

Народный университет  
Естественнонаучный факультет  
Издается с 1961 г.



ЧИСЛО  
И МЫСЛЬ  
выпуск 2

Ч-67 Число и мысль. Сборник. Выпуск 2. М., «Знание», 1979.

152 с. (Нар. ун-т. Естественнонаучный фак. Издается с 1961 г.)

В книге рассматриваются проблемы применения математики в различных областях науки — в психологии, физиологии, эстетике, экономике. Что может дать математика этим наукам? Все ли можно выразить числом? На эти и другие вопросы читатель найдет ответ в книге.

Она адресована широкому кругу читателей и может также служить пособием для преподавателей и специалистов народных университетов естественнонаучных факультетов.

20000—002  
073(02) — 79 56 — 79. 1702010000

20  
5

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Второй выпуск сборника «Число и мысль» продолжает обсуждение актуальных проблем применения математики в различных областях науки. Эти вопросы актуальны сегодня и в теории, и в практике. Закономерно на XXV съезде КПСС указывалось на необходимость «усилить взаимосвязь общественных, естественных и технических наук».

Взросшие требования к качеству планирования во всех областях человеческой деятельности не могут быть удовлетворены без точных расчетов, без математических моделей, позволяющих наблюдать развитие исследуемого явления в течение длительного времени. В связи с этим необходима широкая пропаганда имеющихся достижений в применении количественных методов гуманитарных наук. Проблема человека — центральная междисциплинарная проблема всей современной науки. Вопросы построения достоверных математических моделей человека и его поведения занимают в этой проблеме не последнее место. Прямо или косвенно модели человека используются и в экономических расчетах потребления, и при проектировании новых технических устройств, и в оценках перспектив социального развития. При этом любой расчет не только подводит итоги накопленным данным, но, становясь частью проекта, определяет перспективы дальнейшего развития. Применительно к проектированию поведения человека это означает, что ложная модель будет искажать поведение в будущем. Модель становится формой, в которую будет отливаться будущее поведение. Если мы, например, рассчитаем, что люди через 20 лет будут ездить на велосипедах, и будем создавать транспортную систему в расчете на всеобщую велосипедизацию, то через 20 лет мы увидим, что половина нашего населения не расстается с велосипедом ни зимой, ни летом. Если, напротив, мы решим, что для человека удобнее всего иметь личный автомобиль, то после 20 лет автомобилизации наши улицы не будут отличаться от улиц западноевропейских столиц с их отравленным воздухом, бесконечными пробками и шумом.

Выбор модели человека существенно определяет то, каким будет человек. Отсюда понятна исключительная ответственность ученого, решившегося на применение точных количественных методов к описанию поведения человека.

В первой статье сборника обсуждаются возможности применения математических методов в психологии. Автор подчеркивает, что в психологии сочетаются особенности естественнонаучных и гуманитарных дисциплин. В современной математической психологии нашли отражение естественнонаучные аспекты психологического знания, содержательно связанные с кибернетикой. Пока что математика очень мало дала психологии в ее гуманитарных аспектах. Сознание выделяет человека из всего мира, сознание делает человека человеком, но математическая психология не располагает сегодня ни одной приемлемой моделью сознания; некоторые описательные модели только указывают на факт наличия сознания, но ничего не говорят о его природе и процессах.

В статье Г. А. Голицына предпринимается попытка экспериментального решения фундаментального вопроса о соотношении качественных и количественных методов познания и выявляемых на их основе закономерностей. Предлагая человеку узнать изображение по отдельным элементам, автор обратил внимание на то, что характер рисунка, его качественные особенности появляются в результате синтеза отдельных деталей. Такова же, по мнению автора, роль искусства, в котором из привычных явлений создаются художественные образы, обладающие силой общности и убедительности.

В. М. Петров и Н. Е. Прянишников в известном смысле продолжают обсуждение проблемы соотношения качественных и количественных свойств предметов. Авторы показывают, что на основе теоретико-информационных критериев можно объяснить классические законы пропорций архитектурных форм. Более того, на основе теории информации удастся получить не только правило «золотого сечения», но и отклонения от него, определяемые свойствами изображения.

Е. А. Богоявленский и Д. Б. Богоявленская обсуждают одну из наиболее трудных проблем психологии—проблему творчества и решение практических задач экономического планирования. Экономика представляет собой область человеческой деятельности, которая в значитель-

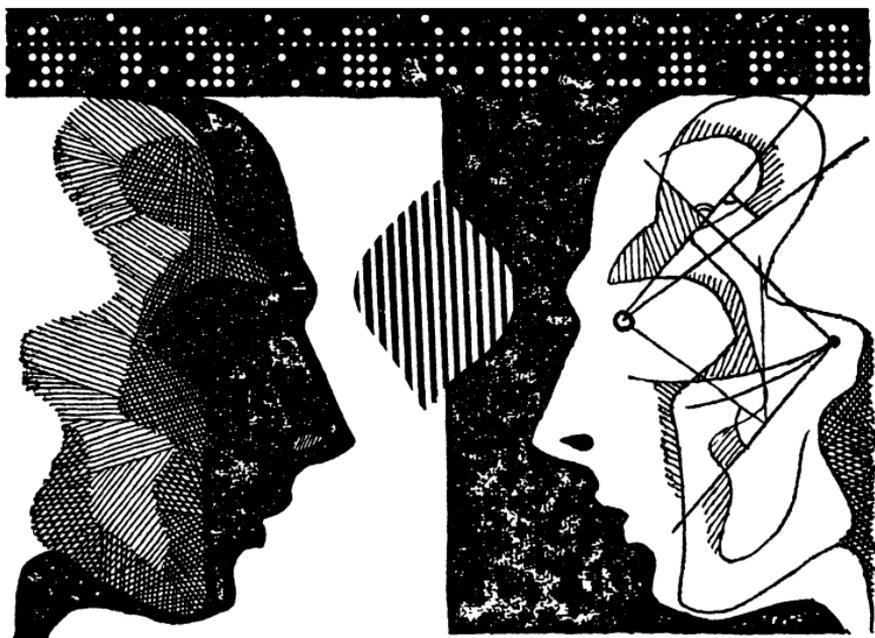
ной степени опирается на индивидуальный опыт человека. По этой причине значительная доля экономических решений подготавливается экспертами. При этом складываются два круга вопросов: 1) как подготовить и организовать коллектив экспертов и 2) как объединить качественные суждения экспертов и точные методы экономических расчетов.

Коль скоро речь зашла о творчестве, каждый из читателей мог бы вспомнить, как часто решение трудной задачи приходило с той стороны, где его никто не ждал. Исследование сна — это такая область, от которой никто не ждет помощи в решении проблемы математического описания мыслительных процессов. Как правило, исследователи мышления ограничиваются анализом непосредственно присутствующего в конкретном мыслительном акте, но не интересуются тем, что этому акту предшествовало, как сформировались те механизмы мышления, благодаря которым стал возможен процесс решения. И. П. Пушкина, обобщая многочисленные данные, показывает, что сон является ключевым моментом в формировании поведения человека. Особенный интерес представляют гипотетические соображения автора о механизмах обработки во время сна информации, накопленной в период бодрствования. Вполне возможно, что со временем эти механизмы будут использованы при построении новых вычислительных устройств.

Топология долгое время оставалась разделом математики, оставшимся в стороне от кибернетического бума. Возникшая сравнительно недавно область приложений теории топологических особенностей динамических систем, получившая название «Теория катастроф», позволила объяснить целый ряд биологических и психологических явлений. Статья А. В. Чернавского не только дает обзор наиболее интересных результатов в этой области, но и может стать источником новых идей в области количественного описания качественных закономерностей — биологических и психологических явлений.

В заключительной статье сборника читатель получит некоторое представление о результатах, полученных в области математического описания поведения человека.

В целом приятно отметить, что авторы сборника стремились обозначить трудные места исследований и сформулировать новые перспективные проблемы, а не предлагали рецептов математического описания человека.



Г. Е. Журавлев,  
кандидат психологических наук

## КОНТУРЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

По мере своего развития психология все шире и шире использует математические методы. Это требует определенного методологического осмысления и обоснования. Необходимо выявить структуру научной области, которую можно назвать математической психологией, определить ее предмет, наметить актуальные задачи. Решение этих проблем выдвигается как потребностями практики, так и развитием самой психологии. В данной работе предпринята попытка наметить основные черты математической психологии и выделить некоторые особенности ее предмета.

Математическая психология —  
раздел психологии?

Психология, как любая наука, подразделяется на разделы. Основания, по которым создается тот или иной

раздел, могут быть весьма разнородными. Одно из наиболее фундаментальных — направленность научной работы на исследование процессов, составляющих в совокупности психическую деятельность. Таких, к примеру, как восприятие, память, мышление, действие. Наряду с этим выделялись области деятельности человека, характеризующиеся особенностями внешнего, объективного проявления: речь, обучение, общение. Кроме того, часть психологических дисциплин определялась по признаку контактов с другими науками: психофизика, психофизиология, психохимия. Наконец, часть психологических дисциплин определялась областью практического приложения: педагогическая, медицинская, инженерная, военная. Очень часто различные разделы перекрывались.

Принятая система классификации не однородна по используемым признакам, и допустимо введение любого нового основания для выделения разделов. Известны случаи, когда методический прием или аппаратные средства служили критерием для формирования научной области: хроматографии в химии, рентгено-структурный анализ в физике, энцефалография в физиологии. Математическая психология как совокупность методов могла бы рассматриваться в качестве своеобразной области психологии, включенной во все остальные. Однако признака «математический» еще недостаточно для объединения группы методов и получаемых результатов в научную область. Необходимы дополнительные признаки, могущие послужить основанием для общности. Л. М. Фридман в качестве такового выбирает участие в построении моделей. При таком подходе предметом математической психологии «являются математические модели психологических явлений, процессов и состояний».

Исследуя проблему отношения моделей (в частности, математических) и представленного в них научного знания, А. Н. Леонтьев и Э. А. Джафаров также приходят к выводу о невозможности выделения математической психологии в качестве самостоятельного раздела. Процесс моделирования (и в том числе математического моделирования), — писали они в 1973 г. в статье «К вопросу о моделировании и математизации в психологии», — представляет собой один из моментов развития психологических знаний, базирующихся на содержательном психологическом анализе и включающихся в него.

Нельзя не согласиться с авторами, что моделирова-

ние включается в общий процесс развития науки: «недостаточно только математизировать, чтобы развивать психологию, надо также развивать психологическую теорию, чтобы можно было ее математизировать». Неполнота анализа роли моделей в развитии науки заключена в отрицании содержательности самих моделей. Авторы приходят к совершенно определенному выводу: «...Математические методы могут только задавать психологическому анализу определенную направленность... Но сам этот анализ может проводиться только методами и средствами самой психологии».

Вопрос о собственном содержании моделей не может быть решен только в рамках исследования процесса употребления модели в научном выводе. Этот вопрос не может быть решен и в рамках проблемы изоморфности модели и объекта. Необходимы содержательно-генетический анализ истории математической психологии и оценка существующего уровня ее развития с целью выявления специфического содержания изучаемой области. Необходимо сопоставление предметов психологии и математики с целью выявления общности выделяемого ими содержания. Только тогда наши суждения получат требуемую полноту.

## История формирования математической психологии

Признав недостаточность присутствия математических методов в качестве индикатора математической психологии, мы лишаемся всякой ориентировки в предмете исследования. Однако этот признак является, разумеется, необходимым, и в ходе исторического исследования нам придется воспользоваться им в качестве первичного критерия.

Использование математических вычислений послужило толчком к зарождению научной психологии и было связано с измерением точного времени, о чем подробно рассказывается в книге Е. И. Бойко.

Последующая история развития психологии неразрывно связана с совершенствованием используемого математического аппарата и расширением областей его применения. Мы попытаемся вкратце наметить основные направления и этапы этого процесса.

Важный вклад в создание математической психоло-

гии внес И. Ф. Герbart, немецкий ученый начала XIX в. Его работа велась в двух направлениях: методологическом и собственно математико-психологическом. В докладе, прочитанном 18 апреля 1822 г., «О возможности и необходимости применять в психологии математику», И. Ф. Герbart представил развернутое изложение использованных им методологических принципов (И. Ф. Герbart, 1895). В плане собственно психологических исследований И. Ф. Герbart предпринял попытку дать математическое описание психического бытия представлений. Были введены основные понятия, характеризующие представления: затемнение, задержка, стремление, напряженность, остаток представления, между которыми были установлены математические отношения в статике и динамике. Системе И. Ф. Гербарта недоставало соотнесенности с предметной сферой деятельности и с наблюдаемым экспериментальным материалом. Он сам вполне осознавал существование этого гносеологического разрыва.

Слабость методологической позиции И. Ф. Гербарта заключалась в преувеличении значения интроспекции, самонаблюдения как источника психологических знаний, но он был прав в оценке роли математики: «В том и заключается величайшее благодеяние математики, что гораздо прежде, чем мы овладеем достаточно определенным опытом, можно обозреть возможности, в области которых где-нибудь должна лежать действительность».

На основе предложенной И. Ф. Гербартом системы описания Г. Т. Фехнер создал основания теории психических измерений, чем поднял математическую психологию на новую ступень. Исходные методологические и содержательные посылки теории Фехнера повторяли положения Гербарта. По существу, Фехнер даже не вышел за пределы интроспективного метода. Математический метод Гербарта, подкрепленный экспериментальным приемом Фехнера, несмотря на известную гносеологическую ограниченность, открыл дорогу применению математики во всех областях психологического знания.

Позднее в классических экспериментах Х. Эббингауза математические методы были использованы для описания процессов памяти. Причем в качестве внешнего параметра, свидетельствующего о прочности представления, был использован «объективный» критерий правильного воспроизведения предложенных для запоминания бессмысленных слогов.

Основной недостаток концепций И. Ф. Гербарта — оторванность от бытия человека. Содержание его работы — феноменология представлений и ее математическое выражение. Экспериментальные методы Г. Т. Фехнера и Х. Эббингауза, казалось бы, перешли границу чистой феноменологии. Фиксируя внешние корреляты психических функций, они как бы продлевали изолированный психический феномен до состояния завершенности, уподобляя его акту деятельности. Однако заполнение недостающих звеньев не фиксировалось и не осознавалось. В этом общая черта двух указанных подходов (Фехнера и Эббингауза). Теоретическая конструкция, которая служит основанием для интерпретации измерения, описывает несущественную, побочную сторону психического процесса. Ни время реакции, ни точность запоминания, ни сила ощущения, ни свежесть представления не описывают структуру и протекание тех процессов, которые приводят к пониманию действия, к запоминанию, к восприятию, к обработке представлений, к мышлению. Вместо диады «объект—деятельный субъект» здесь рассматривался только субъект вне его активной связи с объектом.

Развитие методического приема Фехнера привело к разработке аппарата психометрики: субъективным шкалам, факторному анализу, теории психических измерений. Крайним выражением второго подхода стал бихевиоризм. Схема «стимул—реакция», отбрасывающая сложность и многообразие психической жизни, послужила идейным фундаментом для построения поведенческих моделей.

Вследствие неполноты исходных модельных представлений мы вправе указанные подходы объединить в одно направление.

Одновременно в психологии складывалось другое направление — физиологическое, которое формировало свои математические методы. При этом человек из субъекта активного отражения превращался в объект естественнонаучного исследования. Тем самым физиология из науки, изучающей реализацию психического на физическом субстрате, провозглашалась самостоятельной наукой. «Законным» же результатом исследований считался только физиологический.

Выдвинув задачу построения материалистической теории психических процессов, физиологи должны были разработать и доказать существование механизмов, ответ-

ственных за реализацию психических функций. В этом направлении значительные результаты были получены И. М. Сеченовым, И. П. Павловым и развиты Н. А. Бернштейном и П. К. Анохиным. В рамках этого направления создавалась математическая теория управления организмом: от рефлекса до функциональных систем. Физиологический механизм оказался удобным мостом между психическим процессом и его математическим описанием. Однако здесь скрывались существенные трудности, которые дали о себе знать много позднее, в середине XX в., при попытках моделирования мозга (Г. Уолтер).

В основе всех физиологических программ построения «объективной психологии» неявно лежит постулат тождества функций при тождестве конструкций, который действителен для простых систем, но не выполняется в системах высокой сложности. Например, две одинаковые серийные вычислительные машины могут решать разные задачи. Поэтому между знанием устройства машины и знанием ее поведения существует некоторый разрыв, который требует восполнения за счет независимых наблюдений поведения. Не случайно С. Л. Рубинштейн, говоря о научной деятельности И. М. Сеченова, писал о вторичной роли физиологии в исследовании психических процессов.

Третий массив работ, казалось бы, совершенно не относился к психологии и создавался в лоне математики. Мы имеем в виду основополагающие работы Дж. Буля (и его последователей) в области математической логики. Несмотря на название основной работы Дж. Буля «О законах мышления», построенную им систему никогда не относили к психологическим моделям. Потребовалось 100 лет, чтобы исследования Ж. Пиаже позволили заполнить пустоту между логикой и психологией.

Своей работой «Логика и психология» Ж. Пиаже создал образец методологического анализа математической психологии. Выделив логику как абстрактную нормативную теорию вывода, Ж. Пиаже строит опосредующий уровень: психологику, как реализацию теории в конкретных мыслительных операциях. В рамках психологии возникают интересные математические проблемы логической полноты заданного набора мыслительных операций. Один из фундаментальных результатов Ж. Пиаже связан с прослеживанием послыжного формирования систем мыслительных операций в онтогенезе.

Работы третьего направления имели одно несомненное достоинство: продуктивность. Соответствующие модели позволяли получать продукты деятельности независимо от человека. Однако их недостаток также состоял в отсутствии прямой связи с деятельностью человека.

Итак, краткий исторический очерк показывает, что развитие психологии неразрывно связано с созданием и применением математических методов, которые описаны нами выше. Все они в совокупности, однако, не охватывали всего содержания психологии.

В ходе последующей эволюции, формируясь стихийно, без удовлетворительной методологической основы, без четких определяющих критериев, математическая психология сумела стать важной отраслью современной психологии. В этой отрасли проводятся многочисленные исследования, их результаты используются специалистами всех остальных областей психологии. Трудно назвать общее число работ, выполненных к настоящему времени в математической психологии, но заведомо оно превышает сотни (см. [9], [12], [20] и другие).

Подведем предварительные итоги. С одной стороны, мы отмечаем невозможность методологического выделения математической психологии как самостоятельного раздела, с другой — наблюдаем совокупность исследований, группирующихся вокруг отдельных задач, методов, подходов. Налицо противоречие, причина которого кроется в несовершенстве использованного критерия классификации работ. Необходимо перейти к методологическому анализу предмета психологии и возможности его отображения в математических теориях с целью выявления передаваемого ими математического содержания. Это даст возможность построения предмета математической психологии на современном этапе и прогнозирования его дальнейшего развития.

**Психология уникальность объекта,  
двойственность предмета, специфика средств**

Психология как наука характеризуется не только своим предметом, но также особенностями объекта исследования и используемых средств получения и распространения научных результатов.

Психология выделяет во внешнем мире свой особый объект — человека, который противостоит всем осталь-

ным объектам материального мира, но одновременно принадлежит этому миру. Особое отношение объекта психологического исследования (человека) к субъекту исследования (человеку-исследователю) позволяет рассматривать психологию как науку гуманитарную со всеми вытекающими социально-политическими и морально-этическими последствиями. Специфика объекта приносит в психологию понятие сопричастности, поскольку деятелем науки является человек и для него акт исследования есть акт самопознания. Более того, процесс получения, усвоения и использования знаний является социальным процессом по отношению к объекту.

Уникальность объекта психологического исследования приводит к двойственности предмета, который имеет свою естественнонаучную сторону, позволяющую идентифицировать и преобразовывать объект, и идеальную сторону, поскольку психологию в первую очередь интересует в человеке активное, деятельное отношение к реальности. В этом отношении психология выделяет свой аспект, а именно: активное отражение действительности в деятельности (Леонтьев).

Подходы к психическому как к отражению намечались еще Г. Спенсером. «Отличие психологии, — писал он в прошлом веке, — от тех наук, на которых она основывается (морфология и физиология), в том, что в каждом из своих предложений она берет в расчет в одно и то же время и связанные между собой внутренние явления, и связанные между собой внешние явления, к которым они относятся». В отличие от естественных наук предмет психологии «не есть отношение между внутренними явлениями, не есть также соотношение между внешними явлениями, но есть отношение между этими двумя отношениями» (Г. Спенсер. Основания психологии. С.-П., 1897, с. 312—313).

Недостаточность определения Г. Спенсера — в отрыве отражения от активной деятельности субъекта. Сформулированный Г. Спенсером признак не является достаточным для определения предмета психологии, в еще меньшей степени он достаточен для определения психологии как науки, но он совершенно необходим в любом определении психологии.

В определении Г. Спенсера, а именно в разграничении внешнего и внутреннего как бы «склеиваются» два изображения: материального и идеального. Отражение

как идеальная сторона деятельности есть прежде всего продукт взаимодействия двух объектов: собственно объекта и субъекта, но из всего неисчерпаемого богатства объективных отношений выделяется именно включенность в деятельность.

Оправдание разграничению «внешнего» и «внутреннего» не может быть найдено в рамках определения предмета психологии. Оно коренится в объективной специфике психологии. Естественнонаучная сторона психологии проявляется непосредственно, когда человек становится объектом деятельности, например, в прикладной психологии, инженерной, педагогической, детской...

Итак, признание в качестве предмета психологии активного отражения, казалось бы, исключает объективность психологии и выделяет ее из ряда естественных наук. Однако психология все шире использует методы физики. Для выявления отражения одного объекта в другом могут быть изучены физические процессы, протекающие в каждом из них в ходе взаимодействия. Эту сложную процедуру выполняет переходная наука — физиология.

Уникальность объекта и двойственность предмета порождают специфику используемых в психологии средств, которые одновременно содержат признаки научности и художественности.

Прежде всего в психологии особое значение приобретает соотнесенность внутренних миров исследователя и испытуемого, поскольку познание как выяснение состояния объекта здесь может происходить даже художественным путем. В противоположность физическому исследованию сопереживание экспериментатора (исследователя) и испытуемого (объекта) приобретает большое, а в некоторых психологических системах решающее значение.

Далее. Человек как объект исследования всем ходом психологического эксперимента активно включается в процесс исследования, что, в частности, относится к особенностям применения математических методов и будет рассмотрено ниже. Когда испытуемого просят выполнять определенную задачу, он как бы перекладывает на себя часть функций экспериментатора, сознательно контролируя инструкции.

Любое произведение искусства обращается к сопереживанию слушателя, читателя, зрителя. В этом сходство

психологии и искусства. Многие работы выдающихся психологов читаются как увлекательные романы о человеческой жизни (например, исследование А. Р. Лурия «Маленькая книжка о большой памяти»). Лучшие литературно-художественные произведения не только дают психологу концентрированный материал жизненных наблюдений, но и сами по себе являются глубокими психологическими исследованиями. Таковы, например, романы Ф. М. Достоевского. Прекрасную характеристику Ф. М. Достоевскому как психологу дал М. М. Бахтин.

Итак, психология как наука представляет собой структурно весьма сложное образование. Характеристика психологии содержит не только определение ее предмета, но включает также объективную отнесенность и специфику средств исследования. В силу этого обстоятельства взаимодействие психологии с математикой осуществляется по разным направлениям, по множеству аспектов и сторон.

## Особенности процесса математизации

Процесс абстрагирования от объекта в форме предмета, как особого подхода к объекту, выделяющему необходимые детали, достиг в математике наивысшего проявления. Математические структуры опосредуются в своей связи с реальностью объектами остальных наук.

Формальная система получает в математике до некоторой степени независимое от породившей ее реальности существование. Однако абсолютизация этой независимости ведет к мистическому истолкованию эффективности математических методов, что нашло отражение в работах многих исследователей науки: в частности, в статье американского ученого Е. Вигнера «Непостижимая эффективность математики в естественных науках».

Подобные концепции убедительно опровергает Б. В. Гнеденко. Прослеживая историю математических идей, понятий, аксиоматических систем в разные моменты развития самой абстрактной из наук, он показывает их глубокую связь с задачами деятельного познания. Разрабатывая проблему связи математики с действительностью, Б. В. Гнеденко указал на ряд примеров процесса математизации, связь которых с другими науками прослеживается достаточно отчетливо. Однако он только упомя-

нул о «расширении поля действия математических методов». Складывается впечатление, будто математическая структура приходит в науку как бы извне, по линии простейшего научного синтеза, пересечения математики и специальной науки. Но здесь налицо смешение различных процессов. Математика, став как бы чистой формой, неявно в абстракции содержит структуру предмета той науки, из недр которой она порождена. Следовательно, основанием процессов математизации в этом частном случае могут служить, например, явления переноса, о которых писал М. В. Мостепаненко.

Общность и кажущаяся мистической универсальность математических методов имеет поэтому две различные причины: во-первых, отмеченное Б. В. Гнеденко собственное развитие науки, во-вторых, процесс редуцирования, вычленения из целостного предмета частных аспектов. Процесс математизации обычно включает дополнительные процессы переноса теорий (не обязательно математических) и переходит в распространенный процесс моделирования.

В плане отношения математики к предметам других наук различные процессы математизации приводят к двум различным ситуациям<sup>1</sup>: 1) в математической теории отражены основные характерные особенности научного предмета (например, физические объекты и система теоретической механики); 2) математическая теория редуцирует предмет некоторой науки и представляет ее в теориях другой науки, выделяя частные аспекты предметного содержания без существенных деталей (например, человеческая психика как механическая система).

Краткий анализ процесса математизации показал его сложность, многообразие и существенные отличия от процесса синтеза естественных наук, однако процесс моделирования в общем случае оказывается еще более сложным процессом, характерным для системного этапа эволюции науки как целого. Продуктом такого системного синтеза оказывается модель, как результат нескольких процессов переноса теорий, взаимопроникновения предметов и данных многих научных дисциплин. Проблема моделирования неразрывно связана с пробле-

---

<sup>1</sup> В результате переноса теорий может сложиться и третья ситуация, когда объекту дополнительно приписываются не свойственные ему признаки.

мой употребления научных знаний. По этой причине модель зачастую непосредственно определяется прикладной задачей. В частности, модель выступает как средство накопления, систематизации и компактного хранения знаний.

Проблема моделирования чаще всего изучается в аспекте отношения модели к действительности. В этом случае говорят об изоморфизме модели и объекта, о функциональном соответствии и т. п. Наряду с этим иногда классифицируется употребление модели в деятельности выделением объектного, концептуального и продуктивного уровней моделирования. Отсутствие различия этих двух аспектов приводит к несопоставимости результатов методологического анализа и к бесконечной полемике о достоинствах и недостатках метода моделирования.

