

В ЧЕМ СОСТОИТ СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ПРИРОДЫ

А.А.Ляпунов

/доклад, прочитанный в Институте философии АН СССР, январь 1969/.

1. Интуитивное представление о системах.

Начнем с того, что приведем типичные примеры больших систем.

1. Человеческое общество. Имеются индивидуумы, т.е. люди, которые составляют общество. Каждый индивидуум обладает способностью совершать некоторые поступки и ориентироваться в той обстановке, где он находится. Для этой ориентации ему необходимо иметь определенные сведения о том, что происходит в окружающем его мире. Вообще говоря, он ставит перед собой определенную цель. Сообразуясь с имеющимися сведениями, он принимает определенные решения, т.е. выбирает свой образ действия и затем совершает определенные поступки.

Если присмотреться к поведению многих людей, то легко обнаружить, что постоянно бывает, что целая группа людей, договорившись, действует согласованным образом. Такие группы, или коллективы, как их называют, обмениваются сведениями, принимают совместное решение и действуют сообща. Далее, нередко случается, что некоторые группы вступают между собой в контакт и вырабатывают общую согласованную линию поведения. В других случаях ряд коллективов функционирует независимо друг от друга, и последствия их деятельности сочетаются между собой случайным образом. Наконец, бывает и так, что некоторые коллективы ставят перед собой противоположные цели. Между ними возникает соперничество или даже открытая борьба.

Все это общеизвестно. Нас интересует некоторая схематизация. Система состоит из элементов. Эти элементы обладают способностью обмениваться информацией, в результате чего возникают подсистемы, относительно автономные и выполняющие согласованные действия. Такие подсистемы связаны между собой иерархическим образом, т.е. подсистемы определенных уровней объединяются в подсистемы высокого уровня. При этом циркуляция информации определяет поведение отдельных элементов, а также рассматриваемых подсистем. Это воздействие циркулирующей информации на поведение называется управлением.

При изучении человеческого общества возникают следующие вопросы.

1/ Зная принцип управления, господствующий в обществе, выяснить, какой режим поведения установится в обществе в целом.

2/ Как нужно организовать управление обществом для того, чтобы в нем установился режим, который представляется желательным.

3/ Имея перед глазами некоторое реальное общество, выяснить, какие потоки информации и какие принципы управления в нем господствуют.

ют и как они создают тот режим поведения, который в этом обществе наблюдается.

4/ Какой прогноз можно высказать о судьбе данного общества.

5/ Как надлежит менять управление в данном обществе для того, чтобы в будущем в нем установился некоторый режим, представляющий-ся желательным.

2. Отрасль производства или народное хозяйство. Имеются элементы, отдельные производящие организации. Эти организации получают определенные сведения о том, какую продукцию они должны поставить. В связи с этим они выбирают свой образ действия, в частности, они устанавливают некоторые контакты с другими организациями. В результате формируется режим управления в каждой отдельной организации, возникают коллективы организаций, т.е. подсистемы рассматриваемой системы, и возникает некоторый глобальный режим системы в целом. Здесь возникают в точности такие же задачи, как при изучении человеческого общества.

3. Живой организм. В качестве исходных элементов можно рассматривать отдельные клетки. Объединение клеток образует органы. Органы объединяются в системе органов. Наконец, системы органов формируют организм в целом. Мы также можем рассматривать это как последовательное объединение клеток в определенные подсистемы, подсистем в подсистемы высшего уровня и т.д. В пределах организма имеется целый ряд потоков управляющей информации, которая определяет режим поведения его частей. Сюда относятся системы нервных импульсов, внешние раздражения, воспринимаемые рецепторами данного организма и трансформирующиеся в этих рецепторах в нервные импульсы, а также химические сигналы, возникающие в самом организме, т.е. химический состав крови в тех или других частях системы кровообращения.

4. Таким же образом можно рассматривать популяции, состоящие из индивидуумов и разбивающиеся на стада, семьи и т.п., биогеоценозы разных уровней, которые разбиваются либо на соседствующие ценозы низших уровней, либо на отдельные популяции; а также вычислительные машины, состоящие из большего количества деталей и специальных устройств, или другие системы автоматов. Можно отметить некоторые общие черты, характерные для названных объектов.

1/ Наличие некоторых элементов, способных воспринимать, хранить, перерабатывать информацию, а также изменять свое состояние. Тип переработки информации, осуществляемый элементом, зависит от его состояния. Само состояние элемента зависит от поступающей к нему информации.

