологии и включают всевозможные методы изучения «сложных объектов, обладающих системными свойствами», особенно больших систем. В этих исследованиях пользуются самыми разными теоретико-системными концепциями, которые «фактически отказались от претензий на всеобщность и обычно достаточно четко ориентируются на исследование строго определенных классов системных объектов — абстрактно-математических, биологических, технических, используя при этом языки теории множеств, алгебры, логики, теории вероятностей и т. д.» [4, стр. 20]. Эти специализированные «теории систем» уже сильно отходят от более общих тектологических задач, сформулированных Богдановым и Берталанфи, и преследуют более узкие и конкретные, обычно прикладные цели, чаще всего сводясь к попыткам построения математических моделей поведения различных типов систем.

В отличие от этих специализированных системных исследований, тектология представляет собой общее учение об универсальных структурных закономерностях основных типов систем, характерных для разных природных и социальных явлений и разных структурных уровней. Ее интересуют «универсальные типы и закономерности строения» [5, ч. 3, стр. 202], наиболее общие структурные типы систем разных классов и наиболее общие законы их преобразования («изоморфизмы законов»). По своему характеру тектология столь же универсальна, как и математика. Это различие в задачах тектологии и системных исследований влечет за собой различие в используемых ими методах.

В то время как системные исследования пользуются преимущественно формальными, математическими методами описания строго определенных классов систем, тектология строит свои абстрактные модели, обобщая материал множества конкретных наук, и разрабатывает свою концептуальную систему на основании содержательного анализа понятий, одновременно строго формально их уточняя. Вся стратегия исследования здесь иная. Тем самым тектологические построения носят эмпирически-содержательный, а не формально-математический характер. Отрыв от конкретных наук и преждевременная математизация лишили бы тектологию ее содержательного характера, превратив ее в ветвь математики. Совершенно правы И. В. Блауберг, В. Н. Садовский и Э. Г. Юдин [4, стр. 35], когда они пишут, что «одна из причин ограниченности ряда современных версий общей теории систем состоит в том, что эти концепции акцентируют внимание на формальных, математических проблемах описания систем, в то время как содержательный базис такой теории еще не получил удовлетворительной разра-

ботки». Авторы этих концепций рассматривают теорию систем как логико-математическую дисциплину и выступают за чисто математическое рассмотрение свойств систем, что, как они думают, обеспечивает теорию «всеобщность и абстрактность» (см. особенно [16, стр. 878—879]). Глубокое заблуждение! Математика отнюдь не владеет монополией на абстракцию, и тектологические понятия системы, элементов и связей не менее абстрактны, чем любые математические понятия. Однако раздаются и более трезвые голоса, в частности А. Рапопорта [36, стр. 104], который предостерегает от «слишком большой веры в математическую общую теорию систем». По его мнению, «разумнее рассматривать математическую абстрактную теорию систем как существенный вклад в концептуальный багаж современного ученого, а не как метод, который должен затмить все другие методы».

Возрастающее применение системного подхода в технике, в организации производства и управления неизбежно стимулирует развитие математической теории определенных классов систем на базе теории множеств и других областей математики. Однако, как указывает Месарович, математическую теорию систем можно было бы упрекнуть в том, что «в ней накладываются строгие ограничения на описание поведения реально существующих систем, особенно если дело касается сложных биологических или социальных явлений» [30а, стр. 169]. Но Месарович не дает убедительного ответа на это им же сформулированное возражение. Между тем становится совершенно очевидным, что злоупотребление математическими понятиями и методами без глубокого знания содержательной стороны вопроса обычно создает лишь видимость знания. Внешне все это очень эффектно и производит впечатление высокой научности, но далеко не всегда приближает нас к истине.

Тектологические обобщения нельзя вывести дедуктивно из аксиом и постулатов. Соответствующие концептуальные схемы могут быть созданы лишь в результате обобщения и систематизации всего многообразия реальных структурных отношений в природе и в человеческом обществе. Тектология — это «всеобщая естественная наука», и как естественная наука она должна опираться прежде всего на эмпирический материал. Будущее тектологии будет зависеть от правильного определения ее предмета и задач и правильной стратегии ее развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова Н. Т.* К определению понятия «уровень организации». — «Структурные уровни биосистем». М., 1967.
2. *Белов Н. А.* Учение о внутренней секреции органов и тканей и его значение в современной биологии. — «Новое в медицине». Вып. 22, 1911, стр. 1228—1236.
3. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системные исследования и общая теория систем. — «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.

4. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
5. Богданов А. А. Всеобщая организационная наука (тектология). изд. 3, ч. 1—3. М.—Л., 1925—1929. (Первые две части в 1926 и 1928 гг. опубликованы в немецком переводе).
6. Богданов А. А. Борьба за жизнеспособность. М., 1927.
7. Бозделов В. П. О состоянии и задачах теории организации. — «Организация и управление (вопросы теории и практики)». М., 1968.
8. Боулдинг К. Общая теория систем — скелет науки. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
9. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., 1960.
10. Брюейкер Дж. Сельскохозяйственная генетика. М., 1966.
11. Венинг Мейнец Ф. А. Пластическое вычленивание земной коры: происхождение геосинклиналей. — «Земная кора». М., 1957.
12. Винер Н. Кибернетика. М., 1958.
13. Глинский Б. А., Грязнов Б. С., Дылин Б. С. и Никитин Е. П. Моделирование как метод научного исследования (гипотезологический анализ). М., 1965.
14. Голдман С. Теория информации. М., 1957.
15. Дарвин Дж. Приливы и родственные им явления в солнечной системе. М., 1923.
16. Заде Л. От теории цепей к теории систем. — «Труды Института радиотехники», 1962, т. 50, ч. 1.
17. Кастлер Г. Алгебра теории информации. — «Теория информации в биологии». М., 1960.
18. Китайгородский А. И. Порядок и беспорядок в мире атомов. М., 1956.
19. Краевец А. С. Вероятность и системы. Воронеж, 1970.
20. Кремлянский В. И. Структурные уровни живой материи. М., 1969.
21. Крик Ф. Строение вещества наследственности. — «Физика и химия жизни». М., 1959.
22. Кэмпбелл Д. Т. Слепые вариации и селективный отбор как главная стратегия процессов познания. — «Самоорганизующиеся системы». М., 1964.
23. Ланцош К. Вариационные принципы механики. М., 1965.
24. Лауэ М. История физики. М., 1956.
25. Садовский В., Юдин Э. Система. — «Философская энциклопедия», т. 5, М., 1970.
26. Малиновский А. А. Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение. — «Проблемы кибернетики», 1960, № 4.
27. Малиновский А. А. Организация. — «Философская энциклопедия». т. 4. М., 1967.
28. Малиновский А. А. Пути теоретической биологии. М., 1970.
29. Малиновский А. А. Общие вопросы строения систем и их значение для биологии. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
30. Месарович М. Основания общей теории систем. — «Общая теория систем». М., 1966.
- 30а. Месарович М. Общая теория систем и ее математические основы. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
31. Налимов В. В., Мульченко З. М. Наукометрия. М., 1969.
32. Овчинников Н. Ф. Категория структуры в науках о природе. — «Структура и формы материи». М., 1967.
33. Овчинников Н. Ф. Структура и симметрия. — «Системные исследования. Ежегодник 1969». М., 1969.
34. Петрушенко Л. А. Концепция параллельно-перекрестного взаимодействия («закон замкнутых пространств») и философские взгляды русского физиолога Н. А. Белова. — «Организация и управление». М., 1968.
35. Лойя Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957.
36. Рапопорт А. Математические аспекты абстрактного анализа систем. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
37. Северцов А. Н. Морфологические закономерности эволюции. — Собр. соч., т. V. М.—Л., 1949.
38. Сетров М. И. Об общих элементах тектологии А. Богданова, кибернетики и теории систем. — «Ученые записки кафедр общественных наук вузов г. Ленинграда. Философия», вып. 8. Л., 1967.
39. Сетров М. И. Принцип системности и его основные понятия. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
40. Спенсер Г. Основные начала. СПб., 1899.
41. Тастин А. Обратная связь. — «Автоматическое управление». М., 1964.
42. Тахтаджян А. Л. Основы эволюционной морфологии покрытосемянных. М.—Л., 1964.
43. Теплов Л. Очерки о кибернетике, изд. 2. М., 1963.
44. Тода М. и Шурфорд Э. Х. (мл.). Логика систем: введение в формальную теорию структуры. — «Исследования по общей теории систем». М., 1969.
45. Уемов А. И. Некоторые тенденции в развитии естественных наук и принципы их классификации. — «Вопросы философии», 1961, № 8.
46. Федоров Е. С. Перфекционизм. — «Известия С.-Петербургской биологической лаборатории», т. 8 (1), т. 8 (2). СПб., 1906.
47. Федоров Е. С. Природа и человек. — «Природа», 1947, № 4.
48. Фейнман Р., Лейтон Р. и Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, вып. 6. Электродинамика. М., 1966.
49. Шафрановский И. И. Симметрия в природе. Л., 1968.
50. Шибутани Т. Социальная психология. М., 1969.
51. Шмитцхен И. Общая география растительности. М., 1966.
52. Штофф В. А. Роль моделей в познании. Л., 1963.
53. Шубников А. В. Образование кристаллов. М.—Л., 1947.
54. Шубников А. В. Симметрия и антисимметрия конечных фигур. М., 1951.
55. Шубников А. В. Симметрия подобия. — «Кристаллография», 1960, вып. 5.
56. Эшби У. Росс. Схема усилителя умственных способностей. — «Автоматика». М., 1956.
57. Эшби У. Росс. Введение в кибернетику. М., 1959.
58. Эшби У. Росс. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М., 1962.
59. Юдин Э. Г. Методологические проблемы исследования самоорганизующихся систем. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
60. Bancroft W. D. A Universal Law. — «Science», 1914, v. 33.
61. Bertalanffy L. von. An Outline of General System Theory. — «British Journal Philosophy of Science», 1950, v. 1.
62. Bertalanffy L. von. General System Theory: a New Approach to Unity of Science. — «Human Biology», 1951, v. 23.
63. Bertalanffy L. von. An Essay on the Relativity of categories. — «Philosophy of Science», 1955, v. 223.
64. Bertalanffy L. von. General System Theory, — A Critical Review, — «General System», 1962, v. VII. (Перевод — «Исследования по общей теории систем». М., 1969).
65. Boltzman L. Die Methoden der theoretischen Physik. Populäre Schriften. Leipzig, 1905.
66. Cannon W. B. The Wisdom of the Body. London, 1932.
67. Hall A. D., Fagen R. E. Definition of System. — «General Systems», 1956, v. 1. (Перевод — «Исследования по общей теории систем». М., 1969).
68. Kotarbiński T. Traktat o dobrej robocie. Łódź, 1955.
69. Latil P. de. La Pensée artificielle. Gallimard, 1953.
70. Lotka A. J. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925.
71. Petrovich M. Mécanismes communs aux phénomènes disparates. Paris, 1921.
- 71 a. Takhtajan A. L. Die Evolution der Angiospermen. Jena, 1959.
72. Volterra V. Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour vie. Paris, 1921.
73. Witzeman E. J. Mutation and Adaptation as Component Parts of a Universal Principle. I. The Principle of Rythm and Periodicity. II. The Autocatalysis curve. III. The Spectrum of Life. IV. The Behavior of Organized Units. — «American Naturalist», 1933—1934, v. 67.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