В аспекте отношения к действительности математические модели находятся в двух указанных выше ситуациях: содержательного или редуцированного соответствий. Наряду с этим в силу присутствия объекта в моделировании может быть поставлен вопрос о морфологической соотнесенности модели и объекта. Важным показателем процесса моделирования является функционально-структурная соотнесенность.

Независимо от предыдущих признаков может быть введено разграничение по поведению. Поведенческими называют модели, обеспечивающие соответствие входных воздействий и ответных реакций. Такого рода модели получаются в результате применения принципа «черного ящика». К числу поведенческих моделей могут быть отнесены схемы бихевиоризма.

Как отмечалось, по сравнению с процессом построения математической теории процесс моделирования отличается многоплановостью, системностью, поэтому в нем возможно не только отчуждение деталей, абстрагирование признаков, но и включение, вживление недостающих моментов. Иными словами, процесс математического моделирования может сопровождаться процессами синтеза естественных наук [8].

В аспекте участия модели в деятельности исследователя (и пользователя) мы можем отметить прежде всего следующее различие позиций: 1) употребление модели как предмета объекта, порождающего установку деятельности с объектом (включая видение, осознание и действие); 2) рефлексивное осознание модели и объек-

та — методологическая позиция; 3) употребление модели для получения частного или полного продукта, т. е. замещение той деятельности, в которую первоначально был включен объект моделирования.

При употреблении модели в рефлексивной позиции возможно различие моделей по признаку объектности. Объектной моделью может служить объект, отражающий свойства первичного объекта.

## Предметные отношения психологии и математики

Отношение психологии и математики можно изучать на предметном уровне — именно такой подход традиционно применяется при обсуждении проблем взаимодействия этих двух наук. Однако сложность психологии как науки требует учета ее специфики, поскольку объект исследования (человек) активно подключается к исследовательскому процессу, а также особенностей средств получения и трансляции результатов. В данном параграфе мы рассмотрим отношение двух наук на предметном уровне, а позднее обсудим основные аспекты влияния двух других факторов: объекта и средств.

Будучи формальным выражением определенных предметных отношений, математика не имеет специфического объекта исследования во внешнем мире. Говоря точнее, в существующих математических конструкциях чрезвычайно трудно выделить фрагменты предметов естественных наук, положенных в основу формализации. Несомненно, допустима крайняя точка зрения, рассматривающая всю современную математику как выражение предмета физики начиная от исходных понятий точки, пространства, времени и кончая теориями формальных языков. Эту точку зрения трудно принять, но столь же трудно ее опровергнуть. Во всяком случае еще не создана математика, специально приспособленная к нуждам только психологии.

Противоположная позиция в своем предельном выражении полностью отрицает наличие содержательности, предметности в математических теориях и допускает возможность выявления содержания только через интерпретацию, через подключение математической конструкции к системе предметной науки. Несмотря на ощутимые различия, обе позиции сходятся на отрицании возмож-

ности выражения психологического содержания средствами математики.

Проведенный выше краткий обзор исторических предпосылок зарождения математической психологии, казалось бы, подтверждает скептический вывод о беспредметности, бессодержательности математических теорий. Нами были зафиксированы три основных направления, применявших или позволяющих применять математические методы: 1) выделение частных проявлений деятельности человека и установление функциональных соответствий между ними; 2) моделирование материальной реальности человека; 3) замещение человека машиной, которая воспроизводит продукты труда самого человека.

В соответствии с введенным в предыдущем параграфе набором признаков математического моделирования каждое из трех направлений может быть описано следующим образом. Первое направление моделирования является частным, без морфологической соотнесенности, с частным функциональным соответствием. Второе направление — также частное, с известной долей морфологического и структурно-функционального соответствия, в некоторых случаях продуктивное. Третье — продуктивно, абстрактно, без соответствия на морфологическом и функциональном уровнях.

Как мы видим, при зарождении математической психологии не существовало математических моделей, достаточно полно отражавших предмет психологии. Все три направления были связаны с частными или абстрактными описаниями психики<sup>2</sup>.

Последующее развитие трех направлений привело к известной конвергенции. Функциональные соотношения между символами и реакциями постепенно превращались в обобщенные поведенческие модели, которые приобретали черты продуктивности, т. е. способности к самостоятельному воспроизведению ответа по поступившему символу. Особенно наглядно переход к продуктивности наблюдается в моделировании памяти. Эббингауз только установил факт экспоненциальной зависимости числа воспроизводимых слогов от времени. Современные

---

<sup>2</sup> Следует отметить, что с позиций современной науки известные в то время формулировки предмета психологии также являются частными.

модели способны запомнить, забыть и затем частично воспроизвести тестовый материал в соответствии с моделируемой зависимостью. Появление продуктивных моделей не устранило описательных, использование которых оказывается целесообразным при необходимости подчеркнуть некоторые детали поведения.

Физиологические исследования переходили от примитивной схемы рефлекса к функциональной системе, которая представляет собой достаточно сложное устройство, способное к самостоятельному поведению (в случае реализации в форме машины).

Развитие математической логики, подкрепленное усовершенствованием технологии, позволило создать современную вычислительную технику. По существу, с самого начала математическая логика, была программой построения машин, как показывают результаты конструктивной математики.

Итак, в конце каждого из трех направлений развития математической психологии мы видим машины, более или менее сложные, в своей материальности чуждые на первый взгляд богатству душевной жизни человека. Именно здесь и возникает сомнение в правоте Дж. Буля, давшего своей книге название «О законах мышления». Мы понимаем теперь, что все три направления являются ответвлениями основного, четвертого, в русле которого создавались все машины: от простейших орудий через будильник Платона, вычислительную машину Паскаля, движущиеся статуи Версаля (ставшие для Декарта моделью человека) до современной вычислительной техники.

Чем же является математическая психология? Не сводится ли она к описанию машин, которые человек в силу своих уникальных приспособительных возможностей способен конструировать «в себе самом»? Ведь и вычислительную машину, обладающую огромными логическими возможностями, большим объемом памяти и колоссальным быстродействием, можно превратить в арифмометр, заставить складывать и вычитать. Не занимаемся ли мы самообманом когда соответствующим образом запрограммированную ЭВМ называем арифмометром (разве он когда-нибудь расшифрует древний текст!), и нечто, относящееся к человеку, специфически настроенному, называем математической психологией?

Отсюда, казалось бы, с необходимостью вытекает

«принцип наложения», сущность которого сводится к следующему. На деятельность человека в изучаемой ситуации накладывается известная схема, теоретическая конструкция, разработанная модель. Затем параметрам конструкции приписывается эпитет субъективный, психологический и т. п., тогда как способы выявления идентифицируемых компонентов, присвоения им численных значений и интерпретации остаются вне рамок подобной конструкции и в целом входят в прерогативу психологии.

Однако на этом влияние модели не заканчивается, что особенно четко проявляется в инженерном использовании математической психологии. Человеку как элементу технической системы присваивается определенная схема функционирования, отработанная на стадии модельного исследования (например, слежение за движущейся отметкой на экране осциллографа), и эта схема становится объектом математического описания. В результате человек превращает себя в машину и, коль скоро эта же машина изображена в математической форме, между параметрами математической модели и параметрами поведения человека удается установить некоторое сходство.

Мы намеренно придаем здесь процессу математизации несколько гротескную форму, чтобы подчеркнуть его трудности и противоречия. Трудности обусловлены тем, что не всегда удается выделить в поведении человека собственно человеческое, а противоречивость в том, что математизации подвергается схема, созданная, казалось бы, за пределами психологии, усвоенная человеком и как бы открываемая вновь на новом объектом материале.

Однако ссылка на машинность математического описания не столь опасна, как представляется на первый взгляд. Машины, к которым приводит развитие математической психологии, входят в особый класс машин, которые можно назвать кибернетическими. Поэтому проблема отношения психологии и математики естественным образом переходит в другую проблему — отношения психологии и кибернетики.

## Особенности предмета кибернетики

Кибернетика как некоторая область человеческой деятельности совмещает в себе компоненты фундаментальной науки о процессах управления и прикладной дисциплины, связанной с изготовлением технических средств управления. Эта слитность двух различных по содержанию компонентов затрудняет правильное понимание кибернетики как науки. Кибернетика как прикладная дисциплина синтезирует в себе предметы и результаты таких наук, как физика, химия, экономика, но главным образом базируется на теоретической кибернетике. Теоретическая кибернетика как наука о процессах управления не интересуется физическим содержанием этих процессов (по крайней мере до стадии практического приложения) и потому не может быть отнесена к разряду естественных наук. В этом первое и основное сходство кибернетики и психологии.

Поскольку кибернетика изучает процессы управления, формы отражения внешних объектов и методы активного воздействия на них, предмет кибернетики как науки совпадает с предметом психологии (но не исчерпывает его!), поэтому теоретическая кибернетика должна рассматриваться как раздел теоретической психологии. Однако сопоставляя содержание предмета теоретической кибернетики и теоретической психологии, мы должны отметить несравненно более высокую сложность и многообразие содержания психологии. Современная кибернетика в своих теориях отразила наиболее простые формы психической регуляции. Очевидная простота кибернетических моделей по сравнению с психологическими системами становится для всех методов перцептивным барьером к обнаружению общности предметов двух наук.

### Выражение предмета психологии в математических теориях кибернетики

Машина может быть рассматриваема во множестве частных аспектов: как природный объект, как продукт производства, как экономическая ценность и т. д. В деятельном отношении машина выступает как продолжение рук и тела человека, причем в особом качестве

отражения, регулирования и преобразования. В этом качестве машина может рассматриваться как вынесенная вовне форма потенциальной деятельности. Машина с позиций кибернетики также рассматривается в своей деятельной сущности. Когда речь идет о кибернетических машинах, то при этом фиксируются именно их отражательные и регулятивные свойства. Причем конструкция машины определяет не только структуру, статику деятельности, но частично программирует ее процессуальную, динамическую сторону. В этом единстве машины как объекта исследования кибернетики и психологии проявляется общность предметов двух наук, и одновременно становится понятной неполнота выражения предмета психологии в предмете кибернетики.

Таким образом, машины, создаваемые математической психологией, суть кибернетические машины. Следовательно, исходная постановка проблемы определения предмета математической психологии как проблемы анализа взаимодействия психологии и математики должна быть заменена проблемой изучения взаимодействия психологии и кибернетики. Такая смена задач сразу делает возможным включение в число направлений математической психологии исследований, связанных с применением теории информации и теории игр. Эти направления отсутствовали при зарождении математической психологии в XIX в., и их истоки могут быть выделены только ретроспективно на основании анализа современного состояния математической психологии. Обзор «Основные направления развития зарубежной математической психологии», сделанный Е. А. Умрюхиным (сб. «Психология и математика». М., 1976), показывает, что теоретико-информационное и теоретико-игровое направления относятся к числу важнейших в математической психологии.

Деятельностный подход к определению машины позволяет понять исторические корни кибернетики. Зачастую развитие кибернетики представляют как бионический процесс: изучая строение человека как машины, реализованной на нейронных элементах, ученые строят подобные машины из технических элементов. Тем самым, казалось бы, обеспечивается сходство человека и машины. Несомненно, нельзя отрицать значение бионики как эвристического приема, но кардинальное развитие машинной техники осуществляется иным путем.

Любая машина продолжает и замещает человека в его деятельности<sup>3</sup>, поэтому машина не может возникнуть раньше соответствующей формы деятельности. (Своим появлением машина также преобразует деятельность, но уже на следующем этапе развития.) Например, конструкция автоматов с обратной связью первоначально была воплощена в регулирующей деятельности человека, затем она появилась в машинах, и лишь потом обратную связь увидели в «конструкции» мозга. Прогресс форм деятельности, отображаемый в машинной технике, с некоторой задержкой, порой измеряемой столетиями, ведет к совершенству представлений о «механизмах» психики. Отдельные соображения о развитии автоматных представлений в психологии были высказаны автором ранее. В равной степени с деятельностью человека связано возникновение и других разделов кибернетики. Прежде чем возникла теория игр, выделилась игра как особая форма деятельности, отображающая существенные аспекты реальной деятельности. Только позднее работами Бернулли, Пуанкаре и фон-Неймана игровая деятельность выкристаллизовалась в форме теории. Задолго до появления теории информации в человеческой практике сложилась особая форма деятельности, объектами которой были сообщения. Когда эта деятельность стала массовой и технически оснащенной, она нашла свое отображение в форме теории. В работе Р. Хартли соотнесение с человеческой практикой вполне отчетливо, тогда как у К. Шеннона, заимствовавшего исходные идеи у Р. Хартли, теория выглядит сугубо абстрактной, технической, чуждой человеку.

Перенос центрального момента в развитии кибернетики с эвристического поиска ученого на генезис человеческой деятельности изменяет соотношение математико-кибернетических конструкций и психологической реальности. Вместо чуждых психологии схем, накладываемых на деятельность человека и искажающих представление о ней, мы видим генетически связанные с психологией теории, оразившие в себе основные моменты психологического содержания.

Содержательные отношения математических теорий кибернетики и психологии можно упрощенно предста-

---

<sup>3</sup> Мы рассматриваем машину именно в деятельностном аспекте, но не в физической сущности.

вить в следующей форме. Понимая предмет психологии как активное отражение в процессе деятельности человека, мы можем изучать его в трех аспектах. Во-первых, нас может интересовать отражение как таковое, во-вторых, активное, действенное отражение, и, наконец, отражение, включенное в систему целей и мотивов деятельности. Каждый из этих аспектов предмета психологии соотносится с определенными теориями кибернетики.

В соответствии с двойственностью предмета психологии процесс отражения необходимо изучать параллельно в двух планах: естественнонаучном и гуманитарном. Общая форма отражения в естественнонаучном плане есть взаимная соотнесенность объекта и субъекта. В этом случае отражение понимается как отображение, и для его описания используется аппарат теории множеств и, в частности, теории информации. Вопрос о возможности математического выражения гуманитарной, социальной стороны отражения остается нерешенным.

Активность отражения понимается как включенность в действие, в систему воздействий на внешний мир. Причем активность отражения можно понимать двояко: как систему воздействий, структурирующих окружение в соответствии с конструкцией системы, и как особую подсистему, учитывающую локальные свойства среды. При любом понимании активность отражения составляет существенный аспект не только психологии, но и кибернетики, а точнее, теории регулирования и управления, теории автоматов и т. п.

Включение активного отражения в системы социальной и индивидуальной деятельности завершает упрощенное описание предмета психологии. В системах деятельности отражение приобретает цели, мотивы, нормы, включает осознание, переходит в общение и т. д. Деятельностный аспект отражения практически остался незатронутым кибернетикой, однако некоторые моменты, связанные с мотивацией, получили частичное описание в теории игр, включающей, в частности, теорию полезности.

Итак, три основных аспекта предмета психологии представлены тремя математическими теориями кибернетики: теорией информации, теорией управления и теорией игр. Каждая из этих теорий лишь частично представляет три указанных аспекта, однако в совокупности они образуют тот фундамент, на котором воз-

можно построение математической теории психологии, т. е. математического представления предмета психологии.

В силу очевидной нерасчлененности отдельных аспектов деятельности в каждой из трех указанных теорий осуществляется замыкание до целостного деятельного акта. В теории информации, например, как только она пытается выйти за пределы системы связи, появляется некий получатель, который что-то будет делать на основе полученных сообщений и тем придаст им смысл и ценность. В теории управляющих машин есть цель (она появляется вне теории), ради которой машина создавалась, и ценности, которыми машина «руководствуется». Наряду с этим теория управления дополняется описанием информационных процессов. Наконец, теория игр включает информационные аспекты, однако в упрощенной форме, а в качестве «исполнительного механизма» используется игрок, поведение которого весьма примитивно.

По существу, в современных теориях кибернетики предмет психологии представлен столь же упрощенно, как и в определении Г. Спенсера, но и достигнутые результаты имеют принципиальное значение.

## Насущные задачи математической психологии

В кратчайшие сроки математической психологии предстоит повторить полуторавековую эволюцию психологии от Г. Спенсера до наших дней, но в упрощенной, свернутой форме. Дальнейший прогресс, по-видимому, будет направлен на усовершенствование и синтез трех указанных выше составляющих: теории информации, теории регулирования и теории игр. В плане усовершенствования необходимо более полное отражение активности субъекта, включение структур сознания, раскрытие социальной обусловленности межличностной соподчиненности психологических процессов. В плане синтеза важнейшими являются задачи построения целостных моделей деятельности, постепенное наращивание их сложности, изучение дескриптивных и нормативных возможностей этих моделей. В идеале математической психологии предстоит выразить в

формализованном виде все богатство психологического знания.

На пути развития математической психологии возникла проблема, которая связана с сознательной активностью человека и выражается в множественности теоретического описания.

В общем случае множественность теоретического описания объекта исследования связана с возможностью выделения различных аспектов, различных уровней и способов представления объекта. Многообразие описаний имеет онтологическую основу в неисчерпаемой сложности материального мира и в творческой активности исследователя, выделяющего целесообразный подход к объекту. При изучении физических объектов различные описания могут быть сведены в одно или, по крайней мере, допускают возможности обратимого перевода.

Например, легко получить уравнение движения тела при смене системы координат. Любой объект можно представить как совокупность атомов или как единое тело, однако его ускорение под действием приложенных сил в каждом случае сохранится неизменным.

В психологии проблема множественности дополнительно усложняется встречной активностью объекта исследования — субъекта деятельности. Активность субъекта приводит к тому, что он может выбрать различные способы описания и, соответственно, по-разному построить собственную деятельность. Тем самым множественность становится объективной как принадлежащая объекту исследования. С другой стороны, активность субъекта приводит к частичному снятию множественности через принятие социальной нормы описания и отождествление позиции исследуемого субъекта с исследователем.

Можно выделить две формы множественности: синтаксическую и рефлексивную. Исходные представления о синтаксической множественности возникли в инженерной психологии при попытке решить проблему неопределенности алфавита символов, используемых человеком—оператором. Предлагая оператору производственную задачу, инженер-психолог никогда не бывает полностью уверен, что в процессе восприятия ситуации, в процессе управления системой оператор пользуется теми же символами, что и проектировщик. Упрощая, мо-

жно сказать, что необученный оператор не способен увидеть предъявляемые знаки, улавливая лишь отдельные их элементы, тогда как опытный оператор вырабатывает свой собственный обобщенный алфавит, объединяя предъявляемые знаки в сложные символы — слова.

В теоретико-игровой схеме мы встречаемся с элементами, различающимися функционально: игроки, ходы, платежи. Эти элементы могут объединяться внутри одной функциональной группы и в целом. Характер объединения при этом весьма различен. Варианты объединения игроков при большом их числе могут быть велики, но они всегда конечны, если способ объединения сохраняется неизменным во времени. Отказ от последнего требования высвобождает комбинаторику последовательностей во всем объеме.

Синтаксическая множественность ходов и платежей подобна множественности информационных алфавитов.

Однако возникает множественность совершенно иного типа, когда мы обращаемся к игре, а точнее, к триаде «игрок, ход, платеж» в целом. Все многообразие предшествовавших объединений как бы перемножается. В результате проблема описания деятельности даже в упрощенной теоретико-игровой схематизации приобретает такую сложность, с которой наука не сталкивалась при описании физических явлений.

Участие сознания как наиболее существенной особенности человеческой деятельности приводит к другой форме множественности, рефлексивной, которая затрагивает комбинаторику процессов осознания субъектом деятельности самого себя и партнеров по коллективной деятельности. Осознание деятельности, а также каждого из составляющих ее процессов оказывает существенное влияние на протекание деятельности. Поэтому структура рефлексивных процессов<sup>4</sup> необходимо входит в описание деятельности. В силу активности сознания субъект деятельности в любой момент способен перейти на новый, более высокий уровень осознания и тем произвольно нарушить описание.

Влияние социальной нормы на процесс уточнения теоретической модели и частичное снятие множествен-

---

<sup>4</sup> Математические средства описания рефлексивных процессов изложены в сборнике «Проблемы эвристики», М., 1969.

ности легко наблюдать, когда мы обращаемся, например, к военным играм. Первые попытки схематизировать боевые действия в понятиях теории игр сопровождались многочисленными оговорками и замечаниями о приближенности, неточности, условности и т. п. Сейчас теория игр стала обязательным средством работы каждого военного стратега, и когда штабные офицеры прогнозируют действия вражеских армий, они имеют больше шансов на точность, поскольку противник применяет такую же схематизацию.

Дополнительным источником множественности описания является расхождение между нормой и ее воплощением в конкретном социальном материале, на что обратили внимание Г. П. Щедровицкий и Р. Г. Надежина. Еще один источник множественности кроется в многообразии и зачастую противоречивости самих норм, что приводит к расхождению в понимании субъектом и исследователем степени соответствия нормы и реализации.

Уместно отметить, что развитие достаточно общей теории деятельности должно привести к постепенному устранению последнего аспекта множественности.

Новые возможности модификаций появляются в том случае, когда математическая схема рассматривается в качестве средства проектирования и нормирования деятельности.

Синтаксический и рефлексивный аспекты множественности описания создавали впечатление, что истинного описания не существует. Тем самым складывались условия для релятивизма и агностицизма. Однако коль скоро включался нормативный акт, в системе множественного описания появлялась как бы точка отсчета и снимались относительность и шаткость системы. Воплощенность теоретической схемы в конкретной сознательной человеческой деятельности (реальной или мыслимой) придает всем параметрам большую точность и однозначность, свойственные всякому искусственному образованию.

Итак, математической психологии в ходе своего последующего развития наряду с задачей детализировки предмета, которая неизбежно возникает в процессе математизации любой науки, предстоит решить проблему множественности описания, порожденную активностью субъекта деятельности.

## Влияние объекта психологии на процесс математизации

В силу структурной сложности психологии как науки процесс математизации, протекающий на предметном уровне, испытывает влияние специфических особенностей объекта и средств. Это влияние проявляется как в смысле отношения модели и моделируемого объекта, так и в смысле использования модели в познавательно-практической деятельности.

При соотнесении модели с действительностью влияние объекта проявляется в ограничении диапазона возможных психологических характеристик человека: скорости реагирования, скорости адаптации, объема памяти, которые характеризуются средними значениями и разбросом подобно физическим постоянным. В отношении психологических параметров можно даже ввести нечто вроде стандарта требований, которым должен удовлетворять человек, выполняющий некоторую деятельность. Это сходство с требованиями, накладываемыми на деталь технического устройства, проистекает именно из-за объективной данности человека.

Более того, когда выясняются черты характера, типы темперамента, виды эмоций, казалось бы, наиболее «душевные» стороны человека, в предмет психологии незаметно просачивается влияние ее объекта. Ведь всегда легко представить иные деятельные системы, в которых встречаются иная типология темпераментов, большее число эмоций, иные черты характера.

Присутствие объекта вносит в психологию множественность описания, присущую всякому объекту, неисчерпываемому в своей сложности. Прежде всего человек — биологический организм, и его описание может затрагивать уровень биологических процессов, биофизических, биохимических и т. п.

Следующий уровень обычно называют физиологическим, здесь легко прослеживается непосредственная связь психических и физических процессов. Выше мы ограничили понимание физиологии как переходной науки, опосредующей материальную и идеальную стороны мира, исследующей реализацию психического на физическом. Такое истолкование предмета физиологии исключает возможность поставить ее в один ряд с психологией.

Третий уровень включает описание человеческой деятельности на уровне традиционных психических процессов.

Наконец, четвертый уровень — социальный.

Описание человека как объекта исследования возможно в любой из упоминавшихся выше математических схем, в том числе и на языке фундаментальных математико-психологических теорий. Так, на биологическом уровне могут быть выделены информационные процессы: перенос информации рибонуклеотидами или информационные связи в экологическом процессе. На биологическом уровне могут быть выделены соответствующие процессы управления или игровые отношения. В последнем случае выделяются, в частности, биологические потребности.

Отметим, что выделение уровня не затрагивает физического масштаба описания: клетка, организм или общество. Выделение такого уровня как социального определяется его сложностью, но не физическими размерами коллектива.

Поэтому вопрос о том, к какому уровню следует отнести, например, информационные процессы, наблюдаемые среди совокупности особей, может решаться только после сопоставления данного процесса со всей системой.

Рассмотренную форму множественности целесообразно обозначить как объектную, поскольку она непосредственно связана с данностью человека как объекта. Отметим, что способы соотнесения различных уровней описания одной системы для естественных и деятельных объектов различны, поскольку в последнем случае взаимодействие уровней дополнительно опосредуется активной деятельностью.

## Влияние средств психологии на процесс математизации

В свете огромных трудностей, которые появляются при попытке точной идентификации математических систем, в психологии порой кажутся излишними многочисленные детали, которые на первый взгляд неразличимы ни в одной экспериментальной методике. Множественность теоретического описания возникла как следствие признания нами активности изучаемого субъекта.

екта деятельности. Процедура идентификации, т. е. присвоения структурных и количественных значений параметрам математической системы, неразрывно связана с использованием специфики средств исследования, что снимает, в частности, значительную долю неопределенности описания сознательной работой самого испытуемого. Кроме того, нельзя забывать об интроспекции исследователя при участии в собственном эксперименте, которая не может считаться решающим фактором при числовой оценке параметров, но выполняет существенную роль в структурном анализе. Нельзя также не учитывать взаимопонимание исследователя и объекта.

Если в физическом мире множественность описаний снимается единственностью бытия объекта, то в мире психического, в мире идеального отражения множественность описаний порождается самой деятельностью, является в некотором смысле питательной средой деятельности, даже составляет порой предмет деятельности.

До сих пор мы обсуждали влияние средств психологической науки на проблему соотнесенности модели и предметного содержания. Нельзя обойти молчанием и связь математической психологии с художественной стороной психологии, ведь именно специфика средств получения и передачи научных данных роднит психологию с искусством.

Казалось бы, художественная сторона психологии будет невозвратно потеряна при переходе к формализованным описаниям. Возможно, драматические коллизии, будучи выражены языком математики, утратят свою напряженность... Возможно... Но разве не интересно наблюдать, пусть даже на листке бумаги, за приключениями маленького человека — даже не робота, а всего лишь математической модели — Алдуса, которого придумал американский ученый Лелин. Даже названия: Алдус — резонер, Алдус — нахал, Алдус — святой, говорят сами за себя. При этом каждое название не просто бирка для привлечения внимания, но имеет точную математическую интерпретацию, скорее даже верно обратное — название вытекает непосредственно из математического описания и выявленных свойств поведения модели (Loehlin J. C. *Computer models of personality*. N. Y., 1968).