2/ Наличие каналов связи, по которым эти элементы обмениваются информацией.

3/ Наличие относительно автономных подсистем, находящихся в иерархическом соподчинении.

4/ Практическая невозможность совершенно полного выяснения всех

имеющихся связей и состояний элементов отчасти ввиду их весьма большого числа, отчасти ввиду технической трудности.

5/ Высший ярус иерархии может формироваться по одному из двух способов:

а/ структурно, т.е. так, что возникают специальные каналы связи, по которым строго определенные подсистемы обмениваются информацией между собой и которые функционируют стабильно;

б/ статистически, когда обмен информацией между подсистемами происходит в некотором случайном режиме.

Для структурного способа характерно сравнительно высокое быстродействие, т.е. быстродействие высшего яруса вполне сравнимо с быстродействием низшего яруса. Для статистического способа характерна более высокая устойчивость, особенно в случае большого числа взаимодействующих подсистем. В этом случае интегральный режим описывается на базе предельных теорем теоретико-вероятностной природы, поэтому выход из строя или аномальная работа небольшого числа взаимодействующих элементов или подсистем в большинстве случаев существенного влияния на режим в целом оказать не может. С другой стороны, при статистическом способе формирования высшего яруса длительность переходных режимов обычно больше, чем при структурном способе. На описанной почве возникает проблематика теории больших систем, которая, по сути дела, является составной центральной частью кибернетики. Более подробно и более отчетливо представления о системах, изучаемых кибернетикой, описаны в статье [1].

П. Управляющие системы /У.С./ по Яблонскому

У.С. является некоторым схематическим описанием реальных объектов, которые воспринимаются нами как системы. В основе каждой У.С. лежит некоторый ориентированный граф, ребрами которого являются связи. В узлах графа находятся элементы У.С. Некоторые элементы способны воспринимать сигналы, приходящие из внешнего мира. Это входные полюса. Некоторые другие выдают сигналы во внешний мир. Это выходные полюса. Остальные называются внутренними элементами системы. У элементов отмечены входы и выходы. Входами являются концы инцидентных с ними ребер, выходами - начала инцидентных с ними ребер. По входящим ребрам к элементу поступают сигналы, по исходящим от элемента исходят сигналы. Внутри элемента осуществляется преобразование входящих сигналов в исходящие. Каждому каналу связи отвечает определенный язык, на котором кодируются циркулирующие в нем сигналы. Закон преобразования входных сигналов в выходные для заданного элемента может зависеть от его состояния. Каждому элементу отвечает некоторый набор возможных состояний. Переход из одних состояний в другие осуществляется под действием тех же входных сигналов.

В действительности для перехода из одного состояния в другое

элементу требуется некоторое время, и, вообще говоря, в нем возникает некоторый переходный режим. Воздействие сигналов, поступающих в некоторый элемент, когда он находится в переходном режиме, нередко бывает неустойчивым. Поэтому при описании У.С. приходится вводить так называемый внешний алгоритм, т.е. алгоритм, который дает полное описание функционирования системы в целом, включая и то, что связано с переходными режимами элементов. Каждая У.С. реализует некоторый алгоритм переработки информации, который состоит в том, что поступающие сигналы перерабатываются в выходные сигналы всей системой в целом. Этот алгоритм называется внутренним алгоритмом системы. Роль У.С. по отношению к внешнему миру именно и состоит в реализации ее внутреннего алгоритма, а также в последовательной смене состояний ее элементов.

Здесь нужно сделать некоторые оговорки.

1. Когда речь идет об У.С. и связанных с ней алгоритмах, то, в частности, допускается рассмотрение непрерывно функционирующих алгоритмов /хотя наиболее типичные задачи относятся к дискретным алгоритмам/, а также рассмотрение алгоритмов со случайными актами, т.е. некоторая разновидность случайных процессов. Кроме того, возможны потоки информации весьма разнообразной природы. Наиболее характерными являются два типа потоков: 1/ потоки информации в собственном смысле этого слова, т.е. системы сигналов, которые могут преобразовываться одни в другие, передаваться по различным каналам связи и для которых характерно лишь то, что после своего уничтожения они не могут быть восстановлены; 2/ потоки материи, которые удовлетворяют законам сохранения и, следовательно, не могут размножаться, но допускают акты взаимной замены. С общей точки зрения как то, так и другое, при описании У.С. рассматривается как информация. Наконец, в У.С. допускаются акты случайного характера, а также акты, изменяющие структуру самой У.С. Общая схема изучения конкретных У.С. различной природы дана в [2].