- ВИНОГРАДОВ ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ** — кандидат филологических наук, научный сотрудник Института языкознания АН СССР.
- ГОРОХОВ ВИТАЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ** — ведущий инженер НИИ средств управления.
- ГИНЗБУРГ ЕФИМ ЛАЗАРЕВИЧ** — кандидат филологических наук, научный сотрудник Института русского языка АН СССР.
- ГРАБАРЕВ ЮРИЙ Ильич** — научный сотрудник Сибирского автомобильно-дорожного института, г. Омск.
- КАСЬКОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ** — ассистент кафедры философии Новомосковского филиала Московского химико-технологического института им. М. В. Ломоносова.
- КОСТЮК ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ** — кандидат философских наук, доцент кафедры философии Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова.
- ЛАДЕНКО ИОСАФ СЕМЕНОВИЧ** — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института экономики СО АН СССР.
- ЛЯПУНОВ АЛЕКСЕЙ АНДРЕЕВИЧ** — член-корреспондент АН СССР, СО АН СССР.
- НИКАНОРОВ СПАРТАК ПЕТРОВИЧ** — главный специалист научно-исследовательского сектора Института «Оргэнергострой».
- НОВАРОВ ГЕЛЛИНИ НИКОЛАЕВИЧ** — кандидат технических наук, доцент кафедры кибернетики Московского инженерно-физического института.
- ПОРТНОВ ГРИГОРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ** — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Одесского отделения Института экономики АН УССР.
- САДОВСКИЙ ВАДИМ НИКОЛАЕВИЧ** — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР.
- ТАХТАДЖЯН АРМЕН ЛЕОНОВИЧ** — член-корреспондент АН СССР, Ботанический институт им. В. Л. Комарова АН СССР.
- УЕМОВ АВЕНИР ИВАНОВИЧ** — доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой философии Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова.
- УРМАНЦЕВ ЮНИР АБДУЛЛОВИЧ** — кандидат биологических наук, научный сотрудник Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР.
- ЮДИН БОРИС ГРИГОРЬЕВИЧ** — кандидат философских наук, научный сотрудник Института конкретных социальных исследований АН СССР.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ	5
А. А. ЛЯПУНОВ В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы?	5
В. Г. ЮДИН Становление и характер системной ориентации	18
В. Н. САДОВСКИЙ Некоторые принципиальные проблемы построения общей теории систем.	35
С. П. НИКАНОРОВ Системный анализ и системный подход	55
В. Г. ГОРОХОВ Множественность представлений системы и постановка проблемы системного эталона	72
ФОРМАЛЬНЫЙ АППАРАТ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ	79
Н. Н. КАСЬКОВ Теоретико-множественное определение понятия системы	79
В. А. ВИНОГРАДОВ, Е. Л. ГИНЗБУРГ Система, ее актуализация и описание	93
Г. Я. ПОРТНОВ А. И. УЕМОВ Исследование зависимостей между системными параметрами с помощью ЭВМ	103
Ю. А. УРМАНЦЕВ Опыт аксиоматического построения общей теории систем	128
ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ К АНАЛИЗУ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ И К ИСТОРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ	153
Г. Н. ПОВАРОВ То Daidálu pteró (К познанию научно-технического прогресса)	153
И. С. ЛАДЕНКО, Ю. И. ГРАБАРЕВ К проблеме системного исследования науки (анализ системного замещения)	171
В. Н. КОСТЮК Эпистемические критерии в системах знания	180
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ ИДЕЙ	200
А. Л. ТАХТАДЖЯН Тектология: история и проблемы	200
Авторы выпуска	278