## Литература

1. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М., 1971.
2. Бахтин М. М. Проблемы поэтики Достоевского. М., 1972, с. 102—105.
3. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.
4. Бойко Е. И. Время реакции человека. М., «Просвещение», 1965.
5. Вигнер Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках. — «Успехи физических наук». Вып. 3, 1968, с. 94.
6. Герbart И. Ф. Психология. С.-Пб., 1895.
7. Гнеденко Б. В. Математика и современное естествознание.—В сб.: «Синтез современного научного знания». М., «Наука», 1973.
8. Кедров Б. М. Диалектический путь теоретического синтеза современного естественнонаучного знания. — В сб.: «Синтез современного научного знания». М., «Наука», 1973, с. 9—59.
9. Кулль И. (ред.). Математическая психология. Вып. 1. Тарту, 1974.
10. Леонтьев А. Н. Психологическое понятие деятельности.— «Вопросы философии», 1972, № 9, 12.
11. Леонтьев А. Н., Джафаров Э. Н. К вопросу о моделировании и математизации в психологии. — «Вопросы психологии», 1973, № 4.
12. Ломов Б. Ф., Николаев В. И., Рубахин В. Ф. Некоторые вопросы применения математики в психологии. — В сб.: «Психология и математика». М., 1976.
13. Лурья А. Р. Маленькая книжка о большой памяти. М., 1969.
14. Мостепаненко М. В. Диалектический материализм и проблема взаимосвязи и взаимодействия наук. — В сб.: «Методические проблемы взаимосвязи и взаимодействия наук. Л., «Наука», 1970, фон Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр или экономическое поведение. М., «Наука», 1970.
15. Павлов И. П. Полн. собр. соч., изд. 2-е, т. 3. М.—Л., 1951.
16. Пиаже Ж. Логика и психология. — В кн.: Избранные психологические труды. М., 1969.
17. Рубинштейн С. Л. Проблемы общей психологии. М., «Педагогика», 1973.
18. Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. — В кн.: Избранные философские и психологические произведения. М., 1947.
19. Спенсер Г. Основания психологии. С.-П., 1897.
20. Умрюхин Е. А. Основные направления развития зарубежной математической психологии. — В сб.: «Психология и математика». М., 1976.
21. Фехнер Г. Т. О формуле измерения ощущений. — В сб.: «Проблемы и методы психофизики». М., 1974.
22. Фридман Л. М. О некоторых методологических вопросах моделирования и математизации в психологии.—«Вопросы психологии», 1974, № 5.
23. Хартли Р. Теория информации и ее положения. М., 1959.
24. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. М., 1963.



Г. А. Голицын,

кандидат биологических наук

## ВСЕ ЛИ МОЖНО ВЫРАЗИТЬ ЧИСЛОМ?

Управление большими системами существенным образом связано с выбором адекватных методов их изучения и описания. Традиционный подход, предполагающий полное описание системы на количественном языке (т. е. как совокупности переменных и связей между ними), все чаще признается несостоятельным. С одной стороны, такое описание оказывается непропорционально трудоемким, а иногда и попросту невозможным, с другой — даже если такое описание получено, оно оказывается практически непригодным из-за сложности, «многомерности». Поэтому в последние годы специалисты по управлению все чаще обращаются к иным методам описания систем, которые можно назвать качественными. Примером таких методов могут служить работы Ю. И. Клыкова и Д. А. Поспелова по ситуационному управлению большими системами.

Вместе с тем растет сознание того, что качественные

методы — не какой-то временный компромисс, переходная ступенька на пути к количественным, а аппарат вполне самостоятельный и адекватный природе решаемых задач. Есть задачи управления, по самой сути своей качественные, и привлечение традиционных методов анализа для их решения ведет к ненужным усложнениям. Задачи такого рода получили название слабоструктуризованных. О. И. Ларичев<sup>5</sup> указывает на следующие характерные черты слабоструктуризованных задач: «Прежде всего роль субъекта при определении и анализе таких проблем исключительно велика. Информация о внешней среде, о связи между параметрами никогда не бывает полной. Принятие окончательного решения всегда сопряжено с риском. Наиболее важная по своему характеру информация может быть получена только при помощи экспертов. Не существует объективных математических расчетов, при помощи которых можно было бы полностью беспристрастно найти решение проблемы.

В связи с этим окончательный выбор, принятие решения в слабоструктуризованных проблемах осуществляется человеком на основе своего опыта и интуиции, а также информации, полученной от других людей.

Было бы большой ошибкой думать, что такого рода проблемы — явление временное: дескать, математика внедряется повсюду, и надо только подождать, пока математики дадут их количественное описание и окончательное решение. Ждать во многих случаях некогда. Кроме того, в нашем развивающемся мире новые проблемы зачастую рождаются быстрее, чем разрешаются старые. Поэтому упование на будущие успехи математики оборачивается тем, что в настоящем эти проблемы решаются безо всякой математики. Тем не менее они как-то решаются. Более того, есть люди (мы их называем «талантливыми», «гениальными», просто «умными»), которые систематически решают эти проблемы лучше других. Существует, следовательно, какая-то, пока неясная нам, возможность поднять средний уровень решений.

Все это заставляет нас снова и снова обращаться к истоку всех методов управления — к процессу принятия решения человеком. Как протекает этот процесс? Какие

---

<sup>5</sup> О. И. Ларичев. Системный анализ: проблемы и перспективы. — «Автоматика и телемеханика», 1975, № 2, с. 61—71.

факторы влияют на его эффективность? Каково соотношение «количественных» и «качественных» методов в этом процессе? Что такое пресловутая «интуиция», на которую все чаще ссылаются как на неустранимый элемент всякой истинно творческой деятельности? В статье обсуждаются некоторые из этих вопросов.

## Качество и количество

Как известно, окружающие нас вещи обладают двоякого рода определенностью, отличающей их друг от друга: качественной и количественной. Количественные изменения до поры до времени оставляют вещь той же самой, т. е. не изменяют ее качественно, не превращают в другую вещь. Но рано или поздно количественное изменение пересекает границу, отделяющую одну вещь от другой, и вызывает качественный скачок, превращение вещи в нечто иное. Известный пример — превращение воды в пар или в лед при изменении температуры.

Качественная граница вещи объективна — она определяется отношением этой вещи к другим вещам. Меняются отношения — меняется и качество вещи. Замерзла вода — по ней нельзя уже плавать, зато можно кататься на коньках.

Вообще качество можно определить как структуру отношений вещи (т. е. внутренних отношений между элементами, из которых состоит вещь), так и отношения вещи к другим вещам.

Одной из таких внешних «вещей» может быть и сам человек. Поэтому качественные границы, которые мы проводим между вещами, определяются отношениями этих вещей к нашим задачам и целям. Мы можем пренебречь объективными границами, объединяя различные вещи в один класс, если они одинаково служат нашим целям. И наоборот, провести качественную границу там, где объективно существует лишь количественная разница. Так, красный и синий цвет объективно различаются прежде всего количественно — длиной волны. Но кроме того, и качественно: способностью проходить сквозь туман, воздействовать на фотопластинку и — среди прочего — по-разному раздражать клетки нашей зрительной сетчатки.

Существует множество задач, где нас интересует

только качественное различие между вещами, количественные же до тех пор, пока они не меняют этого качества, безразличны. Так, например, прыгая через канаву, вы интересуетесь только одним, качественным различием в результате: попасть или не попасть в нее. Насколько же попасть или не попасть — это уже довольно безразлично. Само обращение к посредничеству количественных методов нередко служит лишь цели качественного предсказания результата. Так, необходимо уметь точно рассчитывать траекторию ракеты и измерять ее скорость, чтобы предсказать, попадет она в Луну или нет (здесь разница качественная). Однако это обращение к посредничеству количественных методов, во-первых, не всегда возможно, а во-вторых, не всегда нужно. Могут быть более непосредственные методы качественного предсказания результата.

Нередко качественные и количественные методы противопоставляют друг другу. На самом деле отношения между ними сложнее; в частности, между этими методами существует далеко идущая аналогия, которую полезно будет рассмотреть.

Мы начнем с того, что напомним: в основе количественных методов лежит понятие переменной («величины», «координаты»). Но сама переменная есть уже единство количества и качества. Качественная сторона переменной выражается ее названием, количественная — некоторым числом. Например: температура —  $10^{\circ}\text{C}$ , давление — 650 мм рт. ст., длина — 10 м. В точных науках различные переменные имеют еще и различные обозначения, так что название и обозначение переменной так же отличают одно качество от другого, как число — одно количественное значение от другого.

Определить количественное значение переменной  $X$  — значит указать место этого количества на числовой оси, т. е. положение в системе чисел, отношения к этим числам. Аналогичным образом качественное определение переменной  $X$  означает указать ее место в системе других качеств, указать ее отношения к этим качествам.

Но если система количеств строго упорядочена, т. е. ее элементы вытянуты в линейную цепочку и подчиняются простому отношению «больше—меньше», то о качествах этого сказать в общем случае нельзя. Встречается, правда, линейная упорядоченность и среди качеств.

Так, линейно упорядочены цвета спектра; линейно упорядочены состояния «лед»—«вода»—«пар». В общем случае, однако, отношение между качествами сложнее. Например, такое качество, как «сила», в механике определяется как произведение «массы» на «ускорение», ускорение, в свою очередь, — как производная от скорости по времени и т. д. Система таких отношений образует уже не простую линейную цепочку, а более сложную разветвленную структуру.

Другой пример — известная классификация биологических видов, которая далека, конечно, от какой-либо линейной упорядоченности.

Непосредственный метод определения количества — измерение, совершаемое с помощью приборов или наших естественных чувств. Но кроме непосредственного существует еще опосредованный способ количественного определения: вычисление. Вычисление лежит в основе количественного предсказания. Если количественное определение объекта есть измерение, то качественное определение есть узнавание, классификация. В процессе узнавания объект относится к какому-то классу. Это отнесение к классу есть аналог отнесения к какому-то отрезку шкалы при количественном измерении. Собственно говоря, шкалирование есть частный случай классификации. Система классов играет в качественных методах ту же роль, что деления шкалы в количественных. Эти деления могут быть более крупными или более мелкими, они, как правило, организованы в иерархическую систему, например: метры, сантиметры, миллиметры. Аналогичным образом и качественная классификация обычно носит иерархический характер, и, следовательно, можно говорить о более точном и менее точном качественном определении вещи. Но более точно определять — в качественном ли, в количественном ли смысле — значит собирать больше информации об объекте. Каждый бит информации позволяет нам разделить класс на два равные по объему подкласса и вдвое повысить точность классификации.

Увы, этот путь несет свои трудности: количество признаков, которые использует, например, врач при диагнозе болезни, и без того слишком велико; уже и сейчас он не может использовать в своей работе все известные признаки. Дальнейшее увеличение их числа приведет к тому, что он просто захлебнется в потоке информации.

«Трудности диагностики, — пишет Л. Б. Наумов<sup>6</sup>, — возникают не от недостатка необходимых сведений, а от их избытка». Где же выход?

Ответ в общей форме известен: свертывание информации, представление ее в форме максимально наглядной и облегчающей человеку сравнение альтернатив и принятие решений. Пути реализации этого решения могут быть различны, однако все они должны так или иначе опираться на способность человека к качественному, целостному восприятию сложных объектов. Что же это за способность?

## Целостное восприятие

Есть такая загадочная болезнь — агнозия: больной видит вещи, но не узнает их. Не узнает лица, буквы, предметы, не понимает смысла сложных ситуаций, не ориентируется в окружающей обстановке. При этом он может описать предмет, перечислить его детали и признаки — и все-таки не узнать. Когда ему показывают изображение лопаты, он может сказать: «Это нечто удлиненное, здесь есть ручка и т. п.», на вопрос же, что это такое, молчит или высказывает более или менее удачные догадки.

Вы показываете больному букву «Р».

— Что это за буква?

— Посмотрим... Кружочек... Палочка... Мягкий знак?

— Нет.

— Так... Палочка... Кружочек... Может быть, «Б»?

— Нет.

— Тогда — «Р»?

Больной перебрал, по сути дела, все возможные варианты и случайно наткнулся на правильный, но и то не уверен в своем ответе. Между тем он правильно назвал все элементы буквы.

Что, собственно, нарушено у больного? Острота зрения нормальная, интеллект сохранен, больной здраво рассуждает, склонен к юмору, критически относится к своему заболеванию и в то же время не может решить простейших зрительных задач. Чего же ему не хватает? Оказывается, у больного нарушена способность к целостному восприятию.

<sup>6</sup> Л. Б. Наумов. Медицина и кибернетика. Душанбе, 1968.

Проделаем простой опыт: возьмем лист плотной бумаги или картона. Прорежем в нем окошко диаметром 5 мм. Закроем этим листом какую-нибудь картинку (портрет, изображение буквы или предмета, юмористическую сценку и т. п.) и попросим испытуемого узнать, что изображено, передвигая окошко по картине. Оказывается, это не так просто сделать: испытуемый может найти и перечислить все детали изображения, описать его общие свойства (цвет, размер, форму) и все-таки не узнать его.

Вот несколько протоколов, фиксирующих высказывания испытуемых во время опытов (в скобках приводятся время и комментарии экспериментатора):

Испытуемая Л. Л. Предъявлено перечеркнутое «Б» (рис. 1).

Эксп.: Что это такое?

Исп.: Какая-то сложная фигура. Что-то не пойму. Вроде сердца, пронзенного стрелой. Нет, какая-то фигура (1 мин).

Эксп.: Это буква, но перечеркнутая.

Исп.: Посмотрим. Не пойму. То ли вверх ногами, то ли боком. Не пойму. Не знаю. Вроде «Р», но вверх ногами (2 мин. Экспериментатор убирает заслонку). Буква «Б».

Испытуемый Ю. М. Предъявляется перечеркнутое «Б».

Эксп.: Перед вами перечеркнутая буква. Какая?

Исп.: «О»? Перечеркнутая (30 с). Она в обычном положении?

Эксп.: Да.

Исп.: Что за ерунда. Не вижу. Пойдем сюда (1 мин 30 с). Буква «Р», может быть? Перечеркнутая (2 мин. Заслонка убрана). «Б»! Очень сбивает это перечеркивание.

Испытуемый Г. К. Предъявлены изображения лопаты и ведра, наложенные друг на друга (рис. 2).

Эксп.: Это два предмета, наложенные друг на друга.

Исп. (в течение одной минуты молчит): Сначала я думал, что это клюшка. Я форму представляю этого предмета, т. е. всю знаю форму предмета. Правого. Ручка, на которую насажено... не знаю что, типа топора. Чудного топора, несколько необычного (2 мин 10 с). А другой предмет... Круглой формы. Вверху. Грибок не грибок. Овальный (3 мин). Похоже на ведро. Кажет-

ся, верхний контур ведра. Вот низ ведра. Вот иду... Верхняя штука. Ручка ведра (4 мин). А это предмет... Типа лопаты, может быть. Да, лопата (4 мин 20 с).

Испытуемый А. С. Предъявлен портрет Маяковского.

Эксп.: Что это?

Исп.: (обводит общий контур. 1 минуту молчит): Абсолютно непонятно.

Так, появилась гипотеза.

Нашел галстук, ясно, что лицо (1 мин 30 с). Рот, нос. Портрет, но чей?

Эксп.: Писатель.

Исп.: Ну, значит, Маяковский (1 мин 55 с).

Эксп. (убирает заслонку): Как вы узнали?

Исп.: Определенный тип лица. Пролезал по уху, но не понял, что это ухо, просмотрев овал (овальную рамку), не понял, что это такое, пока не наткнулся на галстук. Я проходил лицо и волосы, но не узнал класса объекта. Глаза я бы узнал, но мне не повезло, я на них не наткнулся.

Испытуемая Л. Л. Предъявлен портрет Толстого.

Эксп.: Что это такое?

Исп.: Один глаз. Другой глаз. Здесь ухо. Значит, какой-то человек. Очень темный рисунок. Кто-то с усами. И даже с бородою (30 с). Глаза очень живые и симпатичные (1 мин). Но я не узнаю портрета.

Эксп.: Известный русский писатель.

Исп.: Нет, не знаю. Я портреты плохо различаю. Нет, не могу. (1 мин 40 с). Может быть, типа Толстого, а может, и нет (1 мин 40 с, экспериментатор убирает заслонку). Конечно, Толстой.

Эксп.: Еще портрет (предъявляет портрет Горького).

Исп.: Какие мрачные глаза. Тоже с усами (30 с). Но без бороды. Галстук у него современный — кто-то из наших современников. Костюм современный (1 мин 10 с). Но лицо по частям не могу определить. Человек немолодой, с морщинками, усталыми мрачными глазами, но не могу определить. Взгляд знакомый, кажется,

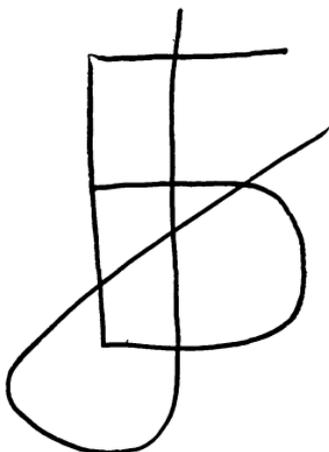


Рис. 1.

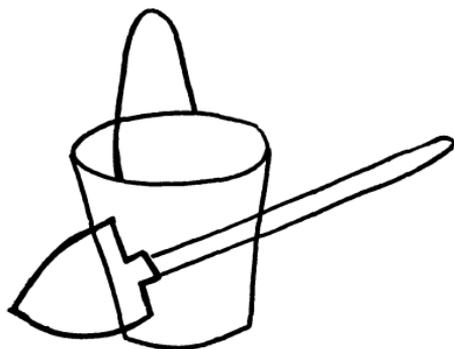


Рис. 2

Коньки хоккеиста, очевидно. И в руке у него топор. Граница рисунка (2 мин.).

Эксп.: Ситуация непонятна?

Исп.. Нет. Какой-то хоккеист с греческими орнаментами. Ключка, коньки. Цифра 37 — на чем она? Рука кончается горлышком чего-то. То ли горлышком, то ли стволом. (Хоккейная клюшка.) А вот еще морда (3 мин 20 с). Этот показывает чего-то у виска — дескать, что ты делаешь. А что он делает — непонятно. К чему относится 37 — решительно непонятно. Не понял (4 мин 30 с). (Экспериментатор открывает картинку.) А, танк. Что-то от танка было. Хоккеист шайбой разбил гусеницу. Было подозрение на танк. А гусеницу я вообще не увидел. И этот ствол — к танку я его уже не привязывал.

Эти опыты показывают, что резкое уменьшение объема восприятия (числа одновременно воспринимаемых элементов), вызванное ограничением поля зрения, затрудняет или делает невозможным восприятие объекта как целого и его узнавание. Иногда наблюдается ложное узнавание, когда часть принимается за целое или само целое понимается неверно.

Посторонние или второстепенные детали изображения, которые легко отсеиваются при обычном рассматривании, здесь надолго задерживают внимание и затрудняют узнавание. Вообще различие между главными и второстепенными деталями сглаживается, главное выделяется с трудом. Всякого рода «шум» (перечеркива-

знакомый, я видела этот портрет (2 мин, экспериментатор убирает заслонку), Горький

Испытуемый А. П. Демонстрируется юмористическая картинка (рис. 3).

Эксп.. Это юмористическая картинка. В чем смысл ситуации?

Исп.. Так, 37 Человеческая фигура. Цифра 37. Это ствол. А это — бутылка, что ли? Какие-то греческие орнаменты, меандры. Конек Коньки

ние фигур, наложение их друг на друга) резко затрудняет узнавание. Аналогичным образом действует необычное написание букв или деформация фигур в юмористических рисунках.

Нормальный процесс принятия решений часто нарушается, причем нарушения бывают двоякого рода: поспешное умозаключение, когда решение принимается на основе недостаточной информации и обычно бывает неверным, или другая крайность — нерешительность, когда испытуемый помногу раз просматривает одни и те же детали; даже узнав объект, он не уверен в своей правоте, колеблется, высказывает свое решение в вопросительной или предположительной форме.

Особенно интересно, что сужение объема восприятия ведет к подмене непосредственного интуитивного «схватывания» объекта логическим рассуждением. Так, испытуемый при осмотре портрета натывается на деталь — усы и начинает рассуждать примерно так: «Висячие усы. Такие усы могут быть или у Горького, или у Шевченко. Посмотрим дальше. Костюм — костюм как будто современный. Галстук. Раз галстук, значит, Горький».

Еще один важный момент — влияние целого на восприятие деталей. Деталь, имеющая ясный и однозначный смысл в рамках целого, становится многозначной или вообще теряет смысл, пока неизвестно целое и место этой детали в целом. Так, «нос» воспринимается просто как изогнутая линия, пока не выясняется, что весь контур изображает лицо и линия лежит в передней его части.

Если целое понято неверно, то и детали под его влиянием получают извращенный смысл, а каждая новая, неверно понятая деталь, в свою очередь, укрепляет в испытуемом неверное понимание целого. Вот характерный для этого случая опыт. Предъявлено изображение чайника (рис. 4).



Рис. 3



Рис 4

Экс.: Перед вами предмет. Какой?

Исп.: Типа шапочки. По помпону узнал. Внизу тело. Левая рука с указательным пальцем. Поднята. А справа от него вижу... Чудной какой-то... То ли воротник? Или еще одна рука? Мешок не мешок заплечный, но трудно опознаваемый. Что же

это за предмет? Я весь его вижу. Раз дуга, два дуга. Рука в бок. Вторая. Ног нет. Типа снежной бабы. Все! (2 мин 40 с. Заслонка убрана). Чайник!

Эти и подобные им примеры разительно напоминают поведение больных агнозией. Есть данные о том, что и в случае агнозии у больных резко сужен объем восприятия (уже не из-за ограничения поля зрения, а по другим причинам). Объект, превосходящий этот объем, не воспринимается как целое, а потому и не узнается.

С другой стороны, затруднения наших испытуемых очень похожи на трудности, с которыми сталкивается человек при познании «большой» системы. И для этого есть основания: объем восприятия ограничен не только у больных. Здоровый человек по отношению к вещам «слишком большим» находится в том же положении, что и больной по отношению к вещам средних размеров: он не может сразу, с одного взгляда составить о них целостное представление. Вспомним, как мы воспринимаем незнакомый город, завод, крупное архитектурное сооружение и т. п. Сначала — множество деталей, и лишь со временем, уже в памяти, они складываются в нечто целое. Это ограничение способности к одномоментному «схватыванию» больших объектов в принципе не отличается от агнозии, но поскольку оно свойственно всем нормальным людям, то и считается нормальным. Только резкое уменьшение этой способности, уже мешающее в повседневной жизни, расценивается нами как болезнь.

Над этим фактом — ограниченностью объема нашего нормального восприятия — и его последствиями стоит за-

думаться. Пять чувств, через которые мы познаем окружающий мир, это, в сущности, то же окошко, ограничивающее нашу способность к целостному, непосредственному восприятию мира. Вместо того чтобы «схватывать» его сразу, мы вынуждены познавать его по частям, выявляя один за другим его «элементы» и устанавливая связи между ними. Для этого мы должны, подобно нашим испытуемым, прибегать к рассуждению, к логике и тому подобным методам. Будь объем нашего восприятия шире, возможно, эти методы сделались бы ненужными.

Теперь мы готовы к тому, чтобы поговорить о том пути познания, который обычно противопоставляется логике и рассудку, — об интуиции.

## Интуиция

«Интуиция» буквально означает «непосредственное видение». Однако «непосредственное» здесь требует разъяснения. Мы слишком хорошо знаем, что самое непосредственное восприятие на деле опосредовано множеством физиологических механизмов и психических процессов. Обычно интуиция — результат большого опыта, в ходе которого опосредующие операции «свертываются», автоматизируются и перестают осознаваться. Поэтому «непосредственное» — это обычно просто «свернутое». Это свертывание может произойти в очень раннем возрасте, так что сам факт свертывания будет забыт. Более того, оно может быть результатом не вашего личного, а видового опыта, так что вы получаете этот результат по наследству, зафиксированным в виде готового физиологического механизма. Многие из тех качеств, которые нам представляются «элементарными», «простыми», «неразложимыми» (красный цвет, соленый вкус и т. п.) и воспринимаются «непосредственно», на самом деле опосредованы огромным видовым опытом, закрепленным в виде соответствующих механизмов и органов.

Стоит познакомиться с историей и сравнительной физиологией наших органов чувств, чтобы понять, насколько относительны понятия элементарности и непосредственности. Так, желтый цвет субъективно кажется элементарным, таким же, как красный. На самом деле желтый цвет не элементарен, в том смысле, что нет специальных рецепторов желтого цвета. Ощущение жел-

того возникает при одновременном раздражении «красных» и «зеленых» рецепторов. Тем не менее организация этих рецепторов дает нам возможность видеть желтый цвет как неразложимый, элементарный, а не как смесь красного и зеленого. Более того, когда нам действительно дают смесь красного и зеленого, мы опять-таки видим ее как желтый. Многие раздражители, которые с нашей человеческой точки зрения кажутся сложными, являются элементарными для некоторых животных. Только что вылупившийся птенец отличает силуэт ястреба от силуэта утки — для него это раздражители элементарные.

Чем же обуславливается это ощущение элементарности? Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны разобраться в том, каковы физиологические механизмы восприятия качеств.

Звук мы воспринимаем ухом, свет — глазом, теплоту — поверхностью кожи. Значит ли это, что для восприятия каждого качества необходим свой специальный орган? В известном смысле — да. Нужно только уточнить, что такое орган.

Звук, свет, тепло — это довольно крупные классы качеств (в физиологии они называются «модальностями»). Специализация органов чувств по модальностям сложилась в ходе эволюции и закрепилась в наследственной структуре организма. Мы получаем ее при рождении в готовом виде, — глазу не нужно учиться видеть свет, а уху — слышать звук. Однако эта специализация еще слишком груба, и в ходе индивидуального развития человеку приходится доучиваться многому. В том числе и способности более тонко различать качества.

Различение качеств внутри главных модальностей происходит не так, что каждому качеству соответствует своя специальная группа рецепторов, а за счет специальной организации неспециализированных рецепторов. Эта организация и образует, пользуясь выражением А. А. Ухтомского, «функциональный орган» для восприятия соответствующего качества. Строение этого органа во многом еще неясно, но весьма правдоподобной кажется гипотеза Ю. Конорски<sup>7</sup>, согласно которой «конечной инстанцией» такого органа является один нейрон

---

<sup>7</sup> Ю. Конорски. Интегративная деятельность мозга. М., 1972.

(или группа одинаково работающих нейронов), который, собственно, и служит «рецептором» данного качества. Такого рода «гностические» нейроны (от слова «гнозис» — узнавание, познание) образуют в коре головного мозга целые поля, которые и служат местом локализации соответствующих целостных представлений — зрительных, слуховых, тактильных и пр. Эта гипотеза подтверждается рядом данных нейрофизиологии и нейропсихологии. Так, клинические наблюдения показывают, что поражение проекционных и гностических зон коры приводят к совершенно разным результатам. При поражении проекционных зон выпадают определенные участки рецептивных полей, например, определенные участки зрительного поля или определенные области кожного анализатора. Размеры и локализация этих участков определяются размерами и локализацией очагов поражения. При поражении гностических зон, напротив, рецептивные поля не страдают, но зато выпадают отдельные категории восприятия: больной перестает воспринимать лица, или буквы, или предметы и т. п.