2. При изучении У.С. возникает целый ряд характерных вопросов, которые относятся каждый раз к конкретной У.С., но между которыми имеется глубокая общность, в результате чего оказывается возможным систематизировать их в некотором общем плане и дать их описание, практически не зависящее от того, о какой индивидуальной У.С. идет речь. Прежде всего возникает макроподход к изучению У.С. Сюда входят выявление ее входных и выходных полюсов, потоков поступающей и исходящей информации, способов кодирования этой информации /или языка, на котором она написана/, а также суждение о внутреннем алгоритме системы, т.е. о законе переработки поступающих сигналов в выходные сигналы, и, наконец выяснение того, как проявляется функционирование данной У.С. во внешнем мире.

После завершения в какой-то степени макроподхода возникает микроподход к изучению У.С. Он состоит прежде всего в выделении элемен-

тов У.С., в изучении их функционирования/здесь можно говорить о макро-подходе к изучению каждого отдельного элемента/, в установлении каналов связи и построении соответствующего графа, в нахождении внешнего алгоритма, описывающего функционирование системы в целом. После этого возникают более специальные вопросы, касающиеся изучения данной У.С. Это анализ ее функционирования, т.е. выяснение того, как внутренний алгоритм системы формируется под действием ее внешнего алгоритма и функционирования ее элементов. /При этом приходится принимать во внимание возможность изменения структуры У.С. в целом в процессе ее функционирования. Некоторые каналы связи, а также элементы могут отключаться или заменяться другими. При этом будет изменяться граф системы, набор ее элементов, а также внутренний и внешний алгоритмы системы и ее функционирование во внешнем мире/. Возникают вопросы, относящиеся к изучению надежности работы системы и характера в ней сбоев, эволюции этой системы во времени, устойчивости ее функционирования. Наконец, в силу того, что возможен ряд У.С. с близкими свойствами, возникает вопрос об их классификации, т.е. о выяснении общих черт сходства и различия между рассматриваемыми У.С. Далее, как "в сказке про белого бычка", все начинается сначала, только при другом характере требований, а именно: нередко бывает, что отдельные элементы У.С. могут рассматриваться как самостоятельные У.С. С другой стороны, при классификации У.С. возникает вопрос о сравнительном изучении ряда У.С., близких по свойствам, и это изучение в общем проводится примерно по той же схеме. Отметим только, что членение У.С. на элементы, вообще говоря, может быть неоднозначным. Оно зависит, с одной стороны, от характера требований, предъявляемых к изучению данной У.С., с другой стороны, от искусства исследователя.

При этом необходимо считаться с тем, что в каждом конкретном случае процедура спуска от системы в целом к ее элементам является ограниченной и представление о возможном ее неограниченном продолжении бессодержательно. В то же время представление о том, что процесс формирования новых систем на пути объединения между собой уже имеющихся на почве каких-то их взаимодействий может разворачиваться неограниченно, имеет полный смысл. В самом деле, все вопросы прогресса социального, технического, а также научного могут рассматриваться именно с такой точки зрения. Считать, что все эти процессы заранее ограничены, нет никаких оснований. /Аналогия с индукцией!/

Отметим, также, что наряду с вопросами, относящимися к изучению существующих или потенциально возможных У.С., встанут еще вопросы синтеза У.С., обладающих заданным функционированием, отправляясь от элементов наперед заданной природы. Здесь возникает ряд специфических вопросов.

1. Проблема полноты состоит в том, чтобы выяснить, может ли любая У.С. из наперед заданного класса быть осуществлена из элементов

наперед заданной природы при условии, что возможные способы соединения этих элементов между собой заранее точно очерчены. Например, произвольная функция алгебры логики может быть осуществлена контактной схемой из замыкающих и размыкающих контактов при помощи параллельных и последовательных соединений. Если же ограничиться только элементами "положительного" действия, т.е. допускать только конъюнкции и дизъюнкции, но не отрицания, тогда возможен синтез схем, реализующих лишь монотонные функции алгебры логики. Естественно, что проблема полноты возникает применительно к весьма различным классам элементов, а также процессам функционирования У.С. Основные результаты в этом направлении принадлежат С.В.Яблонскому и некоторым его ученикам [3] . .

2. При положительном решении проблемы полноты возникает вопрос о синтезе из данных элементов У.С. с данным функционированием. Сперва возникает вопрос о нахождении метода синтеза, затем о нахождении таких методов, которые позволяют синтезировать У.С. с данным функционированием и оптимальные в некоторых специальных смыслах, с точки зрения быстродействия, экономии элементов, надежности функционирования при наличии тех или других помех и т.д. Эта проблематика была вызвана к жизни К.Шенноном [4] .

3. Нередко оказывается, что оптимальный синтез требует перебора огромного числа возможностей и поэтому он оказывается практически невыполнимым. Здесь возникает вопрос о разработке алгоритмов синтеза, подчиненных ряду специальных требований:

а/ они должны всегда приводить к построению У.С., обладающей требуемым функционированием;

б/ требование оптимальности построений У.С. должно выполняться лишь некоторым приближенным образом на классе всех изучаемых У.С. в целом;

в/ трудоемкость алгоритма должна быть доступной и, во всяком случае, существенно меньшей, чем перебор всех возможностей.

Фундаментальные результаты в этом направлении получены О.В.Дупановым и рядом более молодых исследователей, которые с ним связаны [5] .

С этими задачами идейно связан еще один круг вопросов.

4. Бывает, что некоторые алгоритмы, дающие исчерпывающее решение определенного класса задач/в том числе, может быть, и задач синтеза/ оказываются таковы, что их трудоемкость находится за пределами допустимого. В то же время исходная информация, которая используется этими алгоритмами, допускает некоторое структурное построение, точнее, она обладает некоторой дискретной топологией специального типа. Тогда, наряду с универсальными алгоритмами для решения данных задач можно рассматривать приближенные алгоритмы, использующие лишь информационные связи ограниченного ранга. Подчас случается, что исчерпывающее решение задачи требует учета всех информационных связей

однако в подавляющем большинстве частных случаев можно ограничиться лишь использованием информационных связей ограниченного ранга. Эти явления изучаются в теории так называемых локальных алгоритмов, разработанной Ю.И.Журавлевым [6]. По сути дела здесь рассматриваются некоторые компромиссы между трудоемкостью алгоритма и качеством приближенного решения, которое оно доставляет.

Сделаем еще некоторые замечания, касающиеся анализа функционирования У.С. Эти задачи можно понимать по-разному:

а/ в строго детерминированном плане для детерминированных систем;

б/ в вероятностном плане, считая системы детерминированными, а поток информации на входе случайным;

в/ в вероятностном плане, считая систему стохастической и рассматривая заданные системы сигналов на входе;

г/ в вероятностном плане, считая как системы, так и поток на входе стохастическими.

Кроме того, возможны приближенные подходы к анализу систем, состоящие в том, что результаты анализа будут давать предсказания функционирования системы не всегда, а лишь на некотором "достаточно толстом" множестве ситуаций.

Ш. Системный подход к изучению реальных объектов

При изучении реального объекта системный подход состоит в том, что исходят из представления этого объекта в виде У.С. и осуществляют к нему сперва макроподход, а затем микроподход, должным образом детализируя частные задачи. Наиболее характерным при этом является то, что отправным пунктом исследования будет рассмотрение этого объекта в целом и его функционирование во внешнем мире, а затем членение его на составляющие, выведение характерных подсистем, рассмотрение связей между ними и т.д. Сплошь и рядом характерные черты некоторой концепции легче всего выделить не столько путем подробного описания этой концепции, сколько путем сопоставления ее с некоторыми другими концепциями. Так, например, можно представить себе системный подход к изучению живой природы, а также популяций, организмов и т.д., и противоположный системному подходу другой подход, состоящий в том, что выдвигается тезис, что живую природу нужно изучать путем перечисления отдельных ее форм, детального изучения этих форм, и только после этого переходить к изучению простейших взаимодействий между различными формами. Вряд ли на этом пути при его последовательном проведении можно будет разобраться в основных механизмах эволюционного процесса и тем более в строении и функционировании биосферы в смысле Вернадского. Если говорить об изучении языка, который представляет собой систему кодирования информации, циркулирующей в У.С., которая представляет собой человеческое общество, то

можно говорить, с одной стороны, о системном подходе; с другой стороны, о противоположном подходе, который в основном развивается в пределах лингвистики и который состоит в том, что все внимание обращается на элементы формы, фонемы, слова, предложения, а рассмотрение языка в целом и его существенных подсистем автоматически отодвигается на второй план.