Аналогичные результаты получаются при раздражении соответствующих полей. При раздражении проекционных зон больной видит отдельные пятна, вспышки, круги, если это зрительная зона, или испытывает ощущения «покалывания», «мурашек», если это кожная зона. При раздражении же гностических зон он видит целостные образы, по яркости похожие на галлюцинации. Например, видит знакомого, который идет ему навстречу и машет рукой.

Существование «функционального органа» и есть физиологическая предпосылка непосредственного («интуитивного») восприятия качества как неразложимого целого, как «элемента».

## Расширенное восприятие

Способность человека к целостному восприятию сложных объектов как простых и неразложимых играет важнейшую роль во всем нашем поведении. Эта способность лежит в основе «свертывания» и сокращения того огромного количества информации, которое поступает на наши органы чувств и которое без этого свертывания мы не смогли бы использовать. Целостное восприятие позволяет человеку подняться над множеством

элементов сложной системы и не заниматься ими в отдельности, а иметь дело непосредственно с целым. Сложность при этом перестает быть сложностью, а «превращается» в единое простое качество. Вообще, следует сказать, что сложность — понятие относительное и зависит от нашего умения или неумения видеть предмет как целое, от того, что мы принимаем за «неразложимый элемент» сам предмет или какие-то его части. (Понятно, что объективно неразложимых элементов нет.) Мы видели, как простая задача узнавания портрета превращается в сложную, когда мы переносим «начало отчета» элементарности на более низкий уровень, сужая объем восприятия. Можно ожидать обратного эффекта — превращения сложных задач в простые, если мы сумеем расширить объем восприятия по сравнению с нормальным.

Объем восприятия (или, говоря более общо, объем сознания) сильно различается как у разных людей, так и у одного и того же человека в разных условиях. Не этим ли различием объясняется различие способностей к решению задач? Быть может, расширенный объем восприятия входит как важнейшая составляющая в то, что мы называем «вдохновением» и «гениальностью»? Трудно ответить на этот вопрос, потому что сами эти явления с трудом поддаются объективному исследованию. Наверное, почти каждому человеку приходилось в той или иной степени переживать состояние вдохновения, душевного подъема, когда неожиданно легко решались трудные задачи, не поддававшиеся до этого никаким усилиям, вещи виделись с необычайной ясностью и выпуклостью, намечались перспективы и принимались решения, определявшие всю дальнейшую жизнь. По-видимому, часто такие состояния случаются в юности, весной, на изломе жизненного пути, когда человек или сама природа готовятся к полному раскрытию своих творческих сил. Люди религиозные трактуют такие состояния, как встречу с богом, специально ищут их и используют специальную технику для их достижения — молитвы, посты, медитацию, сосредоточение. Почти все, пережившие это состояние, соглашались, что передать его словами почти невозможно. Можно, однако, дать некоторое представление о нем, указав нечто сходное.

Почти каждому из нас приходилось бывать на вершине горы, башни, высокого здания. В силу самого по-

ложения объем восприятия здесь резко расширяется, и возникает состояние, близкое к тому, о котором идет речь. Вспомните: все предметы далеки и в то же время видны одновременно. Они не заслоняют друг друга: ничто близкое не мешает их видеть и не отвлекает внимание, как это бывает на земле. Поезд, бегущий у самого горизонта, пестрое стадо коров на лугу, рыбак, сидящий у реки с удочкой... Взгляд легко переходит от предмета к предмету, охватывая огромные пространства и связывая то, что при обычной точке зрения не бывает связанным.

То же относится к слуху: стоит тишина и в то же время слышится множество звуков. Ни один из них не заглушает другие, не завладевает принудительно вашим вниманием, поэтому рядом присутствуют звуки из мест, далеко отстоящих друг от друга: лай собак в деревне, рокот трактора, работающего в поле, голоса женщин на реке. Все далеко и в то же время все достижимо, так что ухо легко переходит от одного звука к другому. То же можно повторить о запахах.

Эта легкость перехода и сопоставления предметов, звуков, которые в обычных обстоятельствах не встречаются рядом, придает свежесть и новизну даже вещам привычным и одновременно способствует единству всей огромной и разнообразной картины.

Свобода обладания столь обширным материалом порождает настроение необычайной бодрости, силы и подъема духа. Прибавьте теперь к этому расширению внешнего горизонта расширение горизонта внутренне-го — вашей памяти и ваших представлений, и вы получите понятие об этом состоянии и, наверное, вспомните в своей жизни моменты, когда переживали нечто подобное. Такие моменты не забываются.

Какими же средствами располагаем мы, чтобы добиться расширения восприятия? Здесь следует сказать, что все, что способствует повышенной активности нервной системы, расширяет и объем восприятия. Из «естественных» средств—это отдых, укрепление и закаливание нервной системы. Из искусственных средств наиболее известное — кофеин. А. Р. Лурия показал, что у больных агнозией кофеин на некоторое время расширяет объем восприятия и позволяет справиться с задачами, которые в обычном состоянии больной не может решить. Существуют и другие искусственные средства. Од-

нако они, как правило, ведут к различного рода нежелательным побочным последствиям, к тому же их эффективность, в сущности, не очень велика. Гораздо более мощное средство расширения объема восприятия — организация самого материала восприятия.

Вот простейший пример: известно, что человек может одновременно воспринять и запомнить шесть-семь разрозненных букв. Но если объединить эти буквы в слова, слова — во фразы, фразы — в осмысленный текст, то объем восприятия (число одновременно воспринимаемых букв) резко расширится.

Причина этого в том, что здесь в качестве «элементов» выступают уже не буквы, а более крупные единицы — слова или предложения. И хотя число таких «субъективных элементов» остается по-прежнему близким к шести-семи, число воспринимаемых «объективных элементов», букв намного возрастает.

Любое множество элементов, даже плохо организованное, после многократных повторений начинает восприниматься как целое. Т. е. образуется «функциональный орган» для их непосредственного, «интуитивного» восприятия — опыт ведет к интуиции. Однако желательно получить этот эффект целостности сразу, и такая возможность, по-видимому, есть. Ручательство тому — опыт искусства.

Главный инструмент искусства — художественный образ есть не что иное, как средство объединить в сознании зрителя множество элементов и черт действительности в своеобразное нерасторжимое целое. Так, повествуя о приключениях некоего странствующего рыцаря, отставшего от своего века, художник сливает в нашем сознании такие качества, как храбрость, благородство, непрактичность и т. д. в новый сплав — донкихотство. Отныне мы получаем новый тип в классификации человеческих характеров, новый инструмент в познании мира, и можем пользоваться им, не заботясь о том, из каких частей он составлен. Стоит нам сказать это слово и в сознании собеседника возникает целостное, качественное своеобразное представление, не нуждающееся в разложении на элементы. Оно само — новый элемент, который может входить в состав других, более сложных представлений.

Законы, по которым множество разнообразных элементов может быть объединено в целостный образ, вы-

ступающий как единое качество, суть законы эстетические.

До сих пор эстетика, эта важная область человеческих интересов, занималась в основном искусством. Оттуда она черпала свой материал и проблемы и разрабатывалась, главным образом, применительно к этим проблемам. Лишь изредка и вскользь касалась она красоты в природе или технике. В последние годы, однако, растет сознание того, что область ее гораздо шире, что это наука об общих законах организации чувственного материала, и искусство — только одна из сфер ее приложения. Сами законы восприятия — суть законы эстетические, или, точнее, эстетическое составляет в них высший принцип. И если мир видится нам прекрасным, то это потому, что наше восприятие формировалось и приспособляется к нему по законам красоты.

Осознание всех этих фактов открывает нам путь к целенаправленному формированию нашего восприятия в формах, наиболее адекватных сложным объектам нашего мира. Искусство при этом не только остается наиболее эффективным средством познания человеческой души во всей ее сложности и индивидуальной неповторимости, но служит источником идей и примером для других областей человеческого познания.

Особенно важна способность искусства к формированию принципиально новых качественных представлений, не сводимых к уже известным. Такие принципиально новые качества постоянно рождаются в самой жизни, их появление составляет главный момент всякого развития. По своей способности к улавливанию и передаче нового, к описанию развития искусство намного превосходит науку и именно здесь часто опережает ее.

Мы не будем говорить о том, каким образом искусство достигает таких результатов. Вопрос этот требует специальных исследований. Здесь мы хотим лишь обратить внимание на то, что среди представителей точных наук растет тенденция к своего рода «гуманизации» этих наук, в которой искусству отводится важная роль. В основе этой тенденции лежит ряд убеждений, сложившихся в результате опыта последних лет, а именно: человек остается последней инстанцией, принимающей решение при управлении сложными системами, и вычислительная техника должна не столько заменять его, сколько помогать ему в этом, перерабатывая, свер-

тывая и представляя в компактной форме огромные массивы информации;

качественные методы описания и управления сложными системами это отнюдь не методы «второго сорта»: часто они оказываются наиболее адекватными решаемым задачам ввиду своей гибкости и лаконизма;

такие типично «качественные», образные методы познания, как искусство, обладают огромными, во многом еще неясными возможностями свертывания информации и быстрее формирования наших представлений о сложных развивающихся системах.

В этой работе мы пытались кратко очертить те физиологические и психологические предпосылки, которые лежат в основе «качественных», «целостных», «интуитивных» методов познания и позволяют надеяться, что человек в принципе способен справиться с любыми сложными проблемами нашего развивающегося мира.



И. П. Пушкина,  
кандидат биологических наук

## «СПИТ» ЛИ ЧЕЛОВЕК ВО СНЕ?...

Моделирование поведения людей в социальных, экономических, технологических и других системах различной сложности имеет целью прогнозирование надежности деятельности и динамики основных ее параметров при вероятностном учете всего комплекса воздействующих факторов той среды, в которой протекает деятельность индивида. Создание моделей, адекватных специфике изучаемых явлений, возможно при наличии определенного исходного уровня знаний о механизмах, лежащих в основе соответствующих психических процессов.

Приспособительное поведение индивида детерминруется и постоянно корректируется определенными механизмами, которые формируются в процессе онтогенетического развития. Сон — одна из форм такого приспособительного поведения, причем специфических, с присущими ему особенностями функциональной активности. И сегодня все более актуальным становится изу-

чение этой важнейшей по своему значению и сложности формы бытия человека. Исследование возможности осуществления и особенностей протекания психических процессов во время сна имеет большое значение и для понимания природы психического в континууме сон — бодрствование. Сон является ключом к раскрытию важнейших механизмов поведения. Глубоко символично в связи с этим высказывание одного из исследователей проблемы сна Б. Окса: скажите мне, что такое сон, и я вам скажу, что такое все остальное.

Изучение механизмов происхождения и особенностей протекания психической деятельности во время сна кроме теоретического значения имеет и большой практический смысл. Укажем на некоторые из практических выходов исследований проблемы сна.

Уже сейчас реальной представляется постановка вопроса о принципиальной возможности управления процессом сна, что имеет важное значение для решения ряда практических задач в области психогигиены сна здорового и больного человека, в частности, при разработке режимов труда и отдыха, связанных с необходимостью перестройки обычного суточного цикла. Актуальность этой задачи в условиях современного производства очевидна: трехменная работа, работа по скользящему графику разрушают генетический стереотип сна; сон в дневное, вечернее и ночное время далеко не равноценен — отсюда различная степень утомляемости в процессе труда, различная степень надежности деятельности. Не менее важными являются вопросы нормализации сна при различных психических и соматических заболеваниях.

Высокая эффективность усвоения информации в предсонный период и некоторые периоды сна открывает широкие возможности для интенсификации процесса обучения. Весьма перспективно использование некоторых периодов естественного сна для ввода и закрепления в памяти человека специальной информации.

## Особенности протекания сна у человека. Природа и генез различных видов сна

Изучение особенностей психической деятельности во время сна тесно связано с исследованием механизмов

происхождения и закономерностей протекания естественного ночного сна человека, поскольку специфика проявлений психических процессов в периоды бодрствования и сна определяется уровнем функциональной активности мозга в этих состояниях.

Сон и бодрствование представляют единый, неразрывный, взаимопереходящий процесс. Наиболее характерным для современных представлений о природе сна является признание его активным процессом, одним из видов приспособительного поведения. К настоящему времени получены многочисленные экспериментальные данные, подтверждающие возможность осуществления в период сна сложных форм психической деятельности. Во время сна продолжается интенсивная мозговая деятельность, связанная с анализом и синтезом полученной в период бодрствования информации. Несмотря на сложность изучения особенностей протекания во сне различных психических процессов, многих исследователей привлекает этот аспект проблемы в связи с тем, что период сна представляется наиболее благоприятным для создания различных экспериментальных моделей, доступных для анализа, в частности, вследствие отсутствия интерферирующих воздействий, характерных для бодрствования.

Анализ электроэнцефалографической феноменологии — выраженности и регулярности альфа-ритма, частотно-амплитудных показателей тета- и дельта-активности, характера других компонентов биоактивности, окулографических, актографических изменений и поведенческих реакций — подтвердил общие принципы деления сна на стадии, отражающие последовательный переход от бодрствования к глубокому сну. Сон является неоднородным процессом, чрезвычайно изменчивым и непостоянным. Особенно разительно несходство двух основных видов сна — ортодоксального (медленного) и парадоксального (быстрого). Ортодоксальный сон по ЭЭГ признакам характеризуется высокоамплитудной синхронизированной медленной активностью (отсюда другое распространенное название ортодоксального сна — медленный).

Парадоксальная стадия характеризуется выраженной диссоциацией между ЭЭГ картиной поверхностного сна и поведенческой картиной глубокого сна. Основными дифференцировочными признаками парадок-

сального сна являются быстрые движения глаз, проявляющиеся в специфических изменениях электроокулограммы, и падение мышечного тонуса.

По мнению большинства исследователей, механизмы происхождения ортодоксального и парадоксального сна связаны с преимущественным подавлением соответственно функций корковых или подкорковых структур мозга. Именно с парадоксальным сном большинство исследователей связывают сновидную деятельность. А как известно, анализ сновидной деятельности и возможных механизмов ее возникновения имеет особое значение для понимания природы сна.

В настоящее время получены подтверждения того, что психическая деятельность во сне сложна, целенаправленна и необходима. Однако систематических психологических исследований о проявлениях и природе психической активности во время сна, по существу, нет. Правда, уже сейчас имеются необходимые условия и научные предпосылки для решения некоторых проблем психической активности во время сна.

С одной стороны, существует богатейший эмпирический материал, накопленный со времен древности — наблюдения, догадки, суждения, которые во множестве рассеяны в научной литературе и составляют, если можно так выразиться, «научный фольклор».

С другой, накоплен огромный экспериментальный материал, который, как теперь уже можно утверждать, не может быть осмыслен иначе, как в психологическом контексте. Не случайно до сих пор наблюдается разорванность, эклектичность концепций и теоретических построений, касающихся природы сна как особого психического состояния. Бросается в глаза контраст между продуманностью и высоким уровнем точности и сложности эксперимента и произвольностью научного толкования его результатов.

Возможно, что до известного момента не было необходимости в глобальном осмысливании материала, однако он достиг, по-видимому, некоторой критической величины, т. е. того состояния, когда дальнейшее развитие исследований невозможно без построения теоретической концепции. Сон же и психическая деятельность во сне могут быть удовлетворительно объяснены только при обращении к психологической теории, ибо самый сложный и необъяснимый пока феномен сна, как признается

большинством исследователей, является одним из видов приспособительного поведения.

Одной из распространенных методологических ошибок является отношение к психическому в период сна как к объекту физиологии. Сновидения можно рассматривать как побочный психологический феномен, говорят исследователи, придерживающиеся этой точки зрения, наслаивающийся на физиологические сдвиги, происходящие в нервной системе во время парадоксального сна. Нетрудно понять, что это неверно. Даже если придерживаться того мнения, что сновидения являются побочным феноменом—то все-таки психического, а не физиологического процесса. Сведение психической деятельности в период сна только к физиологическому процессу тем более необоснованно, что образование новых или проявление выработанных условных рефлексов в период сна почти невозможно. Как это ни парадоксально, но может статься, что психическая деятельность в период сна более «психологична», чем в период бодрствования, когда осуществляется сбор информации, ее первичная переработка и упорядочивание.

Для психической деятельности во время сна, по сравнению с бодрствованием, характерно изменение категории отражаемого. Деятельность в период сна есть отражение ранее, т. е. в период бодрствования, отраженной реальности. Поэтому сновидения, по нашему мнению, являются не хаотической деятельностью, а отражательной, протекающей по определенным законам и более соотносенной с психическим эквивалентом реальности, чем с действительной для данного периода ситуацией.

На определенном этапе становления научного подхода к проблеме происхождения сновидений большое значение имели исследования, доказывающие генетическую связь переживаний с внешними раздражениями. Однако внешние воздействия далеко не исчерпывающая причина возникновения сновидений. Л. А. Орбели писал: «Возьмите наши сновидения. Ведь мы видим отчетливые и ясные картины, переживаем целый ряд субъективных ощущений, очень сложных, но странным образом расположенных, мы переживаем их совершенно отчетливо, почти с такой же ясностью, как нормальные впечатления внешнего мира, несмотря на то, что никаких соответствующих раздражений извне не поступает».

До настоящего времени дискутируется вопрос о про-

исхождении обоих видов сна, особенно парадоксального. По мнению одного из известных исследователей, когда природа парадоксального сна будет полностью раскрыта, слово «сон» вообще перестанет применяться для обозначения этого крайне своеобразного состояния. Как указывалось, большинство исследователей связывают сновидения именно с парадоксальным сном, хотя существует и другое мнение. Некоторые считают, что сновидения могут быть представлены в обоих видах сна. Что же касается необходимости сновидений, то тут нет разногласий. Так, Аристотель считал, что сна без сновидений не бывает, и кто утверждает обратное, тот доказывает только то, что не помнит своих сновидений. А Эрдману человек, никогда не видящий сновидений, представляется монстром.

Чрезвычайно важен вопрос о механизмах и назначении сна. Обсуждая возможные генетические механизмы происхождения сна, Грей Уолтер предположил, что снижение активности, которое возникало у динозавров с наступлением ночи, связано с понижением температуры. Он пишет: «Может быть, ночное снижение нервной энергии является причиной иначе не объяснимой привычки человека к продолжительному ночному сну. Ничто не свидетельствует о том, что длительный сон необходим для восстановления сил». Вопрос осложняется неоднородностью самого процесса сна, разделяющегося на два вида (новый и древний сон), связанных соответственно с корой или подкоркой. Сон начинается с постепенного уменьшения частоты и увеличения амплитуды биоактивности, наиболее глубокие стадии коркового сна характеризуются синхронизированной медленной активностью. Таким образом, сон является порождением коры, но, как писал Н. И. Красногорский, «церебральная кора, как и сердце, непрерывно работает и постоянно отдыхает». Не означает ли это, что функция медленного сна иная, а именно. психическая деятельность иного порядка, иначе организованная, иного качества и назначения? Если кора не нуждается в отдыхе, зачем же тогда столь долгое «инобытие»? В самом деле, не может ведь кора просто «подстраиваться» под прочие органы и функции, это было бы слишком нерационально.

Парадоксальный сон является более древним и примитивным, это подтверждается тем, что он сохраняется у декортицированных животных, тогда как медленный

сон, естественно, у них отсутствует. Поэтому представляется нелогичным связывать с парадоксальным сном наиболее интенсивные и сложные формы психической активности во сне. Если сновидения являются высшей и единственной формой проявления психической активности во сне, их следовало бы связать с корой; если же сновидения представляют побочный наслаивающийся феномен, т. е. являются низшей формой психической деятельности во сне, тогда они могут быть отнесены преимущественно к парадоксальному сну. Уже одно то, что в отношении парадоксального сна кое-что установлено, а медленный сон — при кажущейся понятности и доступности — остается белым пятном, заставляет подумать, так ли все просто, как кажется.

Существует точка зрения, что парадоксальный сон является «сторожем» спящего мозга. Это спорно, так как во время парадоксального сна отмечается почти полное падение мышечного тонуса, в частности, тонуса антигравитационных мышц, ответственных за поддержание вертикального положения тела, а это означает невозможность убежать, спастись бегством. Напротив, скорее можно предположить, что именно парадоксальный сон предоставляет организму необходимый отдых. За это говорит и тот факт, что парадоксальный сон возникает в течение ночи неоднократно и длится сравнительно недолго, составляя приблизительно 23% всего времени сна. В этом усматривается биологическая целесообразность: древний организм, окруженный многочисленными опасностями, мог позволить себе только такой вид отдыха — на короткое время расслабиться, чтобы снова быть готовым спастись, бежать в случае необходимости. (По аналогии с тем, как пьют воду животные в тех местах, где водятся крокодилы). Именно дробный сон и может выполнять такую сторожевую функцию организма.

## Психология сна и сновидений, творчество и психическая патология

Сон возник на высокой ступени эволюции. Тем более это относится к связанному с корой медленному сну. В связи с этим правомерна гипотеза о психологической природе сна и психологической причине его возникновения. Пока деятельность ограничивалась простейшими

формами, система могла работать непрерывно, не переключаясь с одного режима на другой. При более сложной деятельности, включая в широком смысле слова эвристические процессы, иерархия и структура их усложняются и дифференцируются, основным классом раздражителей становятся сигналы любых модальностей. Можно предположить, что деятельность по созданию «сигнального» варианта мира, психического эквивалента реальности, с которым имеет дело высокоорганизованный мозг, и есть назначение сна как особого режима деятельности, на который периодически переходит организм. С этим связана идея разделения функций, «разделения труда» между сном и бодрствованием: в период бодрствования осуществляется сбор информации, во время сна — ее переработка, селекция и закрепление.

Психика и поведение во сне, по-видимому, реализуются при доминировании генетической программы. Прерогативой же бодрствования является сфера социальных воздействий. Столкновение генетического и социального, разрешение конфликтных ситуаций, если они возникают, происходит в период сна. При незначительном несопадении генетических и социальных требований «социальное» всегда берет верх. При значительном — может разрушиться «социальное», что иногда приводит к антиобщественным формам поведения человека. При большей силе социальных влияний может разрушиться генетический механизм. В этом случае развивается заболевание.

Сон и болезнь, сон и патология тесно связаны, это хорошо известно в медицине, особенно в психиатрии. Целый ряд психических заболеваний начинается с соответствующих сновидений. Случайно ли это? Наверное, нет, если предположить, что именно во сне происходит оценка ситуации. В случае рассогласования наступает дезорганизация психической деятельности, что и означает заболевание организма, как крайнюю форму его оборонительной реакции.

Так же хорошо известна взаимосвязь сна и творчества. В литературе описаны многочисленные примеры «творчества» во сне, которое тесно связано с «творческой» миссией сна, заключающейся в переоценке ценностей на основе «переваривания» информации, полученной в период бодрствования. Процесс обработки ин-

формации, при значительном упрощении, может быть уподоблен расщеплению поступающих продуктов в процессе пищеварения. Во сне, как это сейчас признается, происходит переработка информации, формируется опыт, происходит перевод информации из кратковременной памяти в долговременную и т. д. С этой идеей, в частности, связана «химическая» концепция об основной функции парадоксального сна — освобождении мозга от токсических веществ, которые, как считается, вызывают сон. Быть может, эти вредные для мозга вещества, якобы вызывающие наступление сна, представляют собой продукты распада, возникающие в результате процесса переработки информации, приведения ее в то состояние, которое необходимо для того, чтобы «внешнее» стало «внутренним». Так же как организм приспособился к усвоению чужеродных питательных веществ, переработке их в вещества собственного состава, точно так же головной мозг в процессе переработки информации преобразовывает ее до тех пор, пока она не достигнет необходимой степени адекватности внутреннему психическому эквиваленту.

Следует более подробно остановиться на проблеме связи сна, болезни и творчества. Не будем приводить примеров — они слишком хорошо известны и их слишком много. Ометим, что так же как заболевание часто впервые «прослушивается» во сне, так и творческая идея высвечивается во время сна как в «магическом кристалле». Итак, связь сна и патологии, сна и творчества хорошо известна. Можно предположить, что сон занимает ключевую позицию в психической жизни, определяя ее благополучие или неблагополучие. Что общего между тремя этими состояниями? Сон, психическое заболевание, творчество характеризуются независимостью психического потока, переживания от волевого «я». Субъект, находящийся в одном из этих состояний, не может активно управлять потоком психического, он следует за ним, в той или иной мере отдавая себе отчет в происходящем. Каждому это чувство хорошо известно по сновидным переживаниям. Особенности переживаний душевнобольных описаны в специальной литературе. Многие из выдающихся художников, композиторов, поэтов рассказывали о своих субъективных ощущениях в момент творчества: они слышали музыку, которую только записывали, видели образы, которые запечатле-

вали на полотнах, и т. д. Общим для всех состояний является растворение своего «я», ощущение непосредственности психического действия, четкой отграниченности его от «я», невозможности что-либо изменить.

Существует мнение, что невроты иногда развиваются из-за отсутствия сновидений, и тогда человек в бодрствующем состоянии как бы переживает сновидения, которых он был лишен во время сна. В то же время невротики, напротив, отличаются сном, насыщенным сновидениями. Отсутствие сновидений, если предположить, что такое действительно реально (отсутствие сновидений доказать трудно), по-видимому, связано с какими-либо серьезными органическими нарушениями.

Один из исследователей считает, что если бы человек в период сновидений мог ходить и вел бы себя как бодрствующий, то мы бы имели типичную клиническую картину раннего слабоумия. Следует заметить, что это суждение может быть распространено далеко не на все типы сновидений. Возможно, это относится к сновидениям людей, страдающих теми или иными психическими расстройствами. Важно также то, что несвязность, причудливость и странность сновидных образов могут быть только кажущимися, что доходящие до уровня сознания и сохраняющиеся в памяти обрывки представляют, пользуясь языком теории информации, «шум», который сопровождает полезные сигналы, полезную информацию. Кстати, и в состоянии бодрствования мы далеко не всегда можем объяснить механизм происхождения иногда очень странных и загадочных ассоциаций, всплывших неизвестно из каких глубин психики. По существу, мы также мало знаем о закономерностях протекания психической деятельности в период бодрствования, мы способны только фиксировать и выделять те события, которые, часто независимо от нашей воли, оказываются в фокусе нашего внимания. Гораздо более перспективным может оказаться путь нахождения закономерностей, присущих психической деятельности в обоих состояниях, чем проведение грани между ними.

Грей Уолтер пишет о том, что в связи с двойственностью мозга (головной и тазовой) диплодоки являли собой физический прототип шизофреника. По аналогии с этим рассуждением можно сказать, что существование двух форм психического бытия, психической активности, представленных в периоды бодрствования и сна, есть при-

чина того, что различные расстройства психической деятельности возникают вследствие нарушения равновесия в системе, представляющей в норме состояние неустойчивого равновесия.