Перейдем теперь к описанию того, что нам представляется как системный подход к изучению реальных объектов.

Я не буду здесь касаться описания системного подхода к вопросам организации производства и народного хозяйства. Пример применения системного подхода к вопросам народного образования содержится в моей статье [7]. Я останавливаюсь только на системном подходе к изучению живой природы и языка. Подробный доклад об изучении живой природы мне пришлось делать на совещании по исследованию операций в области науки в прошлом году [8]. Приходится начинать с определения понятия жизни. При этом выясняется роль процессов управления, а также циркуляция и хранение информации [9], [10]. Живой — это объект, обладающий сохраняющими реакциями, которыми он отвечает на внешнее воздействие и формирует У.С., использующую информацию, хранящую на молекулярном уровне. Далее приходится рассматривать разные типы сохраняющих реакций и классифицировать их по быстрдействию и степени разнообразия. Это, в свою очередь, приводит к тому, что информационные потоки, вызывающие эти сохраняющие реакции, также приходится классифицировать по быстрдействию и степени разнообразия. Эти потоки информации формируются и перерабатываются У.С., которые находятся в иерархическом состоянии соподчинения по отношению друг к другу. При этом У.С. высоких уровней настраивают У.С. более низких уровней, а У.С. самого низкого уровня воздействуют на исполнительные органы. Приходится выделять 4 основных организации живой природы: уровень клеточный, уровень организмов, уровень популяций, и уровень биогеоценоза. На уровне клетки исходными элементами являются в одних случаях ее органеллы, в других — биологически активные макромолекулы. Сама клетка играет роль системы в целом. Задача состоит в том, чтобы, отправляясь от элементарных, в основном биохимических актов, выполняемых макромолекулами, или органеллами, перейти к пониманию функционирования клетки в целом. На организменном уровне в качестве исходных элементов рассматриваются клетки. Промежуточными подсистемами могут являться ткани, органы или системы органов. Задача состоит в том, чтобы понять функционирование организма в целом. Точно также на популяционном уровне исходными элементами являются отдельные особи, т.е. организмы. Их возможности считаются заданными. Вопрос состоит в том, чтобы понять процесс эволюции популяции. Роль подсистем могут выполнять отдельные семьи, стада и т.д. На уровне ценозов при рассмотрении элементарных биогеоценозов в качестве элементов рассматриваются популяции, составляющие эти

ценозы, а также косные составляющие сообщества, как вода, атмосфера или горные породы, образующие грунт, или биокосные компоненты, как почва. Задача состоит в том, чтобы понять обменные процессы, протекающие в ценозе. При рассмотрении ценозов более крупных масштабов вплоть до биосферы в целом роль элементов должны играть биогеоценозы более мелких масштабов. Складывается такое впечатление, что планомерно проведенный системный подход к изучению живой природы должен привести к формированию кибернетической части теоретической биологии. Вся теоретическая биология должна состоять из двух частей: физико-химической, назначение которой состоит в том, чтобы расшифровать физико-химическую природу элементарных актов жизнедеятельности на уровне макромолекул или клеточных органел, и кибернетической, назначение которой состоит в том, чтобы понять функционирование биологических систем, отправляясь от их структуры и сведений о свойствах их элементов.

Заметим, что последовательное проведение системного подхода к биологии требует разработки целого спектра математических моделей различных биологических систем. Организация этих моделей должна быть последовательно иерархической, т.е. желательно, чтобы одни модели проливали свет на функционирование систем, которые служат элементарными другими моделями - моделями высшего уровня.

Вопрос кодирования информации, используемой в некоторой У.С. играет большую роль при изучении функционирования У.С., особенно в случае, если ее строение в той или иной степени известно. Здесь тоже возможен системный подход. Нередко при кодировании информации можно проследить определенную иерархическую структуру. Циркулирующие сообщения можно подразделить на автономные куски, некоторые имеют определенное функциональное значение в некоторых определенных элементах системы. Смежные элементы системы более полно используют информацию, исходящую из данного элемента, тогда как более удаленные элементы системы воспринимают некоторую информацию лишь после того, как она в значительной степени отфильтрована. Точно так же длинные тексты содержат внутри себя определенные информационные связи, причем нередко бывает, что эти информационные связи весьма интенсивны на коротких участках и слабее между далекими отрезками текста. Однако в тех случаях, когда приходится иметь дело с весьма разнообразной и в то же время ответственной информацией, можно себе представить, что кодирование информации таково, что чем больше участки текста мы берем, тем более разнообразные информационные связи в пределах этого текста могут проявляться. Так, например, в человеческих языках первичным носителем смысла является слово. Однако чрезвычайно большое значение имеют отношения между словами в пределах предложения или отношения между теми или иными составляющими распространенных предложений. Специальные исследования показывают /И.А.Мельчук и А.Жолковский [11] /, что даже эти взаимоотношения -

обычно понимаемые синтаксические отношения, а также разные уровни семантических отношений - в некотором смысле имеют иерархический характер. Однако имеются отношения между смежными предложениями, которые кодируют обстоятельства, не кодируемые в пределах предложения. Например, вопрос о том, что заменяет то или иное местоимение в данном предложении.

Системный подход к изучению языка представляется мне в следующем виде. Прежде всего должно быть очерчено множество текстов или множество источников текстов, которые признаются относящимися к данному языку. Затем можно представить себе членение этого материала на некоторые подсистемы по тому или иному признаку. Это может быть членение по отраслям, по группам людей, являющихся источником этих текстов, по назначению текстов /тексты деловые, личные, научные, художественные/ и т.д. Затем в пределах каждого из этих классов можно выделить отдельные наиболее характерные произведения или наборы произведений, которые подлежат более детальному исследованию. Эти отобранные тексты, в свою очередь, рассматриваются как в целом, так и с точки зрения некоторой микроструктуры. По-видимому, при этом в пределах этих текстов будут выделены некоторые иерархические связи, которые в конечном итоге дойдут до связей в пределах одного предложения и до словоформ. Далее, конечно, возникает вопрос о типизации словоформ и отношений между словами в пределах предложений, одновременно с этим возникает вопрос об отношениях между предложениями абзаца или между соседними предложениями, наконец, об отношениях между более крупными кусками текста. Здесь чисто грамматические, т.е. морфологические и синтаксические вопросы окажутся в положении нижних ярусов структурных связей, где-то на высших ярусах будет фигурировать стилистика, и еще выше содержание текста. С такой точки зрения должен возникнуть единый системный подход к изучению языка, который должен быть основой исследования стилистики, а также дешифровки письменности утраченных языков. Все это органически связано с развитием математических методов лингвистики и даже филологии.

IV. Отношение между изучением больших систем и аксиоматическим построением теории множеств

I. При изучении больших систем, т.е. таких систем, которым невозможно дать полное описание отчасти из-за того, что для этого необходимо слишком большое количество сведений, отчасти из-за того, что получение многих из этих сведений затруднительно, приходится прибегать к использованию неполной, частичной информации. Основные сведения о строении и функционировании больших систем имеют такой характер: имеются данные об отдельных элементах и связях между некоторыми элементами. При этом весьма существенно, чтобы имеющиеся сведения очерчивали бы некоторую относительно автономную систему и чтобы можно было считать, что эта система в каком-то смысле типична

как подсистема исходной системы. Обычно предполагается, что выделен некоторый набор таких автономных подсистем разных уровней и что есть возможность пополнять сведения об их строении и функционировании. Часто существенно, чтобы описанные автономные подсистемы находились в определенных взаимоотношениях друг с другом. Это могут быть либо иерархические взаимоотношения, либо в некотором смысле равноправное положение выделенных подсистем в системе в целом. Особо важным с точки зрения является отношение вхождения одной подсистемы в другую в качестве ее элемента и возможность вычисления ряда иерархически следующих друг за другом подсистем. Обычно задача состоит в анализе функционирования систем в целом, на базе сведений, о функционировании некоторых ее подсистем и взаимоотношениях между этими подсистемами.

2. Аксиоматическая трактовка теории множеств, грубо говоря, состоит в следующем. Имеются некоторые исходные элементы, которые объединяясь, образуют множество. Далее, возможны включения этих множеств в число элементов и формирование новых множеств. Такой процесс разворачивается по индукции, причем в разных аксиоматических системах допускаются разные возможности индукции. Ставятся вопросы об отношениях между множествами, образованными в результате тех или других конструкций. Наиболее замечательным оказывается то, что можно описать некоторые конструкции множеств, не зависящие от того, какие возможности индукции считаются допустимыми. Оказывается, что в зависимости от того, какая система аксиом принята, т.е. в конечном итоге от возможностей индукции, отношения между этими множествами оказываются различными. Другими словами, отношения между множествами оказываются существенным образом зависящими не только от их абсолютных конструкций, но и от тех индуктивных средств, которые дозволено использовать при их изучении.