У Грея Уолтера имеется важное высказывание: «...Дельта-ритм (связан) с болезнью, дегенерацией и смертью. И с обороной — так как закономерная связь этих более медленных ритмов с болезнью, вероятно, является признаком организованной защиты организма... Однако они (дельта-ритмы) могут иметь место и в норме и даже преобладают на ЭЭГ в течение первых лет жизни и во время сна». Значит, дельта-ритм есть ритм болезни, сна и раннего периода жизни ребенка. Однако хорошо известна интенсивность психической деятельности у детей, их огромный творческий потенциал, который впоследствии — и очень скоро — у большинства утрачивается, сохраняясь на столь высоком уровне только у творческих личностей. Не следует ли из этого, что дельта-ритм является объединяющей характеристикой трех состояний и соответственно психических процессов в этих состояниях — сна, болезни и творчества? Во всяком случае, здесь затрагиваются какие-то важные закономерности, лежащие в основе единства психической деятельности.

### Психическая активность во сне и приспособительное поведение

Принцип единства психической деятельности может быть рассмотрен в двух аспектах. Первый, естественно, означает, что сон и бодрствование представляют единый непрерывный процесс — континуум. Второй аспект — сон и бодрствование представляют две стороны единого процесса, относительно самостоятельные. Нечто похожее можно наблюдать в области гипноза. По выходе из состояния гипноза пациент продолжает вести себя так, как это имело место до погружения — как если бы не было никакого перерыва. В то же время, впадая в состояние гипноза, он будет вести себя так же, как в предыдущий период погружения. Причем в обоих состояниях человек ничего не знает о себе в ином состоянии. Здесь две линии поведения продолжают независимо одна от другой, и, несмотря на периодическую смену состояний, каждая линия развивается закономерно и не-

прерывно. Это явление может служить адекватной моделью для состояний сна и бодрствования — мы почти ничего не знаем в период бодрствования о том, что мы есть во время сна. Правда, трудно утверждать, что во время сна мы ничего не знаем о себе — бодрствующем. Вспомним хотя бы идею о снах как реализации неудовлетворенных желаний. Из этого следует, что во время сна нам известны наши дневные заботы, тревоги и желания.

Во время сна психическая деятельность связана с жизненно важными потребностями и интересами человека, которым соответствуют некоторые общие, выведенные из фактов закономерности. У Фрейда есть высказывание о том, что сновидения не мешают сну, они его охраняют. Замечание тонкое, пытаюсь истолковать его смысл, как это пытался сделать Фауст, истолковывая знаменитое «В начале было слово...», можно бы сказать, что, наоборот, сон охраняет сновидную психическую деятельность как жизненно важную и необходимую функцию.

На протяжении научного периода развития исследований сна предпринимались попытки обнаружения «центра сна», органа, участка в мозгу, ответственного за развитие сна. Попытки эти удивительно постоянно оказывались безрезультатными. Очевидно, потому, что, во-первых, сон есть интегральный процесс, а во-вторых, — не там искали. Левое полушарие связано со знаковым, логическим мышлением, тогда как деятельность во время сна протекает в образной системе. Возможно, что свою лепту в изучение психической деятельности во сне внесет открытие асимметрии правого и левого полушарий. Правое полушарие связывают сейчас с образным мышлением, которое является — предположительно — синонимом творческого мышления. Возможно, психическая деятельность во сне, как и творческая деятельность вообще, осуществляется при доминировании правого полушария. Природе свойственна целесообразность. И так же как правое полушарие оказалось не глухим резервом, период сна, по-видимому, не является состоянием вынужденного простоя.

Исключительно важен вопрос о «сохранности» сознания во время сна. В литературе содержатся многочисленные свидетельства в пользу того, что во сне человек продолжает оставаться восприимчивым, бдительным и

разумным в некоторых отношениях. Сознание при этом отключается не полностью, в состоянии сна возможно осмысливание раздражителей, связанных со стойкими интересами личности. В известном смысле спать означает не интересоваться, однако это не означает, что прекращается восприятие. Причем высшие чувства — зрение и слух — засыпают последними, и, по-видимому, с этим связано высказывание Луже о том, что слух является чувством, наиболее устойчивым по отношению ко сну и смерти. Об этом пишет и Грей Уолтер: «...Наш слух не имеет ни естественного опыта глухоты, ни какого-либо механизма для временного отключения от слышимого мира, тогда как темнота или закрывание глаз знакомит нас с временной слепотой». А Бурдах справедливо говорит о том, что если бы мы не во сне, а только по пробуждении слышали и чувствовали, то нас вообще нельзя было бы разбудить. Практически в любой из моментов сна, сколько бы он ни продолжался (кроме патологического сна), человека можно разбудить, а это значит, что сознание потенциально присутствует на всем протяжении сна. Это постоянное «отсутствующее присутствие» сознания во время сна может оказаться перспективной моделью для понимания соотношения и взаимосвязи сознания и психического вообще.

Большой интерес для анализа особенностей протекания психических процессов в состояниях сна и бодрствования представляет изучение переходных состояний от бодрствования ко сну и наоборот. Иногда возникают очень интересные субъективные переживания и ощущения, связанные с наложением двух способов функционирования, с их кратковременным сосуществованием. В частности, в течение какого-то времени, быть может, речь идет о мгновениях, человек испытывает затруднения с идентификацией самого себя, с определением своего пространственного и временного нахождения (М. Пруст). Проходит некоторое время, необходимы усилия, связанные с затратой энергии, чтобы четко установить, кто я есть, где нахожусь и в каком времени — не только суток, но и в каком периоде жизни. Это состояние можно было бы определить как бытие, осознающее самое себя, но не идентифицирующее себя с конкретным индивидуальным существованием. Отсюда возможны ошибки в определении своего нахождения во времени и

пространстве, потому что если я воображаю себя находящимся в другом месте, где я мог бы находиться, предположим, десять лет назад, это означает, что я допускаю ошибку в процессе самоидентификации, ибо я сейчас совсем не то же самое, что десять лет назад. И кроме всего прочего, этот полный произвол в обращении с пространством и со временем, который подтверждает самодовлеющую ценность психических категорий, отражающих реальные отношения.

Изучение закономерностей психической деятельности во сне тесно связано с решением вопроса о том, сохраняются ли индивидуально-психологические особенности личности в этом состоянии. Существует мнение, что в отличие от бодрствования во время сна наблюдается сглаживание индивидуальных различий по ЭЭГ и поведенческому критериям. Возможно, это объясняется установкой исследователей на выделение общих признаков в процессе сна, составляющих основу различных классификаций. Однако ЭЭГ исследование сна свидетельствует о том, что при общих основных закономерностях его развития и течения существует значительная вариативность конкретных проявлений. Например, различны продолжительность, количество циклов регистрации и выраженность ЭЭГ признаков каждой стадии, при развитии сна может отсутствовать та или иная стадия и т. д. Говорят, что ночью все кошки серые; в действительности они остаются прежними и серыми не становятся, а только кажутся. По аналогии с этим «одинаковость» спящих только кажущаяся, человек и во сне очень индивидуален в своих проявлениях. По-видимому, психические процессы во время сна, при всей их модифицированности, пропорциональны исходным характеристикам бодрствования.

Интересен вопрос о соотношении длительности сна и индивидуальных характеристик личности.

Хартман исследовал структуру сна у тех, кто спит долго, и у тех, кто спит мало. Основное различие между теми и другими состоит в представленности быстрого сна. У долго спящих он вдвое длительнее, чем у мало спящих. По данным миннесотского теста, выявилось, что мало спящие хорошо приспособлены к жизни, несколько гипоманиакальны, склонны к игнорированию психологических проблем, довольны жизнью и своим сном. Долго спящие обременены психологическими и со-

диальными конфликтами, более разносторонни в своих интересах, слегка депрессивны и т. д. Из этого следует, что индивиды с различными психологическими характеристиками спят по-разному; образно говоря, скажи мне, как ты спишь, и я скажу, кто ты. Известны такие индивидуальные различия в частоте появления сновидений: женщины видят сны чаще, чем мужчины; больные — чаще, чем здоровые; представители умственного труда — чаще, чем люди, занятые физическим трудом.

Существует мнение, что «мыслители» нуждаются в более продолжительном сне, чем люди с художественным типом личности. Можно предположить, что продолжительность парадоксального сна является функцией от интенсивности психической деятельности, связанной с переработкой информации в период медленного сна. Большее количество информации обрабатывается, соответственно более интенсивной должна быть и деятельность по освобождению головного мозга от избытка продуктов распада веществ, образующихся в процессе «ассимиляции» информации.

Различия в характере сна у людей долго и мало спящих, спящих днем или ночью, могут быть связаны с иным способом обработки информации. Например, их мозг может частично работать в синхронизированном режиме в период бодрствования, тем самым может снижаться потребность в продолжительности ночного сна. Хотя можно предположить, что все-таки это приводит к быстрому изнашиванию организма. Наполеон, умерший в возрасте 52 лет, по свидетельству современников, в последние годы жизни был совершенной развалиной. Поэтому этот вопрос нуждается в специальном исследовании, так как небольшая продолжительность сна зачастую является вынужденной мерой, приводящей к катастрофическому истощению организма. Например, жизнь Моцарта и многих других великих тружеников искусства убедительно свидетельствует об этом: их ждала ранняя смерть или тяжелые (часто психические) заболевания. Но может быть, в некоторой степени возможен иной режим работы в период бодрствования. Сошлемся опять на Наполеона: при высокой работоспособности и небольшой продолжительности сна он отличался очень редким пульсом (42 удара в минуту). Такой пульс обычно наблюдается в период сна, если же это характеристики бодрствования, это может быть следствием осо-

бенностей функционирования всей системы, в том числе и головного мозга.

Канадский исследователь Ф. Пуавье разработал метод обучения людей произвольному изменению ритма, доминирующего на ЭЭГ. Оказалось, что после тренировки, заключающейся в наблюдении за собственными биотоками мозга, испытуемый достаточно быстро научился изменять их, вызывая любой ритм, — кроме дельта-ритма. Опять этот загадочный ритм, не поддающийся «дрессировке». По-видимому, выраженность определенного ритма на ЭЭГ является следствием состояния какой-либо определенной психической функции, например, внимания, и способность управлять этой функцией кажется естественной. Дельта-ритм связан совершенно с иными процессами, которыми человек не управляет, но которые управляют человеком. Конечно, человек может создавать условия, благоприятствующие возникновению этого процесса. Так, для вызывания творческого состояния многие из великих людей прибегали к различным ухищрениям. Шиллер держал в ящике стола гнилые яблоки, Россини ложился на кушетку и с головой укрывался одеялом и т. д. Правда, нужно быть Шиллером, чтобы помогли гнилые яблоки; можно научиться произвольно засыпать, но это еще не значит, что можно научиться управлять дельта-ритмом.

Состояние сна изменяет психику человека не только как среду, преломляющую или отражающую различные раздражения, но деформирует всю совокупность психофизиологических предпосылок сознания. А. Л. Эпштейн писал: «Не менее существенные изменения представляет и восприятие. Изучение сновидений, стоящих в связи с внешними раздражителями, показывает, что человек, который спит, не теряет контакта с внешним миром: он видит, слышит и ощущает все то, что позволяют ему видеть, слышать и ощущать его органы чувств, но одна из замечательных особенностей этого акта восприятия заключается в том, что самый акт восприятия лежит ниже порога нашего сонного сознания. Вследствие этого, воспринимая окружающий нас мир, мы не знаем вместе с тем, что мы его воспринимаем. Как говорят некоторые психологи — это перцепция без апперцепции, в силу чего раздражение незаметно, как бы просачиваясь сквозь барьер органов чувств, поступает в сознание спящего человека, формируя там адекватные или неадекватные

образы сна, кажущиеся возникшими совершенно спонтанно или случайно».

Ряд авторов указывают, что спецификой восприятия словесных сигналов во время сна является трансформация поступающих раздражителей в зрительные образы, адекватные или неадекватные сновидные переживания. Это связано с особенностями психической деятельности во сне, способствующими деформации восприятий на основе процесса символизации. Как писал З. Фрейд, в работе сновидений дело сводится к тому, чтобы выраженные словами скрытые мысли превратить в чувственные образы, большей частью зрительного характера. Если развить эту мысль до логического ее завершения, следовало бы добавить, что во время сна происходит процесс, обратный тому, который имеет место в период бодрствования, обратная развертка процесса: то, что воспринимается как чувственный образ, наполненный конкретным содержанием, кодируется, обозначается символом, словом, лишенным чувственной конкретности, а затем в процессе сновидной деятельности осуществляется раскодирование сигнала, и слово, этот «звук пустой», возвращает скрытое им все богатство реального содержания.

О значении сновидных переживаний, о важности механизмов их возникновения и развития свидетельствует мнение И. М. Сеченова, который, считая принципиально возможным истолкование сновидений, писал, что «до этих счастливых времен еще далеко». Того же мнения придерживался исследователь Б. Окс, писавший, что пока толкование сновидений так же возможно, как определение изменяющихся форм облаков.

Интересно замечание И. Е. Степанова, писавшего в 1922 г. в «Психологии сновидений» о том, что в русском языке процесс сна и образы, видения сна обозначаются одним и тем же словом — сон. Так в самом языке нашло отражение неразрывное единство сна и сновидных переживаний. Языковые явления часто отражают (или выражают) самую суть явлений гораздо раньше того, как это подтверждается научными исследованиями. Точно так же различные донаучные представления зачастую предвосхищают то, что затем подтверждается опытным путем. Как сказал Генри Торо, «люди часто ближе к существенной истине в своих суевериях, чем в своей науке». При кажущейся парадок-

сальности это утверждение отражает очень важную особенность человеческого познания: общую идею человек улавливает и отражает гораздо раньше того, как она может быть воплощена и решена технически (например, ковры-самолеты, сапоги-скороходы, скатерти-самобранки и т. д.).

\* \* \*

В заключение хотелось бы подчеркнуть важное значение состояния сна как модели, позволяющей подойти к решению ряда задач, являющихся узловыми в современной науке. К таким проблемам может быть отнесена проблема принятия решения. Известно, что зачастую участие волевого «я» представляет серьезное препятствие для решения стоящей задачи. В период сна этот момент снимается, решение приходит как бы само собой, происходит совершенно четкий и точный перебор возможных вариантов и принимается оптимальный. Заслуживает внимания попытка моделирования процесса принятия решения в период бодрствования при условии исключения волевого импульса, тормозящего в связи с осознанием ответственности процесс принятия решения. Этот фактор будет учтен системой при выборе решения, но будет снят его деморализующий, дезорганизирующий эффект. Решение придет как бы само собой («утро вечера мудренее»).

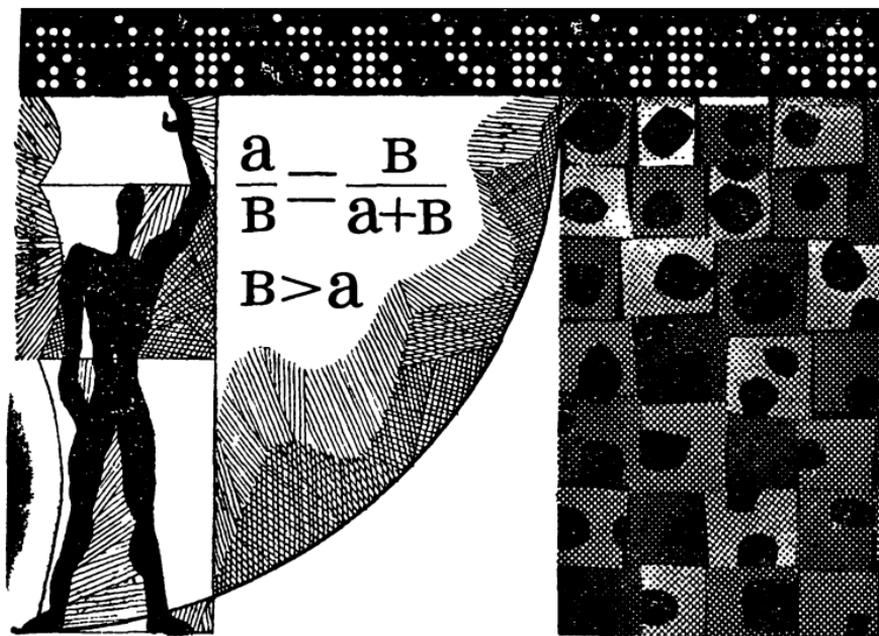
И еще одна модель, которая может быть заимствована из области сна и гипноза. Речь идет о четком срабатывании механизма, связанного с выборочным реагированием на сигнал определенного качества. В период естественного сна им является хорошо известный механизм сторожевых пунктов, в период гипнотического сна — явление раппорта. В этих состояниях наблюдается четкое следование образцу, паттерну деятельности, настолько четкое, что прочие раздражители не выступают в качестве конкурирующих, способных отвлечь внимание. Напротив, в период бодрствования отключение внимания является основной причиной ошибочных действий, например, в процессах операторской работы, связанной со слежением. Необходимость постоянной мобилизации функции внимания приводит к тому, что полезный сигнал не только может быть пропущен, но его появление способно вызвать дезорганизацию деятельно-

сти. Попытка моделирования в период трудовой деятельности, связанной преимущественно с процессом слежения, механизма, аналогичного раппорту, избирательной настроенности на сигнал определенного качества, открывает путь к повышению эффективности и надежности деятельности при значительном снижении затрат нервно-психической энергии. Выделение полезного сигнала без многократно превосходящих затрат на восприятие «шума», тем более при исключении возможности ошибки, — таков выход при условии реализации данной модели. О значении процессов принятия решения и надежности деятельности в условиях современного производства говорить не приходится.

Таким образом, исследование особенностей психической деятельности в период сна, тесно связанное с изучением закономерностей течения и механизмов происхождения самого сна, имеет большое значение для понимания природы психического в континууме сон — бодрствование и механизмов формирования поведения.

## Литература

1. Красногорский Н. И. Развитие учения о физиологической деятельности мозга у детей. М.—Л., 1935.
2. Орбели Л. А. Вопросы высшей нервной деятельности. АН СССР, М.—Л., 1949.
3. Уолгер Г. Живой мозг. М., 1966.
4. Эпштейн А. Л. Сон и его расстройства. ГИЗ. М.—Л., 1928.



В. М. Петров,  
кандидат физико-математических наук  
Н. Е. Прянишников,  
архитектор

## ФОРМУЛЫ ПРЕКРАСНЫХ ПРОПОРЦИЙ

Не успели еще угаснуть споры о том, «может ли машина мыслить» и каковы ее возможности в выполнении интеллектуальных операций, как на страницах специальных и массовых изданий участились дискуссии о границах точного знания, в том числе о границах применения математических методов. Сторонники одной из позиций утверждают, что уже пора подставить под свет лучей точного знания все, что еще осталось непознанного в человеческой природе, вплоть до произведений искусства, выяснить их природу, приступить к моделированию на ЭВМ. Сторонники противоположной позиции пророчат, что именно тут-то как раз и проявится полностью качественная ограниченность точных наук, что как раз на этом «орешке» они «сломают зубы». На это им отвечают, что есть по крайней мере одна смущающая

историческая аналогия: ведь еще в XIX веке полагали, что весьма серьезные преграды разделяют органический и неорганический миры; однако после того, как в 1828 году Вёлер синтезировал мочевины, граница искусственное — естественное сместилась, уступив место оппозиции «живое — неживое», а кибернетика изменила наши представления о логических возможностях «мертвой» материи.

Сейчас точные методы широко применяются в науках о человеке (социологии, истории, психологии), а «линия фронта» уже затрагивает творческие процессы и природу прекрасного.

Но споры не утихают. И в то же самое время, пока они идут, исследователи открывают новые закономерности, добывают новые знания, которым, возможно, будет суждено так или иначе примирить «враждующие» стороны. Расскажем об одной небольшой задаче из сферы прекрасного — задаче скромной, но вот уже более 2000 лет будоражащей мысли сотен художников и философов, архитекторов и искусствоведов, инженеров и психологов.

### Магия «золотого сечения»

Речь пойдет о явлении, которое, по мнению некоторых специалистов, выступает и в природе, и во многих искусствах: музыке, живописи, поэзии, архитектуре. Оно относится к области пропорций, т. е. к связи частей целого друг с другом. Это так называемое «золотое сечение». Мы ограничимся только «зрительными искусствами», остановимся подробнее на геометрической интерпретации золотого сечения.

Прежде всего напомним читателям, что под многочисленными наименованиями золотого сечения (числа), «гармонического деления», «божественной пропорции» подразумевается всем известное из школьного курса математики деление отрезка в среднем и крайнем отношениях: меньший отрезок  $a$  относится к большему  $b$  так же, как больший — к их сумме:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{a+b}, \quad \text{где } b > a.$$

Решив это уравнение, получим численное значение этой «божественной пропорции»:

$$x = \frac{c}{b} = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0,618.$$

Вот это-то значение ( $x \approx 0,618$ ) и занимало умы огромного числа теоретиков и практиков искусства в течение многих веков. Часто под золотым сечением понимается обратная величина:

$$y = \frac{b}{a} = \frac{1}{x} \approx 1,618.$$

Отношению золотого сечения уделялось столь большое внимание потому, что объекты, пропорции которых ему отвечают, представлялись большинству людей самыми гармоничными, прекрасными, естественными и т. д. Если нарисовать на листе бумаги отрезок прямой (рис. 5, а) и попросить испытуемого разделить его на две части так, чтобы между ними было наиболее «гармоничное» («красивое») соотношение, то значительная часть испытуемых поделит этот отрезок в отношении золотого сечения, т. е. в отношении  $\frac{a}{b} \approx 0,62$ . Можно провести и другой эксперимент. Вырезать из картона несколько прямоугольников одинаковой площади, но с различным отношением сторон, и просить испытуемых выбрать тот из них, который кажется наиболее «приятным для глаза»: значительная часть испытуемых при этом остановит свой выбор именно на прямоугольнике с форматом золотого сечения (рис. 5, б); такой эксперимент провел в конце прошлого века немецкий психолог Г. Т. Фехнер, считающийся одним из основателей психофизики и экспериментальной эстетики. Специальная литература изобилует описаниями измерений самых различных прямоугольных объектов, которые в своей массе в среднем имеют формат золотого сечения. Измерялись форматы

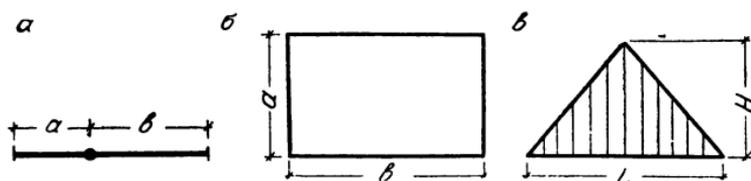


Рис. 5. Различные варианты реализации «золотого сечения»: а — деление отрезка в крайнем и среднем отношении»; б — «божественный» прямоугольник; в — контур пирамиды Микерина

книг, бумажников, плиток шоколада, кирпичей, окон, дверей, контуров храмов и т. д.

Древние египтяне, по-видимому, еще не знали золотого сечения, но в своих постройках при разбивке сооружений диагоналями полуквадрата подошли к этому отношению вплотную<sup>8</sup>. В качестве примера такого приближения может служить меньшая из трех Великих пирамид в Гизе — пирамида Микерина: ее высота относительно к основанию (рис. 5, в) как  $\frac{H}{L} = \frac{66,4\text{м}}{108,04\text{м}} \approx 0,614$ ,

что весьма близко к значению золотого сечения.

Греки усиленно занимались поисками пропорций прекрасного<sup>9</sup>. Считается, что уже Пифагор знал арифметическую и геометрическую прогрессию, а также закон золотого сечения. То, что последнему придавалось большое значение, доказывает выбор в качестве эмблемы пифагорейской школы звездчатого пятиугольника, построение которого связано с делением радиуса круга в крайнем и среднем отношении. Однако только Платон провозгласил эстетическую закономерность этого отношения и под влиянием пифагорейцев включил его в свою эстетическую концепцию<sup>10</sup>, и писал о том, что «две части или две величины не могут быть удовлетворительно связаны между собой без посредства третьей, наиболее же красивым связывающим звеном является то, которое совместно с двумя первичными величинами дает наиболее совершенное единое целое». Согласно Платону, это достигается при такой пропорции, «в которой из трех чисел, плоскостей или тел среднее так относится ко второму, а также второе к среднему, как среднее к первому. Из этого следует, что среднее может заменить первое и второе, первое и второе — среднее, и все вместе таким образом составляют неразрывное единое целое». Здесь впервые недвусмысленно указывается на необходимость связи и взаимовыводимости отдельных весьма формальных характеристик эстетических объектов, на их взаим-

---

<sup>8</sup> Н. Н. В л а д и м и р о в. Пропорции в египетской архитектуре.— В кн.: Всеобщая история архитектуры. Т. 1. Изд. Всесоюзной академии архитектуры. М., 1944.

<sup>9</sup> Золотое сечение, как основной морфологический закон природы и искусства (открытие профессора Цейзинга). М., 1876.

<sup>10</sup> Г. Д. Г р и м м. Пропорциональность в архитектуре. М., ОНТИ, 1935.

ную обусловленность единством, достигаемым в золотом сечении.

То, что и греки, и римляне не только знали, но и использовали пропорцию золотого сечения, доказывает найденный при раскопках Помпеи в мастерской скульптора мерный циркуль, который ныне хранится в Неаполитанском музее<sup>11</sup>. Его длина 146 мм; шарнир делит циркуль на два плеча — 56 и 90 мм; он почти точно установлен на золотое сечение:  $56/90 = 0,622$ . О том же свидетельствует и анализ многих сохранившихся древних сооружений. Так, согласно Хэмбиджу<sup>12</sup>, планы ряда греческих храмов образуются из нескольких прямоугольников золотого сечения.

В средние века пропорциям придавался мистический смысл. Секреты нахождения пропорций тщательно охранялись средневековыми зодчими. Так, профессор Гримм приводит случай, когда епископ города Утрехта поплатился жизнью за то, что хитростью сумел выведать прием нахождения пропорций сооружения храмов. Многие произведения средневекового искусства, и в первую очередь архитектуры, построены с использованием закона золотого сечения. Это в равной степени относится и к западноевропейскому, и к русскому искусству. Так, один из шедевров древнерусской архитектуры середины XII в. — Успенская церковь Елецкого монастыря в Чернигове — имеет, по И. Ш. Шевелеву, следующие соотношения:

$$\frac{\text{ширина храма (внутри)}}{\text{длина храма (внутри)}} = \frac{16,24\text{м}}{26,57\text{м}} = 0,613;$$

$$\frac{\text{длина ядра храма}}{\text{ширина храма (внутри)}} = \frac{10,06\text{м}}{16,24\text{м}} = 0,619;$$

$$\frac{\text{ширина подкупольного прямоугольника}}{\text{длина ядра храма}} = \frac{6,225\text{м}}{10,06\text{м}} = 0,618;$$

$$\frac{\text{высота купола}}{\text{ширина храма}} = \frac{10,06\text{м}}{16,24\text{м}} = 0,618;$$

$$\frac{\text{ширина среднего нефа}}{\text{высота купола}} = \frac{6,225\text{м}}{10,06\text{м}} = 0,618;$$

<sup>11</sup> И. Ш. Шевелев. Логика архитектурной гармонии. М., Стройиздат, 1972.

<sup>12</sup> Д. Хэмбидж. Динамическая симметрия в архитектуре. М., 1936.

$$\frac{\text{высота хоров}}{\text{высота стен}} = \frac{6,82\text{м}}{11,02\text{м}} = 0,618;$$

$$\frac{\text{высота стены барабана}}{\text{высота купола}} = \frac{6,70\text{м}}{10,85\text{м}} = 0,618.$$

Аналогичные примеры можно привести для целого ряда произведений искусства средних веков и эпохи Возрождения<sup>13</sup>, среди «апологетов тайных качеств божественной пропорции» были Леонардо да Винчи (который именно и назвал ее «Sectio aurea» — золотое сечение) и Кеплер (именовавший ее «Sectio divina» — божественное сечение).

Только в XVII—XVIII вв. интерес к золотому сечению снизился, но зато в XIX в. наступило его «новое открытие». Эта новая волна интереса к золотому сечению, своеобразный «геометрический бум» XIX столетия были отчасти обусловлены многочисленными археологическими открытиями, значительным увеличением массива обмерных чертежей. Между тем большинство вновь открываемых античных памятников, да и ряд известных, были сильно руинированы, в то время как в западноевропейской культуре XIX в. бытовала ценность целостности (в отличие, скажем, от XVIII в. с его «культом руин»); заметим также, что для XIX в. чрезвычайно характерно восполнение утраченных фрагментов античных статуй. Возникший разрыв между идеалами и реальным состоянием идеализируемых объектов пытались компенсировать за счет обширных реконструкций и реставраций; возникла сугубо практическая задача восстановления целого по сохранившейся части, вывода вертикальных членений из пропорций плана, определения общих габаритов по детали, нахождения конкретных пропорций по типовым отношениям, характерным для данного класса объектов. Иначе говоря, в анализе пропорций можно усмотреть первые попытки дешифровки языка изобразительного искусства. Эти попытки совпали по времени с интенсивным развитием экспериментальной психологии, которая (в лице Г. Т. Фехнера) отдала дань и проблеме золотого сечения.

---

<sup>13</sup> См., например: Э. Мессель. Пропорции в античности и в средние века М., 1936; М. Гика. Эстетика пропорций в природе и искусстве. М., 1936.

В XX в. интерес к этой проблеме стимулировался не только развитием наук о человеке, но и непосредственно потребностями практики, удовлетворять которые должна была новая наука — инженерная психология. Появилась необходимость разработки оптимальных форм; одна из важных задач в этой области — поиск оптимального формата киноэкрана — стимулировала исследования визуального восприятия и анализ пропорций произведений живописи; такие работы проводились как советскими исследователями (в том числе С. М. Эйзенштейном), так и учеными США, ФРГ, Канады, ЧССР. И тогда оказалось, что до сих пор нет модели, которая могла бы удовлетворительно объяснить всю совокупность накопленных в этой области фактов на современном уровне научного знания. Но «ключ» к этой задаче все-таки найден. Попробуем взглянуть на эту проблему с теоретико-информационной точки зрения.

### Информационный «ключ» к загадке

В последние десятилетия появились работы, трактующие с позиций теории информации эстетическую предпочтительность тех или иных форм, преимущественно простейших геометрических фигур и т. п. При этом зачастую в основании таких работ лежат аксиомы, правомерность которых отнюдь не является очевидной. Например, в концепции американского математика Г. Д. Биркгофа, развиваемой в последние годы западногерманским ученым М. Бензе<sup>14</sup>, все построения базируются на постулируемой формуле  $M=O/C$ , где  $M$  — эстетическая мера,  $O$  — упорядоченность и  $C$  — сложность объекта. Так или иначе большинство подобных подходов считают совершенно очевидной прямую зависимость между количеством информации, поступающей к индивиду от объекта, и эстетической оценкой объекта.

Между тем с общетеоретических позиций такой постулат является далеко не очевидным. Не останавливаясь, однако, на этой стороне вопроса, рассмотрим ситуацию с прямоугольными формами и проследим,

---

<sup>14</sup> Об этой теории см., например, статьи М. Бензе и Г. Мак-Уинни в сборнике «Семиотика и искусствометрия (современные зарубежные исследования)», под ред. Ю. М. Лотмана и В. М. Петрова. М., «Мир», 1972; а также комментарии к этим статьям.

какую роль здесь играет информативность формы и только ли она определяет эстетическую предпочтительность объектов. Как мы увидим, окажется, что «обычная», «традиционная» теоретико-информационная концепция представляет собой лишь один из частных случаев в более общей модели.

Мы уже говорили о результатах многочисленных измерений прямоугольных объектов, которые в своей массе оказались тяготеющими к золотому сечению. Тем не менее нашелся по крайней мере один (и притом явно из эстетической сферы!) случай, когда определение форматов было совершенно однозначным, а их статистическое распределение никак не отвечало необходимому с точки зрения золотого сечения. Речь идет о форматах

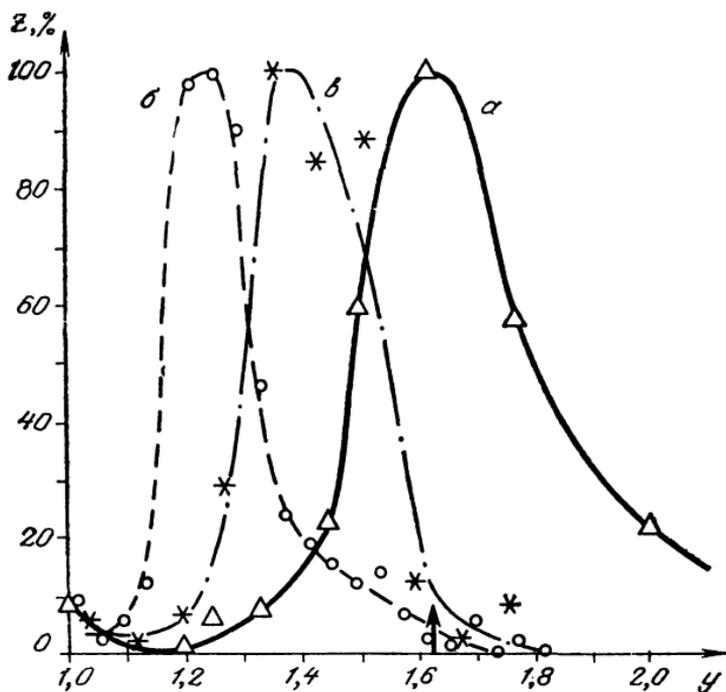


Рис. 6. Статистическое распределение:  
*а* — предпочтений прямоугольников (по результатам экспериментов Г. Т. Фехнера над 347 индивидами);  
*б* — форматов картин (наша выборка — 470 «вертикальных» картин—произведений французской живописи XVII—XIX вв из собраний различных музеев мира);  
*в* — форматов плакатов (190 «вертикальных» плакатов, приведенных в каталоге выставки «Три столетия французского плаката». М., 1977).

картин, и поскольку такие исследования проводились в связи с конкретной и актуальной практической целью — обоснованием выбора формата киноэкрана, в этой области был собран довольно богатый статистический материал<sup>15</sup>.

Результаты замеров большого числа картин из различных музеев мира позволили получить много интересных статистических закономерностей, связывающих формат картин с их жанровой принадлежностью, числом изображенных персонажей, «планом» изображения (в кинематографических терминах) и т. п. Но для целей нашей работы важен один результат, общий всем упомянутым исследованиям: отличие полученного распределения форматов от предпочтений по отношению к простым, равномерно окрашенным прямоугольникам. Для иллюстрации этого отличия на рис. 6 изображена кривая распределения предпочтений по отношению к «просто прямоугольникам», имеющая максимум близ пропорции  $y=1,62$  (*a*), и кривая распределения форматов 470 картин, имеющая максимум близ пропорции  $y=1,3$  (*b*); кривые условно приведены к одинаковому масштабу, для чего значение каждой из них в точке максимума распределения было принято за 100%.

Кривая *b* явно сдвинута, по сравнению с кривой *a*, в сторону меньших значений пропорции  $y$ , и аналогичные результаты были получены всеми авторами, которые проводили подобные обследования, и это несмотря на существенные различия в национальной, жанровой и тому подобной принадлежности обследованных картин. Заметим, что на рис. 6 приведены результаты для прямоугольников и картин «вертикального» типа ( $y$  которых высота больше ширины), но совершенно аналогичные результаты были получены и на прямоугольниках и на картинах «горизонтального» типа ( $y$  которых высота меньше ширины): максимумы распределений для прямоугольников и картин располагаются вблизи пропорций  $x=0,62$  и  $x=0,77$  соответственно. Последние значения являются обратными величинами к приводившимся ранее значениям  $y=1,62$  и  $y=1,3$  соответственно. Иначе

---

<sup>15</sup> См., например, популярный обзор этого материала: Я. Бутковский. Приключения белого прямоугольника. — «Знание — сила», 1972, № 9.

говоря, и для «просто прямоугольников», и для картин максимумы распределений пропорций не зависят от «типа», т. е. от положения объекта по отношению к наблюдателю (вертикальное, горизонтальное). Сам вид распределений, кстати, тоже весьма близок для обоих «типов».

Таким образом, выявляется интересная закономерность: оптимальные пропорции прямоугольных объектов, когда они определяются эстетическими требованиями, практически не зависят от положения объекта по отношению к наблюдателю, но зависят от «содержательной» стороны объектов, изменяясь от пропорции, отвечающей золотому сечению ( $y=1,62$ ), — для подавляющего большинства таких объектов, до пропорции, значительно отличающейся ( $y=1,3$ ) от золотого сечения, — для картин.

Очевидно, для объяснения такого поведения прямоугольных объектов надо выявить характер воздействия их отдельных разновидностей на наблюдателя. По-видимому, факторы, связанные с индивидуальными ассоциациями (которые та или иная форма вызывает у наблюдателя), следует отбросить, так как весьма маловероятно их однонаправленное действие в таких массовых, статистических феноменах. Поэтому необходимо перейти к абстрагированной от индивидуальных особенностей наблюдателя (и индивидуальных свойств объекта) модели восприятия прямоугольной формы.

Представим себе объект, прямоугольный контур которого (произвольной пропорции) доступен наблюдателю. Как известно, процесс рассматривания объекта состоит из синтеза сигналов, поступающих в зрительный анализатор в дискретные моменты времени, отвечающие неподвижному положению зрачка, когда тот останавливается на отдельных участках объекта; последние именуются «точками фиксации». Движение зрачка между этими точками фиксации при рассматривании объекта весьма хаотично и зависит от многих обстоятельств (в частности, плотность точек фиксации на различных фрагментах объекта, как показано экспериментально, зависит от «содержания» этих фрагментов). Однако коль скоро мы строим модель, отвлекающуюся от индивидуальных особенностей наблюдателя и объекта, мы должны считать равновероятным попадание точки фиксации в любой участок объекта. Таким образом, в этой моде-

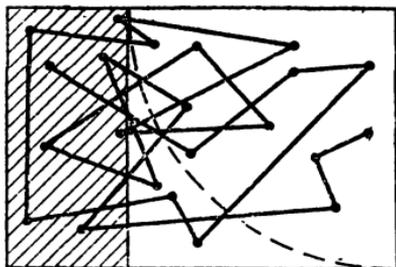


Рис. 7. Схема определения формата прямоугольника

ли зрачок сканирует по поверхности объекта, беспорядочно перемещаясь от точки к точке (рис. 7).

Однако полного равноправия точек, несмотря на отвлечение от «содержания» объекта, все же не существует. Дело в том, что для распознавания формы используется тот же компаративный механизм, который дейст-

вует и в других сферах психики. В данном случае действие этого механизма сводится к тому, что для распознавания формы прямоугольника его меньшая сторона сравнивается с большей, иначе говоря, прямоугольник сравнивается с квадратом, в который он превратился бы, если бы большая сторона сжалась до размеров меньшей. А так как глаз обследует не отрезки, а фигуру, то именно такое сравнение (прямоугольника с квадратом) и должно иметь место для опознания формы. Поэтому наблюдатель должен произвольно спроектировать меньшую сторону прямоугольника на большую (см. рис. 7), выделить оставшийся «лишним», по сравнению с квадратом, фрагмент прямоугольника (этот фрагмент заштрихован на рис. 7) и придавать «особое значение» сигналам именно с этого фрагмента прямоугольника, потому что именно эти сигналы являются источником «разбаланса» и служат для опознания формы объекта. Для этого достаточно сравнить число сигналов, поступивших (за достаточно большой промежуток времени) от точек фиксации на этом фрагменте, с временем экспозиции. Попытаемся выяснить, как при таком механизме опознания формы могут возникнуть какие-то предпочтения тех или иных пропорций.

В теории информации известно, что если сигнал может в каждый момент времени принимать какое-то одно ( $i$ -тое) значение из общего набора ( $n$ ) значений и если вероятность появления этого значения обозначить через  $p_i$  (при этом  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ ), то несомая сигналом ин-

формации составляет  $H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$ . В нашей модели

сигнал вследствие упомянутого «неравноправия» точек фиксации может принимать два значения: точка фиксации расположена либо на «разбалансной» части объекта (заштрихованной на рис. 7), либо на его «квадратной» (незаштрихованной) части. Поскольку эти события являются взаимоисключающими, вероятность первого из них ( $p_1$ ) в сумме с вероятностью второго ( $p_2$ ) составляет единицу:  $p_1 + p_2 = 1$ . Так как при анализе сигналов «особо» выделяются лишь те из них, которые поступают с «разбалансной» части объекта, следует считать  $H = -p_1 \log_2 p_1$ . Легко показать, что во всем диапазоне значений, которые может принять вероятность  $p_1$  ( $0 \leq p_1 \leq 1$ ), эта функция имеет лишь один экстремум — максимум при «оптимальной» вероятности

$$p_{1\text{опт}} = \frac{1}{e} \approx 0,37.$$

Это означает (так как в нашей модели точки фиксации равновероятно попадают в любой участок наблюдаемой поверхности), что площадь «лишнего», разбалансного фрагмента прямоугольника, соответствующего максимуму информативности формы, должна составлять  $\approx 37\%$  от всей площади этого прямоугольника. Очень легко найти форму этого прямоугольника:  $a(b-a) = p_{1\text{опт}} ab$ , откуда  $x_{\text{опт}} = 1 - p_{1\text{опт}} \approx 0,63$ . Но этот «оптимальный» прямоугольник практически совпадает с прямоугольником золотого сечения (у которого  $x = 0,62$ ). Отсюда можно сделать вывод: максимальная эстетическая предпочтительность прямоугольных объектов, имеющих форму золотого сечения, объясняется максимальной информативности, или «выразительности» такой формы по сравнению со всеми другими прямоугольниками (на рис. 8 приведена кривая зависимости информативности формы от формата, из которой видно, что значения информативности при форматах  $x = 0,62$  и  $x = 0,63$  почти равны друг другу). Такое объяснение нам представляется гораздо более правдоподобным, чем традиционное, цитированное выше объяснение за счет «гармоничности» средней пропорциональности, что не соответствует никакому реальному механизму функционирования психики.

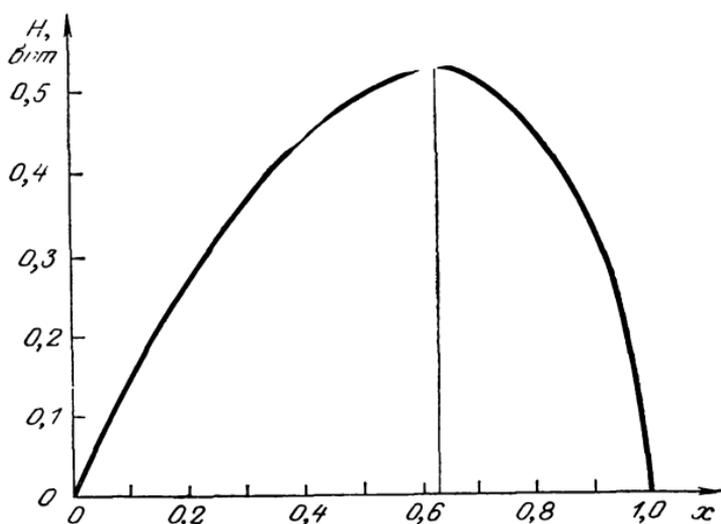
### «Парадокс картин» и его причины

Очевидно, что если целые классы объектов (притом явно подчиняющихся эстетическим критериям при их

изготовлении, например, картины) статистически достоверно имеют сдвиг, всегда в одну сторону (по направлению к пропорции 1,0 и для вертикальных, и для горизонтальных типов), по отношению к золотому сечению, то на это должны быть причины, не укладывающиеся в рамки приведенной концепции. Однако поскольку мы показали, что конкретное «содержание» не может быть такой причиной, остается лишь сделать вывод о том, что ею является иная, не информативная установка зрителя при подходе к тем объектам, которые составляют это исключение.

И действительно, объекты, составляющие исключение, отличаются от неисклнчительных объектов той общей чертой, что площадь опознаваемого прямоугольника не равномерно окрашена, а заполнена существенно значимым изображением, которое несет информацию, по своему количеству и значимости явно превышающую информацию о форме прямоугольника. Тем не менее это, по-видимому, не значит, что форма прямоугольника может быть произвольной, и статистика распределений форматов исключений свидетельствует об этом. Попытаемся сконструировать соответствующее распределение.

Так как в случае исключений информативность формы несущественна по сравнению с информативностью



Р и с. 8. Зависимость информативности  $H$  формата прямоугольника от величины отношения его сторон  $x$

«содержания», следует предположить, что оптимальной была бы форма, несущая нулевую информацию, т. е. не «отвлекающая» наблюдателя от «содержательной» стороны объекта. Но нулевую информацию, согласно вышеприведенной формуле<sup>16</sup> (см. также рис. 8), может нести лишь прямоугольник с  $p_1=0$  или  $p_1=1$ , т. е. с  $x=1$  или  $x=0$ . В первом случае это квадрат, второй же случай можно представить как чрезвычайно вытянутый прямоугольник, вырождающийся в пределе (при  $x \rightarrow 0$ ) в прямую линию «без ширины».

В живописи второй случай приводит к ряду осложнений. Картина утрачивает единство, поскольку становится затруднительным помещением ее всей в поле зрения при масштабе, позволяющем воспринимать «содержание». Между тем традиции большинства культур требуют «центрирования» плоскостей картин, т. е. наличия в пространстве точки (расположенной либо у зрителя, либо за изобразительной плоскостью), в которой сходятся лучи, соединяющие изображаемые объекты с их представлениями на плоскости картины; поэтому слишком сильно вытянутая (безразлично, в высоту или в ширину) картина должна восприниматься как совокупность фрагментов и последовательно «прочитываться» как текст, по типу некоторых древнеегипетских настенных росписей. Впрочем, все эти требования удовлетворяются в некоторых ветвях традиционных культур Востока, например, в искусстве Японии, где отсутствие перспективного изображения и пантеистический характер мирозерцания («растворенность» «божественного начала» во всех точках пространства и, отсюда, их относительное принципиальное «равноправие») снимают указанные ограничения и приводят к господству сильно вытянутых форм. Но эти ограничения присутствуют в большинстве современных культур, которые в рамках данной работы только нас и интересуют, и поэтому такие сильно вытянутые формы мы далее не рассматриваем.

Следовательно, остается рассмотреть лишь проблему квадрата и форм, близких к квадратным, т. е. чуть вытянутых либо в длину, либо в высоту. Иначе говоря, получив принципиальную предпочтительность таких

---

<sup>16</sup> Уточним, что здесь всюду имеется в виду информация о пропорциях прямоугольника, а не о самом факте появления прямоугольника (последняя информация считается постоянной).

форм, следует проверить их на «устойчивость», т. е. убедиться в реальной осуществимости или неосуществимости высокой частоты встречаемости таких объектов. Для этого рассмотрим ситуацию, когда, допустим, создаются преимущественно квадратные объекты, что отвечает распределению объектов по форматам, которое на рис. 10 показано сплошной линией. Но по тем или иным причинам (например, из-за необходимости передачи определенного «содержания») создаются отдельные картины, отличающиеся от квадратных в ту или иную сторону, так как квадрат в качестве стандарта не задан, а небольшие отклонения от него мало что меняют, тем более что в случае картин формат прямоугольника играет третьестепенную роль, несет весьма мало информации по сравнению с «содержанием».

Пока эти отклонения от квадрата малы (рис. 9), форма воспринимается как квадратная. Но по достижении некоторого порога различения (который во всех таких простейших случаях сравнения длин, интенсивностей и т. п. составляет около 10—15%) ситуация изменяется. Форма уже может восприниматься как ориентированная либо в вертикальном, либо в горизонтальном направлении, а эти «прецеденты» создадут в психике зрителя установку на различие между этими двумя типами (в силу действия принципа «определенности соотнесения» объекта с соответствующим «эталоном», общего для всех психических механизмов). Положение усугубляется еще и тем, что вертикаль и горизонталь являются «особыми» осями, которые служат индивиду как для ориентации в окружающем пространстве, так и (в качестве границ картины) для оценки свойств пространства, изображенного на картине. Последнее обстоятельство также делает неизбежным выделение, подчеркивание форматом

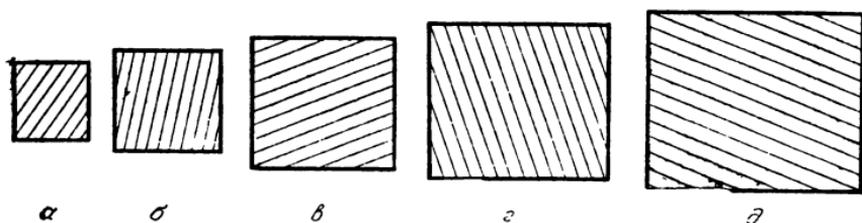


Рис. 9. Изображения прямоугольников с отношением сторон: 1 : 1 (а); 1 : 1,05 (б); 1 : 1,10 (в); 1 : 1,15 (г); 1 : 1,20 (д)

этих осей, а так как ориентация на обе оси сразу невозможна, то хотя бы одной из осей. (Это, кстати, предъявляет свои требования и к ориентации композиции самого изображения в одном из двух «особых» направлений — вертикальном или горизонтальном, а посему формат также должен согласовываться с ней своей ориентацией, либо, чаще, совпадая, либо, реже, «играя» на диаметрально противоположной ориентации.)

Сказанное делает необходимым выделение формата в качестве знака принадлежности к одному из двух типов (вертикальному или горизонтальному). Для выполнения этого требования достаточно, чтобы создаваемые объекты отличались от квадратной формы на величину, не меньшую, чем порог различения, чтобы можно было сразу «приписать» объект к тому или иному типу. Такое отличие соответствует «сдвигу» объектов в стороны, показанные на рис. 10 стрелками. Это приводит к образованию двух, не смешиваемых друг с другом, группировок объектов. (Кстати, при таком небольшом сдвиге по отношению к квадрату информативность меняется сравнительно мало.) Автоматически сами квадратные и почти квадратные формы становятся как бы «запрещенными»,

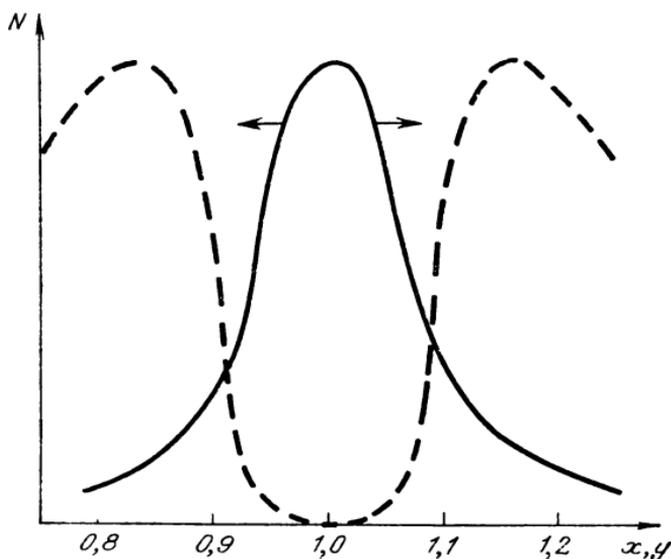


Рис. 10. «Неустойчивость» квадратного формата и форматов, близких к квадратному

статистически дающими меньшую эстетическую оценку, чем все близкие к ним формы. Это то самое «отрицательное отношение к квадрату», которое в случае картин так удивляло еще Г. Т. Фехнера своим несоответствием «всем теоретическим соображениям».

Таким образом, несмотря на принципиальную предпочтительность квадратной формы, в реальных условиях функционирования она должна быть социально неустойчивой и «распадаться» на две группы форм, которые близки друг к другу, но не пересекаются. Следствием такого процесса своеобразной «самоорганизации» форматов должно быть распределение, имеющее вид показанного пунктиром на рис. 10. Отличительными чертами этого распределения должны быть:

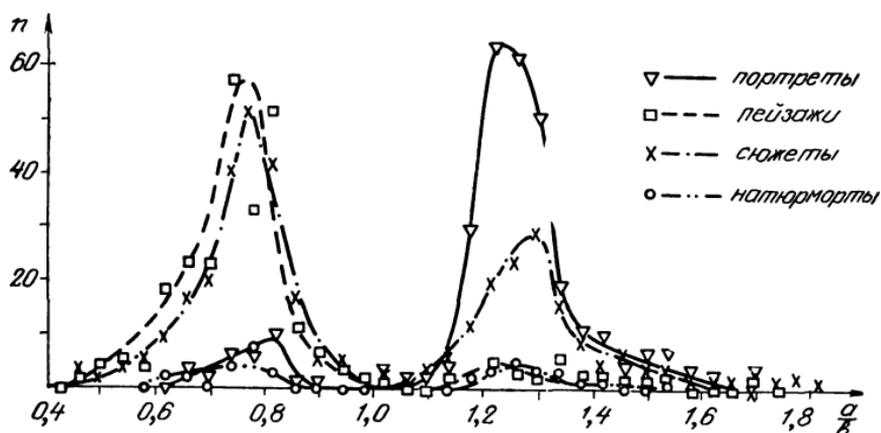


Рис. 11. Распределение картин различных жанров по форматам

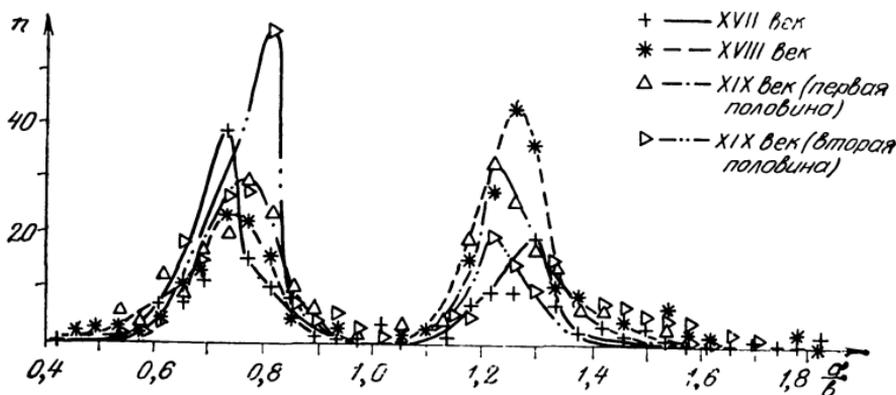


Рис. 12. Распределение картин различных веков по форматам

а) присутствие двух максимумов по обе стороны от формата  $x=1$ ;

б) наличие резкого, глубокого провала в области: близ  $x=1$ ;

в) положение каждого из максимумов между форматом, отвечающим золотому сечению (т. е.  $x \approx 0,62$  и  $y = 1,62$  для горизонтальных и вертикальных объектов соответственно), и форматом, обеспечивающим отличие от квадрата на величину порога различения (т. е.  $x_{\text{опт}} < 0,90$  и  $y_{\text{опт}} > 1,10$  соответственно);

г) асимметричность каждой из половин распределения (так как «запрет» со стороны квадратной формы действует гораздо сильнее, чем слабый спад кривой по другую сторону от максимума).