3. Складывается впечатление, что имеется глубокое родство между аксиоматическими подходами к изучению множеств и системными подходами к изучению больших систем. И там и здесь имеется иерархическая конструкция, с помощью которой вся система объектов, подлежащих изучению, формируется из некоторых исходных элементов. Кроме того, в обоих случаях некоторый произвол в выборе системы описания изучаемого множества объектов и результаты, которые могут быть получены, относятся не только к самой системе, но и к выбранному способу описания. Другими словами, всегда имеет место некоторая относительность подхода к изучаемым объектам. Вряд ли это следует рассматривать как некоторый дефект или как органическую слабость подхода. Думаю, что, наоборот, эта относительность подхода органически связана с тем, что изучение больших систем в каждом случае преследует некоторую определенную цель и бывает связано с некоторым комплексом ограничений, который соответствует преследуемой цели. Это ведет к тому, что постановка вопросов должна осуществляться в строгом соответ-

ствии с целью исследования и именно она, эта цель, должна определять, какое членение систем на подсистемы или какое вычленение автономных подсистем имеет значение. Таким образом, характер аксиоматики, который следует выбирать при изучении больших систем, не является абсолютным, но должен диктоваться целью исследования. Здесь имеется глубокая аналогия с аксиоматическими исследованиями теории множеств, но, к сожалению, вопрос еще далеко не достаточно созрел для того, чтобы его можно было представить в отчетливой форме.

4. Аксиоматика теории множеств представляет собой одно из наиболее рафинированных направлений так называемой чистой математики. Исследование больших систем — область человеческой деятельности, далеко выходящая за рамки собственно математики. Это — область, которая играет громадную роль в чрезвычайно разнообразных областях знаний чисто прикладного характера. Догадки, изложенные в докладе, еще раз говорят о том, что наиболее глубокие вопросы, связанные с обоснованием математики, оказываются идейно родственными новым областям приложения математики, особенно в тех случаях, когда эти приложения связаны с принципиально новым кругом идей и с рассмотрением широкого комплекса явлений, отношений между явлениями, которые ранее в математике не рассматривались.

Поступила в редакцию 15.6.1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. С.В.Яблонский, Основные понятия кибернетики, Проблемы кибернетики, М., Физматгиз, вып. 2, 1959, стр. 7-38.
2. А.А.Ляпунов и С.В.Яблонский, Теоретические проблемы кибернетики, Проблемы кибернетики, М., Физматгиз, вып. 9, 1963, стр. 5-22.
3. С.В.Яблонский, Г.П.Гаврилов, В.В.Кудрявцев, Функции алгебры логики и классы Поста, М., "Наука", 1966.
4. К.Шеннон, Работы по теории информации и кибернетике, М., ИЛ, 1963.
5. О.В.Лупанов, Об одном подходе к синтезу управляющих систем — принципе локального кодирования, Проблемы кибернетики, М., Физматгиз, вып. 14, 1965, стр. 31-110.
6. Ю.И.Журавлев, Теоретико-множественные методы в алгебре логики, Проблемы кибернетики, М., Физматгиз, вып. 8, 1962, стр. 5-44.
7. А.А.Ляпунов, О системе народного образования и систематизации наук, Вопросы философии, вып. 3, 1968.
8. А.А.Ляпунов, О рассмотрении биологии с позиции изучения живой природы как большой системы, В сб. "Проблемы методологии системного исследования", "Мысль", М., 1970.
9. А.А.Ляпунов, Об управляющих системах живой природы и общем понимании жизненных процессов, Проблемы кибернетики, М., Физматгиз, .

вып. 10, 1963, стр. 179-194.

10. О.С.Кулагина, А.А.Ляпунов, К вопросу о моделировании эволюционного процесса, "Проблемы кибернетики", М., Физматгиз, вып. 16, 1966, стр. 147-170.

11. А.К.Жолковский, И.А.Мельчук, О семантическом синтезе, "Проблемы кибернетики", М., Физматгиз, вып. 19, 1967, стр. 177-238.