Имеющиеся в литературе, а также наши статистические данные свидетельствуют о том, что во всех выборках эти условия (а—г) всегда выполнялись. В качестве иллюстрации на рис. 11, 12 приведены распределения картин — различных жанров и различных эпох — по форматам (выборка объемом 978 картин французской живописи в собраниях различных музеев мира). Легко видеть, что все распределения обладают максимумами, расположенными при одних и тех же значениях формата; изменяется лишь само значение (абсолютная величина) функции в точке максимума. Положение максимума оказалось практически не зависящим также и от абсолютных размеров картин. Такая высокая устойчивость оптимального формата служит хорошим аргументом в пользу описанной модели.

Вернемся теперь к рис. 6, на котором, помимо распределений для «просто прямоугольников» и картин, представлена также кривая, относящаяся к плакатам. Последняя кривая занимает промежуточное положение между двумя первыми. В свете всего сказанного ранее это не удивительно: ведь по характеру своего восприятия плакаты действительно занимают промежуточное положение между «просто цветовым пятном» и картиной; это отражается и на положении кривой их распределения по форматам, что также служит хорошим подтверждением адекватности модели реальности.

\* \* \*

Итак, и «правила», и «исключения» из закона золотого сечения, относящиеся к эстетической предпочти-

тельности прямоугольников, хорошо укладываются в рамки единой простой модели. Оказывается, что достаточно знать установку зрителя, чтобы сконструировать характер статистического распределения форм соответствующих объектов.

Здесь уместно сделать небольшое отступление, посвященное теоретико-методическим аспектам подобного «конструирования». В рассмотренных нами случаях («просто прямоугольников» и картин) было выполнено не что иное, как наложение определенного критерия на результат деятельности определенного механизма восприятия. В случае «просто прямоугольников» роль такого механизма играло сравнение площадей «разбалансированного» и «квадратного» фрагментов. Роль же критерия играла установка зрителя на максимизацию информативности. (Кстати, если считать, что точки фиксации концентрируются в основном на контуре фигуры, и взять за основу сравнение не площадей, а длин сторон  $a$  и  $b$ , то критерий максимизации информативности даст уравнение  $b - a = p_{\text{опт}} b$ , с тем же решением  $x_{\text{опт}} \approx 0,63$ ; аналогичные рассуждения приложимы и к делению отрезка в среднем и крайнем отношении, представленному на рис. 5, а.).

В случае картин в нашем анализе фигурировали уже два механизма восприятия, только что упомянутый компаративный механизм определения формата и другой механизм — отделения вертикальных композиций от горизонтальных (связанный с соответствующими содержательными ассоциациями); эти два механизма действуют на **двух разных уровнях переработки информации** индивида. Критериев — тоже два: на нижнем из двух этих уровней (где действует компаративный механизм) работает установка на минимизацию информативности, а на верхнем (где функционируют содержательные ассоциации) — установка на максимизацию различия между двумя композиционными типами. *Совместное действие критериев* разных уровней и дает тот результат, который мы можем наблюдать в эмпирической реальности.

Заметим, что указанные механизмы и критерии отнюдь не являются единственными. Даже в случае «просто прямоугольников» можно отыскать такую ситуацию, когда не будет действовать механизм определения формата; видимо, этим объясняется то, что Г. Т. Фехнеру

не удалось получить феномен предпочтения золотого сечения в эксперименте с предъявлением прямоугольников маленьким детям (у которых данный механизм еще недостаточно сформировался). Можно найти и такую ситуацию, в которой не будет действовать (или будет действовать ослабленно) критерий — установка на максимум информативности; известно, например, что в культурно-сопоставительном исследовании канадских и японских девушек последние показали меньшее предпочтение вытянутых форматов (и в том числе формата золотого сечения), чем первые; по-видимому, это связано с более сильным проявлением у японских девушек «канонической» установки на равенство сторон, т. е. на стремление к квадрату.

В общем случае надо учитывать все реальное разнообразие и механизмов, и соответствующих им критериев, действующих на разных уровнях переработки информации. Тогда можно предсказывать воздействие конструируемых объектов на индивида; понятно, что пока это можно делать лишь применительно к довольно простым случаям, с весьма «прозрачными» для исследователя механизмами и критериями.

Мы привели решение лишь одной из задач сферы «прекрасных пропорций». Оно показывает не только применимость точных методов к анализу этой сложной сферы, но и необходимость весьма глубокого содержательного рассмотрения подобных проблем, без которого даже самые совершенные модельные построения могут остаться пустой «игрой в формулы», лишенной связи с реальностью.

## Литература

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М., 1974.
2. Ганзен В. А. Восприятие целостных объектов. Л., 1974.
3. Глезер В. Д., Цукерман И. И. Информация и зрение. М.—Л., 1961.
4. Грибков В. С., Петров В. М. Изобразительная плоскость и ее интегрирующие свойства — «Труды по знаковым системам», вып. 7 (Ученые записки Тартуского гос. университета, вып. 394). Тарту, 1975.
5. Зинченко В. П., Вергилес Н. Ю. Формирование зрительного образа. М., 1969.
6. Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. М., 1974.
7. Моль А., Фукс В., Касслер М. Искусство и ЭВМ. М., 1975.

8. Петров В. М. О построении функциональной дедуктивной классификации культурных объектов. — В сб.: «Модели и методы исследования социально-экономических процессов» М., 1976.

9. Соколов А. Тайны золотого сечения. — «Техника — молодежи», 1978, № 5.

10. Тростников В. Н. Алгебра гармонии. М., 1968.

11. Хрестоматия по ощущению и восприятию. М., 1975.

12. Яглом А. М., Яглом И. М. Вероятность и информация. М., 1973.

13. Berlyne D. E. The golden section and hedonic judgments of rectangles: a cross-cultural study. — «Scientific Aesthetics», v. 7, 1970, N 1—2.



Е. А. Богоявленский,  
кандидат экономических наук

Д. Б. Богоявленская,  
кандидат психологических наук

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ: ЭВМ + ЭКСПЕРТ

Прогноз — это прежде всего число, точнее, ряд чисел, уходящих порой на многие годы в будущее. Числовое выражение придает прогнозу убедительность, ибо что может быть объективнее математической формулы! 2000 год предстает перед нами в виде четкой эконометрической модели, в которой агрегируются частные прогнозы по главным научным и техническим направлениям, отраслям производства, социально-экономическим процессам. Впечатление достоверности усиливается еще больше, когда узнаешь, что варианты модели «проработаны» на ЭВМ, которой чужды сомнения и другие «человеческие слабости».

Эта убежденность в непогрешимости математическо-

го, эконометрического подхода к так называемому технологическому прогнозированию<sup>17</sup> утвердилось еще в 60-х годах, вместе с утверждением всемогущества ЭВМ, линейного программирования и прогнозирования, экстраполяционных и корреляционных методов, эконометрических моделей и т. д. Не будет преувеличением сказать, что внедрение точных математических методов и процедур в экономические исследования породило современный экономический прогноз, который стал важнейшей предпосылкой социалистического планирования, научно обоснованного принятия решений, рассчитанных на большую перспективу.

Математизация придала реальную экономическую значимость даже таким видам прогностической деятельности, которые раньше осуществлялись либо в узковедомственных интересах (например, метеослужба гражданской авиации), либо в порядке эксперимента и футурологических эссе. Вместе с тем успехи математизации поучительны и в ином плане. Рассмотрим это на примере прогнозирования погоды. Напомним, что даже небольшое повышение точности погодного прогноза, особенно долгосрочного — не на завтра, а на неделю, месяц, на целый сезон (особенно весенне-летний и осенний — сезон уборки и заготовки сельскохозяйственной продукции), означает экономический эффект в сотни миллионов и даже миллиарды рублей в год. «Человеку ничего не оставалось бы требовать от бога, если бы он научился правильно предсказывать погоду», — писал М. В. Ломоносов.

Долгосрочный прогноз — предсказание резких и долговременных отклонений погоды от климатической нормы — проблема исключительной важности для народного хозяйства, «проблема века», как назвал ее вице-президент СО АН СССР академик Г. И. Марчук. В решениях XXV съезда КПСС о ней сказано лаконично: «Осуществлять дальнейшую разработку методов прогноза погоды и стихийных бедствий». Но за этой лаконичной

---

<sup>17</sup> Термин этот получил широкое распространение на Западе и в некоторых случаях используется также в советской литературе, хотя имеет, на наш взгляд, достаточно узкий смысл. Дж. Мартино дает следующее определение: «Технологический прогноз представляет собой предсказание будущих характеристик полезных машин, процедур или методов работы» (Дж. Мартино. Технологическое прогнозирование. М., «Прогресс», 1977, с. 8).

строк — огромная теоретическая работа многих научных коллективов, взаимодействие самых различных отраслей науки и техники.

Впервые математический расчет погоды «на завтра» был осуществлен в 20-х годах в Англии и потребовал всего... полгода! Причину неудачи начали искать в методологии расчетов — в попытке охватить системой уравнений всю сумму погодных факторов, даже «несущественных». Козьма Прутков сказал бы, наверное, по этому поводу, объединив оба своих знаменитых афоризма в один: «Зри в корень, ибо нельзя объять необъятного». Наоборот, один из первых организаторов советской метеослужбы профессор Хромов как-то в споре, доказывая существенность всех взаимодействующих факторов, шутиливо заметил: «Я вот выйду на крыльцо, махну рукой, и погодный «баланс» изменится».

Другие критики английского эксперимента искали ошибки математического порядка. Что же, такие ошибки не удивительны, поскольку тогда не существовало ни теории подобных расчетов, ни надежного исполнительного звена — вычислительной машины. Появились ЭВМ, родились гидродинамические методы расчетов. Специалисты считают, что машины уже вполне хорошо справляются с краткосрочным прогнозом, хотя для него приходится собирать данные с шести атмосферных уровней на территории 100 млн. км (это при прогнозе на завтра) и во всем Северном полушарии при прогнозе на трое суток.

В последнем случае в машину вводится около 25 тыс. исходных данных, то есть почти на порядок больше, чем в английской модели 20-х годов, а на решение уравнений с этими данными требуется уже не полгода, а всего несколько часов машинного времени. Более того, машина сама печатает готовую карту погоды. Готовую? Но над чем тогда так усердно «колдуют» синоптики? Они размышляют над машинной заготовкой, редактируют выданную машиной карту, поскольку численные методы, к сожалению, не обеспечивают пока достаточно точного расчета развития процессов в самом нижнем из шести атмосферных слоев. Законы этого развития намного сложнее, чем в верхних слоях. Здесь-то как раз и требуется вмешательство настоящего эксперта-прогнозиста. Да, «боги погоды» остаются богами даже рядом со Всемогущим ЭВМ.

Рассмотренная область прогностической деятельности — наиболее яркий пример, когда точный математический расчет кажется единственным надежным путем решения проблемы прогноза, избавляющим от вольностей прогностической мысли. Мы убедились, что это не так. Но, может быть, в других областях, где процессы не так изменчивы, численные методы могут исключить прогностическое творчество человека? Скажем, прогнозирование развития какой-либо отрасли промышленности или даже отдельных видов техники? Ведь тенденции этого развития вырисовываются (в отличие от капризов погоды и климата) в виде четкой закономерности. Казалось бы, остается лишь формализовать эту закономерность и экстраполировать ее на будущее.

Действительно, метод экстраполяции тенденций развития во многих случаях себя уже оправдал и получил широкое распространение в экономическом прогнозировании. Однако тенденция формируется всегда в определенных условиях, взаимодействуя с самыми различными внешними факторами, которые в будущем могут и измениться. Это неизбежно случается, когда эволюционное развитие сменяется революционным. Так, многие тупиковые прогнозы, сделанные в прошлом методом изолированной экстраполяции тенденций развития того или иного технического параметра, оказались опровергнутыми современной научно-технической революцией. В 30-х годах, например, такой тупиковый прогноз был сделан в отношении роста скоростей полета самолетов. Прогнозисты-авиационники совершенно правильно рассчитали, что дальнейшее увеличение скоростей поршневых самолетов будет невозможно в связи с невозможностью увеличения мощности двигателей без одновременного усложнения их конструкции и увеличения веса до неразумных масштабов. Но наступил век реактивной авиации, и невозможное стало возможным.

В отраслевом прогнозировании методы экстраполяции также часто приводят к большим просчетам. Напомним, что исторически наиболее достоверной считается экстраполяция с применением регрессионного анализа: прогнозист берет данные о развитии рассматриваемой отрасли за ряд предшествующих лет и находит регрессию логарифмов на время, что, как известно, эквивалентно экспоненциальному росту данной функциональной характеристики. Прогноз будет просто продолжением линейной ре-

грессии логарифмов на время на такой период будущего развития, какой требуется в прогнозе.

Концепция экспоненциального развития техники зародилась еще в прошлом веке и не раз опровергалась в ходе технико-экономического прогресса в разных странах, особенно с началом НТР. Тем более удивительна живучесть этой концепции; невольными пропагандистами ее выступают даже те западные авторы, которые понимают всю теоретическую необоснованность подобного формально-математического подхода к прогнозированию<sup>18</sup>. В качестве примера приведем составленный Дж. Мартино прогноз производства электроэнергии в США до 1985 г.<sup>19</sup> (см. таблицу).

Производство электроэнергии в США (млрд. квт·ч)

| Год  | Реальное произ-во в 1945—1975 гг. и прогноз на 1980 и 1935 гг. | Регрессия | 50 %-ый вероятност-ный предел |         |
|------|--|-----------|-------------------------------|---------|
|      |  |           | верхний                       | нижний  |
| 1945 | 193,6  | 200,86    | 207,83                        | 194,12  |
| 1950 | 280,5  | 294,54    | 309,22                        | 290,15  |
| 1951 | 318,2  | 324,46    | 334,84                        | 314,40  |
| 1952 | 342,5  | 351,45    | 362,59                        | 340,66  |
| 1953 | 384,2  | 380,70    | 392,67                        | 369,09  |
| 1954 | 410,9  | 412,37    | 425,26                        | 389,87  |
| 1955 | 480,9  | 446,68    | 460,58                        | 433,21  |
| 1956 | 530,1  | 483,85    | 498,85                        | 469,29  |
| 1957 | 557,8  | 524,11    | 540,34                        | 508,36  |
| 1958 | 569,2  | 567,71    | 585,30                        | 550,65  |
| 1959 | 626,7  | 614,94    | 634,04                        | 596,43  |
| 1960 | 683,7  | 666,11    | 686,87                        | 645,98  |
| 1961 | 720,7  | 721,54    | 744,15                        | 699,62  |
| 1962 | 776,1  | 781,57    | 806,23                        | 757,67  |
| 1963 | 830,8  | 846,60    | 873,54                        | 820,49  |
| 1964 | 890,4  | 917,04    | 946,51                        | 888,49  |
| 1965 | 953,8  | 993,34    | 1025,63                       | 962,08  |
| 1966 | 1039,0   | 1075,99   | 1111,41                       | 1041,71 |
| 1970 | 1638,0 <sup>20</sup>   | 1481,32   | 1533,13                       | 1431,27 |
| 1975 | 1999,7 <sup>20</sup>   | 2209,03   | 2293,80                       | 2127,39 |
| 1980 | 2624,8 <sup>21</sup>   | 3294,21   | 3434,20                       | 3159,92 |
| 1985 | 3480,8 <sup>21</sup>   | 4912,49   | 5144,18                       | 4691,24 |

<sup>18</sup> См., например, упомянутую книгу Дж. Мартино.

<sup>19</sup> Там же, с. 159.

<sup>20</sup> Экономическое положение капиталистических и развивающихся стран Приложение к журналу «Мировая экономика и международные отношения», 1977, № 8, с. 22.

<sup>21</sup> «Electrical World», 1975, 15 Nov., p. 46

Мартино с удовлетворением отмечает, что почти половина (14 из 22) «точечных» данных о действительном производстве электроэнергии в 1945—1966 гг. находится внутри 50-процентного вероятностного интервала. «Разумно предположить, — пишет он, — что так будет и в будущем. Расстояние между 50-процентными пределами в 1985 г. 657,11 млрд. кВт·ч<sup>22</sup> составляет около 9% значения прогноза за этот год. Это указывает на достаточную точность прогноза. Исключая некоторые случаи радикальных изменений в спросе на электроэнергию, прогноз может применяться со значительной уверенностью»<sup>23</sup>. Автора не смущает, что более половины точечных данных выходит за пределы указанной 50-процентной вероятности. Более того, прогноз на 1985 г., скорректированный в 1975 г., отличается от прогноза Martino столь существенно (отклонение почти на полтора миллиарда кВт·ч, или на 40%! ), что делает его практически бесполезным, равнозначным по своей информативности утверждению: «Рост, несомненно, будет, но в каких размерах — неизвестно». Дело в том, что ошибка в 1,5 млрд. эквивалентна экономически неоправданному вводу в эксплуатацию такого числа электростанций, энергетические мощности которых намного превосходят суммарную мощность американских электростанций в 1967 г., когда составлялся прогноз, а уровень производства электроэнергии, предсказанный (точно рассчитанный!) Джоозефом Martino на 1985 г. — 4912,49 млрд. кВт·ч, ожидается теперь лишь где-то в 90-х годах.

Таким образом, не достигается главная цель прогноза — сориентировать предпринимателей на оптимальный темп роста капиталовложений в строительство новых энергетических мощностей. Единственное преимущество применяемого в данном случае метода экстраполяции заключается лишь в том, что он доступен даже математику самой низкой квалификации и не требует (как прогноз погоды) быстродействующих ЭВМ для своей реализации. Недостатки чисто математических методов прогнозирования заставляют специалистов по «технологическому» прогнозу признать незаменимость эксперт-

---

<sup>22</sup> Цифра, видимо, ошибочная; в действительности разница между нижним и верхним пределами составляет 452,94 млрд. кВт·ч.

<sup>23</sup> Там же, с. 159.

ных оценок<sup>24</sup>. Однако это ставит перед организаторами прогноза достаточно сложную проблему качества этих оценок.

Проблемы, возникающие при использовании экспертных оценок для разного рода количественных прогнозов, связаны в первую очередь с определением «качества первоисточника», т. е. самого эксперта. Именно в этой связи ставится вопрос о том, в какой степени сохраняется объективность исследования, если в него вводятся в качестве существенных факторов субъективные мнения тех или иных специалистов, даже если они являются и экспертами в своей области. Уже в такой постановке вопроса содержится методологическая неточность. Она заключается в неправомерности подчеркнутого выше противопоставления: нельзя отказывать «субъективному мнению» в возможности содержать объективную истину (пусть даже потенциальную); научное предвидение может быть и «субъективным», т. е. индивидуально сформулированным, продуктом индивидуальной исследовательской, познавательной деятельности человека. Указанное выше противопоставление, с одной стороны, приводит к появлению чисто практических трудностей адаптации «субъективного мнения» к требованиям «объективного исследования», с другой — само является отражением изначальных трудностей экспертирования в целях количественного прогноза.

Указанная неточность — проявление недооценки возможностей человека познавать объективный мир и отражать его в своих оценках. Признание этой возможности зачастую выражается в крайней форме, когда человек представляется как некий физический прибор.

Наиболее ярко этот подход выражен в тезисе, выдвинутом еще в 1963 г. сотрудником американской корпорации РЭНД О. Хелмером: «Мы получаем информацию о происходящих событиях при помощи различных приборов, иногда неточных. Мы не отказываемся от этой информации, учитывая лишь степень ее точности и достоверности. Специалиста-эксперта тоже можно рассматривать как своего рода «прибор», дающий нам информацию о вероятности тех или иных предстоящих событий или гипотез, объясняющих происходящие события. Отказы-

---

<sup>24</sup> См.: Э. Янч. Прогнозирование научно-технического прогресса. М., «Прогресс», 1974.

ваться от такой информации не следует. Следует лишь постараться определить степень точности и достоверности этой информации, подобно тому, как это делается для других измерительных приборов»<sup>25</sup>.

Этот тезис Хелмера можно рассматривать как определенный шаг вперед, поскольку за человеком признается роль объективного источника информации. Однако этот теоретический постулат на практике упирается в проблему отбора экспертов, действительно способных на объективные суждения о будущем. Вместо такого отбора уровень объективности пытаются повысить чисто статистическими методами. Степень объективности экспертов оценивается по аналогии с оценкой точности приборов. Но если неточность прибора действительно можно скорректировать, вводя установленный при проверках поправочный коэффициент, то механический перенос этого приема на человека представляется совершенно бесполезным. Столь же бесполезны попытки осуществлять своего рода «приборную наладку» эксперта путем тренировки и специального обучения, поскольку способность предвидеть — сугубо индивидуальное свойство, которое не может появиться у психически сложившегося, сформировавшегося человека даже при самой упорной тренировке.

Методы «приборной» проверки выглядят следующим образом: достоверность оценок эксперта («степень надежности» эксперта — degree of reliability) определяется по результатам его прошлой деятельности по формуле  $R = \frac{N_c}{N}$ , где  $N_c$  — число случаев, в которых эксперт,

встретившись с несколькими альтернативными гипотезами, приписал наибольшую вероятность той, которая впоследствии оказалась верной;  $N$  — общее число экспертных оценок.

Однако формула эта явно не работает. Во-первых, практически не существует возможности применять ее в случаях отбора экспертов для долгосрочного прогнозирования (как говорят англичане «life is but a span» — эксперт рискует не дождаться подтверждения через 10—15—20 лет истинности своего прогноза). Во-вторых, даже при самых краткосрочных прогнозах, как признают

---

<sup>25</sup> С. Д. Бешелев и С. Г. Гурвич. Экспертные оценки. М., «Наука», 1973.

сами авторы этой и прочих формул, оценка «надежности» эксперта может быть в высшей степени ненадежной хотя бы потому, что отражаемая в числителе «успешность» зависит от большого числа переменных (например, от степени точности и широты требуемых от эксперта формулировок, от информационной обеспеченности прогноза и т. п.). В-третьих, о том, что указанная «абсолютная», как ее называют, мера надежности не является надежной, свидетельствует преимущественное использование другой, «относительной» меры:  $p' = \frac{p}{p_m}$ , где  $p$  — мера надежности данного эксперта;  $p_m$  — средняя мера надежности, исчисленная для некоторой группы хорошо информированных людей или других экспертов. При этом считается, что если величина  $p' < 1$ , то данный эксперт «не представляет большой ценности»; чем больше  $p'$ , тем большую ценность представляет эксперт, тем выше достоверность его оценок; очевидно, что такое приравнивание эксперта к «хорошо информированным людям» не может служить критерием при отборе прогнозистов; в-четвертых, эксперт как «датчик вероятности» сам становится игрушкой вероятности: степень его надежности, оказывается, зависит от того, каковы вероятности тех событий, для которых он дает оценки. Для событий маловероятных (с вероятностью их наступления, близкой к нулю) или для событий весьма вероятных (с вероятностью, близкой к 1) степень надежности эксперта будет близка к 1. Но для событий, вероятность которых близка к  $1/2$ , степень надежности эксперта может оказаться тоже близкой к  $1/2$ .

В результате приходится вводить дополнительный показатель — точность оценок эксперта, «степень точности» эксперта, которую определяет... сам же эксперт. Преувеличить субъективность подобной самооценки результатов проделанной работы было бы действительно трудно.

Следует констатировать методологическую несостоятельность «приборной» концепции эксперта-прогнозиста и попыток формировать экспертный массив с учетом степени «надежности» и «точности» экспертов. (В этом отношении представляется куда более плодотворным предпринятое той же корпорацией РЭНД исследование на тему: «Как измерить идиота».) Вместе с тем ничего более совершенного до сих пор не было предложено, и

вся работа с «прогнозистами» строится по принципу «один эксперт — не эксперт», т. е. по групповому методу. Существуют следующие методы такого группового экспертирования:

метод согласования оценок, или «консенсуса», объединяет ряд методов, различающихся способами, с помощью которых индивидуальные оценки преобразуются в обобщенную оценку;

групповой метод, одним из наиболее оригинальных и продуктивных вариантов которого является «мозговая атака»;

метод «Дельфийского оракула», или, короче, «дельфи-метод», который можно рассматривать как промежуточный между «индивидуальным», «интуитивным», «консенсусом» и групповым в том смысле, что в группе индивидуально работающих прогнозистов существует система обратной связи между ними в виде поэтапно формулируемых обобщенных оценок;

метод моделирования, который точнее следовало бы назвать прогнозирующей системой «эксперт—ЭВМ—эксперт» и который может иметь много вариантов — гибридов «консенсуса», группового и дельфийского методов; существенным для него является предоставляемая экспертам возможность экспериментировать с прогностической моделью (чаще всего — математической);

ситуационный анализ (который иногда называют методом «оперативных игр») — метод группового модельного прогнозирования; проводится чаще всего по заранее подготовленному сценарию политического, социально-экономического развития и может сочетать элементы всех упомянутых выше методов прогнозирования.

Все эти варианты можно обобщенно называть «методом экспертных оценок». Подчеркивается, что он особенно широко применяется для средне- и долгосрочного прогнозирования и объясняется это его «простотой и той степенью достоверности, которая пока еще недостижима при формализованных методах». Вместе с тем разработка экспертных методов оказалась, по существу, уже давно в тупике, в то время как формальные методы множатся, как грибы. В 1966 г. Эрих Янч, положивший начало обобщению зарубежной методологии прогнозирования, перечислил около 100 прогнозных методик, а уже через три года Г. Добров определял их число более чем в 130. В большинстве своем — это экстраполяционные методы,

которые рассчитаны на исключение воздействий субъективных факторов. Однако на деле исключить их оказывается весьма трудно.

Действительно, человеческий фактор присутствует даже при прогнозировании методами чисто математической экстраполяции. Во-первых, так или иначе встает вопрос о качестве исходных данных, которые готовит для ЭВМ человек; во-вторых, вопрос о качественных коррективах, изменениях весов или коэффициентов при определении параметров прогнозируемого явления (такое «вмешательство» человека в математический процесс имеет место, например, при экстраполяции по методу определения развития тенденций по кривым). В любом таком случае человека следует рассматривать как эксперта и предъявлять к нему соответствующие требования. В последнем случае «опасность» влияния субъективного фактора окажется значительно меньше опасности просчетов при формально «объективной» механической экстраполяции.

Экспертных оценок требуют все виды нелинейной экстраполяции с использованием системного анализа. Здесь прогнозист является так или иначе автором и «проблем гипотетических систем будущего» и «проблем воздействия» — комплексного влияния новых технических решений на экономику и окружающую среду. Таким образом, вопрос о «надежности» экспертных оценок выходит далеко за рамки собственно метода экспертных оценок.

Следует подчеркнуть и другую сторону использования формализованных методов прогнозирования — явное предпочтение, которое отдается более простым методам. Объясняется это тем, что достоверность полученных результатов не возрастает сколько-нибудь значительно (если возрастает вообще) при переходе к методам более формализованным и сложным. По свидетельству журнала «Менеджмент ревью», наиболее надежными и «полезными» американские корпорации считают лишь восемь прогностических методик, в том числе: «развитие тенденций по кривым» (90% опрошенных высказали положительную оценку), «корреляционный и регрессивный анализ» (89%), «экспертиза существующего уровня техники» (88%), «историко-генетические модели» (87%), «выявление уникальных свойств» (76%), «экспертиза проблем генетических систем будущего» (76%), «опере-

жение—запаздывание» (75%), «определение порогов смены технологий» (71%)<sup>26</sup>. При всем том многие фирмы выражают разочарование в практических результатах прогнозирования, практика которого, заметим, насчитывает более полутора десятилетий.

Как видим, среди перечисленных «наиболее надежных» методов отсутствуют упомянутые выше методы экспертных оценок, хотя этому явно противоречит широкое распространение последних. Так, американские исследователи М. Сетрон и К. Ральф выявили среди 5900 крупнейших американских концернов 1114, которые широко практикуют различные методы прогнозирования, в том числе экспертного: индивидуальное интуитивное (78% фирм), согласование оценок (69%), «Дельфи» (26%)<sup>27</sup>. Эта статистика подводит нас к парадоксальному на первый взгляд выводу: при теоретическом утверждении ничтожности индивидуальной экспертной оценки большинство фирм предпочитает иметь дело с отдельными «квалифицированными» прогностами, нежели с групповым внутренне противоречивым прогнозом, требующим к тому же сложной процедуры согласования, итерации и т. п. Вместе с тем вряд ли можно объяснить данный факт большей «управляемостью» и достаточной полнотой и непротиворечивостью прогностической информации, выдаваемой индивидуальным «оракулом» даже высшей квалификации. Скорее наоборот — привлечение отличившихся своими открытиями авторитетов полностью исключает возможность управления качеством прогнозных экспертных оценок<sup>28</sup>.

Чтобы понять причины указанного парадокса, рассмотрим несколько подробнее «мозговую атаку» и «Дель-

---

<sup>26</sup> С. Д. Бешелев и С. Г. Гурвич. Экспертные оценки. М., «Наука», 1973.

<sup>27</sup> Там же.

<sup>28</sup> Мы имеем в виду использование в качестве прогностов крупных ученых, которые уже зарекомендовали себя своим творческим вкладом в развитие науки. Широко известны многочисленные ошибки, допускающиеся в оценке научных открытий и перспектив их практического применения выдающимися учеными всех веков, начиная с Аристотеля. Классическими стали примеры опровергнутых историей прогнозов практической неприменимости электромагнитных волн (Герц) и атомной энергии (Резерфорд); проблеме консерватизма, присущего самим новаторам в науке, в советской литературе посвящено специальное исследование («Научное открытие и его восприятие» Сб Под ред. С. Р. Микулинского и М. Г. Ярошевского. М., «Наука», 1971).

фи-метод» как наиболее «управляемые» формы получения исходной прогностической информации для ЭВМ, поскольку они учитывают психологические факторы в работе с экспертами.

Как известно, «мозговая атака» («брэйн сторминг») получила признание и распространение в 50-х годах в качестве метода тренировки и мобилизации творческого мышления в группе, решающей ту или иную теоретическую или практическую задачу. Целью «атаки» является создание условий, способствующих появлению и высказыванию максимально большего числа идей, предложений и т. п. При этом исходят из того, что среди потока высказываний будет по меньшей мере несколько плодотворных; однако эта гипотеза, по замечанию Э. Янча, окончательно так и не была доказана. Впрочем, дело не в количестве, а в творческой атмосфере коллективного обсуждения, которым, по идее, должен дирижировать, именно дирижировать, опытный психолог, пусть даже стихийный, но хорошо ощущающий каждый «инструмент» управляемого им творческого оркестра и, естественно, в какой-то степени осведомленный в теме. Таким образом, к проблеме подбора «оркестрантов» прибавляется куда более трудная проблема подбора «дирижера». Эта трудность отнюдь не снимается выполнением набора следующих четких правил. 1. Сформулировать проблему в основных терминах, выделив единственный центральный пункт. 2. Не объявлять ложной и не прекращать исследовать любую высказанную идею. 3. Подхватывать идеи любого рода, даже если ее уместность кажется в данное время сомнительной. 4. Оказывать поддержку и поощрение, столь необходимое для того, чтобы освободить участников от скованности.

В процессе мозговой атаки, действительно, можно было бы снять если не все, то хотя бы часть условий, мешающих созданию атмосферы «творческой эйфории», преодолению психологического барьера собственных концептуальных моделей, того, что обычно называют установившимся мнением, представлением, точкой зрения. Однако сама по себе организация обсуждения, соблюдение имеющихся на сей счет правил и инструкций не гарантирует преодоления этого барьера. Происходит это потому, что автор метода «мозговой атаки» Осборн и его последователи уповали на автоматическое снятие известных им барьеров и не учли, что снимаются они далеко

не у всех людей. Действительно, конформизм и здравомыслие какого-нибудь министерского чиновника и даже маститого ученого — барьеры, как правило, непреодолимые. Как говорится, наши недостатки — продолжение наших достоинств.

Таким образом, организационно-психологически хорошо задуманный и сконструированный метод в результате отсутствия адекватного метода подбора экспертов оказался в конечном счете малоэффективным и в 60-х годах из первостепенного источника идей и метода нахождения кратчайшего пути к решениям превратился во вспомогательный прием при анализе и принятии решений. Вместе с тем следует подчеркнуть актуальность дальнейшей разработки метода «мозговой атаки». Главная и наиболее ценная его идея заключается в отсутствии обратной отрицательной корреляции, внешнего контроля чужого здравого смысла, что позволяет сделать коллективный творческий процесс одновременно и непрерывным, и свободным, и управляемым. Главное достоинство этого метода — возможность перехода на другую логику — логику соседа, возможность суммирования экспертных потенциалов всех участников, взаимного межинтеллектуального, междисциплинарного, межотраслевого и т. п. оплодотворения. Но для эффективного использования этого принципа необходим учет влияния устойчивых личностных факторов, интеллектуального консерватизма, который, как правило, сопутствует компетентности, учет внутренней диалектики самого знания. Поэтому психологический отбор участников «мозговой атаки» является главным направлением дальнейшего совершенствования этого метода.

Метод «Дельфи» претендует на преодоление психологических трудностей, свойственных «мозговой атаке», и в первую очередь — конформизма, проявляющегося в процессе коллективного мышления. Поэтому в психологическом плане Янч не совсем прав, когда предлагает рассматривать метод «Дельфи» в упрощенном виде как последовательность итеративных циклов «мозговой атаки». Авторы метода полагали, что благодаря письменной форме контакта снижается влияние таких факторов, как внушение или приспособление к мнению большинства. Как признает Янч, это влияние не может быть полностью устранено, поскольку в процессе итерации на втором и последующих этапах участники узнают мнение большин-

ства на предыдущих этапах. Поэтому конформизм не исключается, но появляется еще и новая трудность: участнику, высказавшему мнение, резко отличающееся от согласованного мнения большинства, предлагают его обосновать. У него, естественно, может появиться желание избежать излишнего напряжения и как-то приспособиться.

Здесь вновь выдвигается на первый план проблема управления качеством прогностической информации путем отбора экспертов, и эта проблема не снимается ни путем введения усовершенствованных схем оценки собственной компетентности, ни с помощью улучшенных механизмов обратной связи или статистических моделей процедуры опроса участников. Именно это, а не более высокий уровень затрат главная причина отмеченного выше ограниченного распространения метода «Дельфи» (26% американских фирм, занимающихся прогнозированием) по сравнению с индивидуальной «интуитивной» экспертизой (80%). Вывод, который правильно делают некоторые советские исследователи (например, Э. Л. Напельбаум), сводится к тому, что коллективное измерение (экспертирование, прогнозирование) — это результат взятой с потолка процедуры. К этому следует прибавить наложения субъективных факторов, как интеллектуальных (инерция, консерватизм личного опыта), так и (что еще более существенно) личностных, социальных. Когда, скажем, американский менеджер, участвуя в прогнозировании, вольно или невольно прогнозирует свою собственную карьеру в связи с намечающимися изменениями и потому склонен предельно сокращать возможный риск, равно как и проявлять фаворитизм при оценке и отборе идей и проектов. Советские исследователи американской практики экспертного прогнозирования справедливо отмечают, кроме того, что исполнители прогнозов нередко сознательно «корректируют» свои оценки с тем, чтобы выгоднее представить проект руководству; нередко среди прогнозистов, как и во всяком новом деле, встречаются и просто шарлатаны, рассматривающие прогнозирование как источник дохода с немедленной оплатой услуг, но отсроченной ответственностью.

Проблема подбора экспертных прогностических групп не только по «деловым» (квалификация и т. п.), но главным образом по психологическим характеристикам приобретает чрезвычайную актуальность в связи с постав-

ленной ЦК КПСС задачей перехода от среднесрочного прогнозирования к долгосрочному, диктующему необходимость совершенствования существующих методов. Особые требования к экспертам-прогнозистам определяются тем, что здесь уже недостаточно «информационной обеспеченности», наличных знаний и прошлого опыта, ибо долгосрочный прогноз не укладывается в логику сегодняшнего дня — в систему представлений, знаний и взглядов, бытующих в данный момент.

Научная футурология должна иметь соответствующую психологическую базу, которая бы обеспечила определение «прогностической способности» экспертов. Именно к этой проблеме психологического отбора экспертов, а не процедурам, обеспечивающим уменьшение влияния психологических причин<sup>29</sup>, сводится в конечном счете проблема эффективности экспертного прогнозирования. В этой связи следует признать несостоятельными попытки «объективирования» экспертных оценок путем вычисления средних величин, в результате которого нивелируется мнение меньшинства, несущее порой более ценную информацию.

Другой принципиальный методологический порок системы уменьшения влияний «субъективного» фактора заключается в стремлении учитывать «вес» самих экспертов по таким параметрам как должность, академическое звание, научная степень и т. п., которые в лучшем случае могут соответствовать квалификации, а последняя — лишь некоторое, причем внутреннее противоречивое и само по себе недостаточное условие прогнозирования. О психологической беспомощности такого подхода свидетельствует, например, следующая шкала «весов» экспертов<sup>30</sup>:

Такая «шкала» больше напоминает таблицу о рангах или платежную ведомость, и тем не менее именно такой подход к оценке возможностей эксперта-прогнозиста оказывается наиболее распространенным. В лучшем случае, помимо ранга (степени и т. п.), при отборе экспертов пытаются учитывать эрудицию и аналитические способности. «Главное требование, предъявляемое к каждому эксперту, естественно, его компетентность в исследу-

---

<sup>29</sup> С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. Экспертные оценки. М., «Наука», 1973, с. 101.

<sup>30</sup> Там же, с. 107.

емой области. Кроме того, нужно, чтобы он был также эрудирован в смежных областях, т. е. имел достаточно широкий кругозор. Иногда кандидатов в эксперты делят на универсалистов и специалистов, но и в том и в другом случае кандидаты в эксперты должны обладать аналитическим и трезвым умом, хорошо чувствовать тенденции развития»<sup>31</sup>. Итак, компетентность, эрудиция, аналитический и трезвый ум, т. е. то, что отличает, по здравому смыслу, человека умного от глупого невежды.

| Занимаемая должность                           | Значение „веса“ |               |             |                     |
|--|-----------------|---------------|-------------|---------------------|
|  | без степени     | кандидат наук | доктор наук | академик, чл.-корр. |
| Ведущий инженер (конструктор)                  | 1               | —             | —           | —                   |
| Мл. научный сотрудник                          | 1               | 1,5           | —           | —                   |
| Ст. научный сотрудник                          | —               | 2,25          | 3,0         | —                   |
| Начальник отдела, зам начальника отдела        | 2,5             | 3,75          | 5,0         | 7,5                 |
| Начальник лабораторного сектора                | 2               | 3,0           | 4,0         | 6,0                 |
| Руководитель комплекса, зам. руководителя      | 3,0             | 4,5           | 6,0         | 9,0                 |
| Директор, зам. директора, научный руководитель | 4,0             | 6,0           | 8,0         | 12,0                |

Однако определение прогностической ценности этих качеств стоит на таком же уровне, как и определение с точностью до десятых и сотых «весов» экспертов в приведенной выше таблице. Ведь даже на бытовом уровне очевидно, что такие прекрасные качества ума, как аналитичность и трезвость, могут исключать то, что принято обозначать как «интуицию», «фантазию», «чувствительность к проблемам и тенденциям развития».

Этот бытовой портрет прогнозиста противопоставляется теми же авторами портрету «идеального» эксперта, основные качества которого:

креативность — способность решать творческие задачи, метод решения которых полностью или частично

<sup>31</sup> С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. Экспертные оценки. М., «Наука», 1973, с. 103.

неизвестен (заметим сразу, что термин этот в традиционном смысле означает нечто иное, а именно: создавать новое, ставить новые проблемы, новые задачи, а не только решать чужие «творческие» задачи),

эвристичность — способность видеть или создавать неочевидные проблемы (термин также употребляется в нетрадиционном смысле; «эвристика» — это прием, способ сокращения перебора вариантов при решении задачи);

интуиция — способность делать заключения об исследуемом объекте без осознания пути движения мысли к этому заключению;

предикаторность — способность предсказывать или предчувствовать будущие состояния исследуемого объекта (что скорее можно отнести к интуиции в изложенном выше понимании);

независимость — способность противопоставлять предубеждения массовым мнениям свое собственное (заметим, что в такой постановке за «независимостью» может скрываться все что угодно: и страстная убежденность Галилея, и анархическая натура хулигана и даже патологический негативизм; здесь важно подчеркнуть, что убежденность, отсутствие соглашательства — свойства не только интеллекта, но и личности (этот принципиальный для нас момент мы раскроем ниже);

всесторонность — способность видеть проблему с различных точек зрения это свойство, которое, по мнению многих, должно объяснить тайну творчества, но которое само остается психологической загадкой, получая различные толкования и наименования «переконструирование» — в гештальтпсихологии, «дивергентность» мышления — в кубической модели интеллекта у Гилфорда и т. п.).

Все это подается как набор необходимых, но внутренне не связанных между собой свойств, тогда как задача научного анализа — раскрытие того внутреннего механизма, ядра, которое и определяет данное явление. Возможно, поэтому все чаще раздаются голоса о существовании особой «прогностической способности» как некоторого обобщенного свойства, присущего истинному эксперту-прогнозисту. Гипотезу о существовании такой способности более или менее четко сформулировал в 60-х годах профессор университета штата Юта (США) Кальвин Тэйлор, хотя очевидно, что способность предви-

деть события была хорошо известна еще во времена дельфийских оракулов и индийских йогов. Правда, древние не могли еще додуматься, чтобы присуждать вдвое, вдесятеро больше очков за мнение, высказанное знатым патрицием, по сравнению с предсказанием «рядового» оракула-профессионала. Сложность заключается в выяснении психологической природы «прогностической способности». Что же это такое?

Если глубже проанализировать приведенные выше параметры, станет ясно, что все они относятся психологической наукой к творческому мышлению. Поэтому понять, что есть «прогностическая способность» и каковы подходы к ее изучению, можно, лишь осуществив анализ основных проблем творческого мышления.

Долгое время способность к научному творчеству исследовалась, так, как это подсказывал здравый смысл: чем выше уровень способностей, тем больше творческая отдача человека. Но многочисленные факты и результаты тестирования за рубежом показали, что способности не коррелируют с творческой продуктивностью.

В результате этого возникла другая тенденция — относить различия в творческих возможностях не за счет особой умственной одаренности одних и заурядности способностей других, а за счет особого строя личности. Высота творческого потенциала ставится в прямую зависимость от того или иного строя личности. Но изучение мотивации творческой деятельности складывается обособленно от первого направления, для которого характерна сосредоточенность на познавательных моментах.

Таким образом, налицо — разобщенность двух подходов к исследованию интеллектуального творчества. Очевидно, что интеллектуальное творчество является синтезом и способностей, и мотивационного строя личности, но не сводится к каждому из этих факторов в отдельности. Это дериват интеллекта, преломленного через всю мотивационную структуру личности, которая может либо тормозить (и тогда способности могут, например, дремать), либо стимулировать, усиливать его проявление. Поэтому необходимо новое теоретическое осмысление механизмов творческого мышления и выделение такого интегрального фактора, который при системном подходе позволил бы глубже понять это взаимодействие.

Действительно, многофакторность творческого мышления, возможность включения в его процесс каких-то дополнительных компенсаторных механизмов — психологических и социальных — не исключает, а предполагает необходимость выделения некоторого специфического показателя творческого потенциала индивида. Методологически это диктуется общетеоретическим положением о необходимости выделения для анализа определенных единиц, «клеточек», неразложимых и обладающих качеством всеобщности. Единица такого анализа, в отличие от элементов, обладает всеми основными свойствами, присущими целому. Адекватными единицами изучения творческой деятельности должны быть такие единицы, которые отражали бы процессуальное взаимодействие интеллектуальных и мотивационных характеристик творчества в их единстве.

Теоретический анализ дает нам основание выделить такую «клеточку», в которой синтезируются и интеллект и личностные особенности (мотивационные и др.), это — интеллектуальная активность.

Известно, что способ изучения явлений неотделим от понимания их природы. Поэтому в первую очередь следует остановиться на понимании самого термина «интеллектуальная активность». До сих пор этим термином пытаются обозначить не какое-то единое и единственное явление, а целый комплекс явлений, причем как психофизиологических, так и высших психических. Существует поэтому несколько подходов к пониманию и определению интеллектуальной активности, которые отражают различные проявления, различные стороны и различные уровни психической активности в процессе мыслительной деятельности.

По-видимому, стремлением к более широкому пониманию природы интеллектуальной активности объясняется взгляд, согласно которому интеллектуальная активность — это любая умственная деятельность. Действительно, любая умственная деятельность означает состояние активности. Однако последовательное проведение этой линии, характерное для ряда исследователей, приводит к включению в сферу интеллектуальной активности психической активности вообще.

Несмотря на видимую широту этого взгляда, он охватывает лишь одну из сторон интеллектуальной активности в собственном смысле слова, а именно то, что ин-

теллеktуальная активность обычно выражается в деятельности. Однако из общего понятия деятельности не может быть выделена специфическая характеристика активности. Отсюда становится очевидным, что нет никакого основания определять интеллектуальную активность через умственную деятельность, и наоборот.

Более распространенной стала точка зрения, согласно которой понятие активности раскрывается через количественную характеристику деятельности: уровень интеллектуальной активности — это мера, точнее, количественный показатель умственной деятельности. Этот подход позволяет достаточно детально измерять некоторые процессуальные характеристики интеллектуальной деятельности — ее напряженность, скорость, длительность. Несомненно, эти характеристики и факторы умственной деятельности представляют интерес при анализе интеллектуальной активности в плане дифференциальной психологии, особенно при решении вопросов профпригодности. Однако столь же несомненно, что психологическая структура интеллектуальной активности не исчерпывается ими. При рассматриваемом подходе последняя превращается просто в частный параметр умственной деятельности и, на наш взгляд, выражает лишь ее тонус.

Вместе с тем не интенсивная, но рутинная по своему содержанию умственная деятельность и невысокий ее тонус приводят к тому качественному скачку, которым является новая идея, проблема, проникновение в будущее. Кстати, пожалуй, именно эти два родственных явления — постановка новой проблемы и научное предвидение — олицетворяют высший уровень интеллектуальной активности. Поэтому, на наш взгляд, наиболее адекватным выражением интеллектуальной активности как таковой является интеллектуальная инициатива.

Под интеллектуальной инициативой мы понимаем нестимулированное продолжение познавательной деятельности, не обусловленной ни практическими нуждами, ни внешней отрицательной оценкой деятельности, ни внутренней неудовлетворенностью. Это проявление интеллектуальной активности мы отличаем от инициативы выбора, предпочтения той или иной умственной деятельности, которые рассматриваются обычно как проявление потребности в новых впечатлениях и умственных усилиях.

Еще Платон заметил, что познание начинается с удивления. Но удивляться можно чему-то неожиданному, странному, и тогда сама ситуация стимулирует работу интеллекта. Можно найти удивительное в том, что кажется обыденным, и тогда появляются, а точнее, проявляются Ньютон и Эйнштейн в физике, Лев Толстой — в литературе или, наконец, люди, смело заглядывающие в будущее, предсказывающие исторические или научно-технические изменения с точностью закона, а не как некоторые «датчики вероятности». В связи с этим некоторые авторы<sup>32</sup> выделяют два рода познавательной деятельности: а) стимулированную извне непривычной ситуацией, вызывающей ориентировку и б) деятельность, преодолевающую внутреннее сопротивление «защитных факторов» ассимилированного понятия, выражающуюся в осознании проблемной ситуации относительно того, что воспринимается как нечто само собой разумеющееся. «Познавательные процессы первого рода, — пишет Л. В. Шеншев, — тривиальны»<sup>32</sup>, но именно они представляли и продолжают представлять собой объект внимательного экспериментального изучения. Обычно это обосновывается тем, что всякое мышление функционирует только тогда, когда появляется потребность в нем. Предельно полно и четко это положение раскрывает А. В. Брушлинский: «Мысль начинает работать у каждого и любого нормального человека... когда сама жизнь, практика наталкивает его на какие-то трудности, препятствия, выступающие в виде более или менее сложных задач (проблем)»<sup>33</sup>.

Существующие методы не позволяют исследовать интеллектуальную активность: во-первых, и тесты, и проблемные задачи так или иначе стимулируют умственную деятельность, тем самым исключая возможность выявления интеллектуальной инициативы как таковой; во-вторых, необходимость решения предполагает появление и оценочных стимулов; в-третьих, тест или проблемная ситуация создают такие условия, в которых испытуемый, как правило, проявляет столько умственных способностей и знаний, сколько от него требует задача;

---

<sup>32</sup> Л. В. Шеншев. Об одном приеме возбуждения познавательного интереса. — «Новые исследования в педагогических науках», № 138, 1965.

<sup>33</sup> А. В. Брушлинский. Психология мышления и кибернетика. М., 1970.

в-четвертых, одноразовость и кратковременность теста могут вызывать у испытуемого стрессовое состояние и препятствовать отделению результата испытания от влияния побочных факторов данного момента.

Тесты на «чувствительность к проблемам» также не лишены этих недостатков. Таким образом, существующие методы не позволяют судить, какова действительная мера активности интеллекта испытуемого.

Главные принципы и требования к методу исследования и диагностирования интеллектуальной инициативы можно сформулировать соответственно следующим образом: 1) отсутствие внешней и внутренней **оценочной** стимуляции<sup>34</sup>; 2) отсутствие «потолка» в исследовании объекта; 3) длительность эксперимента, достаточную для того, чтобы у испытуемого было время развернуть инициативу (а оно у всех равное). Эти требования могут быть воплощены в разном материале, в разных методиках, но лишь реализация всех этих принципов в их совокупности образует новый метод<sup>35</sup>.

Для осуществления этого метода потребовалось решить еще одну методическую задачу, так как изложенные принципы не могут быть реализованы в обычной для психологического эксперимента ситуации заданной деятельности, когда перед испытуемым ставится цель, а внешняя оценка работы и его собственная самооценка отражают лишь успешность выполнения задания. Более адекватным проявлению интеллектуальной инициативы был бы эксперимент прожективного типа, но с заложенной в метод матрицей качественной дифференцировки и количественного шкалирования моделируемого свойства.

Противоречие между заданной в эксперименте деятельностью и необходимостью исключить требование как фактор, не позволяющий выявить интеллектуальную инициативу в чистом виде, снимается путем конструирования «двухслойной» экспериментальной ситуации;

---

<sup>34</sup> Это ни в коей мере не противоречит фундаментальному положению о внешней объективной детерминированности психики: мы имеем в виду, во-первых, отсутствие внешних требований и побуждений в конкретной ситуации; во-вторых, такую новую деятельность, при которой у испытуемого нет иных критериев для самооценки, кроме верного ответа и быстроты решения.

<sup>35</sup> Д. Б. Богоявленская. Метод исследования интеллектуальной активности. — «Вопросы психологии», 1971, № 1.

первый слой — поверхностный — это новая, но доступная для каждого заданная деятельность (ряд несложных однотипных задач), позволяющая личности проявлять себя достаточно полно по всем своим интеллектуальным и неинтеллектуальным характеристикам (скорость и обобщенность решения, реакция на «успех—неуспех» и т. д.); второй — глубинный слой, замаскированный «внешним» слоем и не очевидный для испытуемого; это — скрытая возможность превращения ситуации из объекта заданной деятельности в объект анализа, теоретического обобщения, превращение ситуации из предметов умственного действия в предмет познавательной деятельности. Необходимость успешного выполнения заданной деятельности не стимулирует перехода во второй слой. Причину такого качественного скачка мы видим в интеллектуальной инициативе субъекта.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили нам выделить три качественных уровня интеллектуальной активности, которые условно обозначены как стимульно-продуктивный («репродуктивный»), «эвристический», «креативный». Если при самой добросовестной и энергичной работе испытуемый остается в рамках первоначально найденного способа действия, мы относим его интеллектуальную активность к стимульно-продуктивному, или, как мы его еще называем, пассивному уровню. Мы вводим второе определение («репродуктивный»), чтобы подчеркнуть не отсутствие умственной деятельности вообще, а то, что эта деятельность каждый раз определяется каким-то внешним стимулом. Репродуктивный уровень — это не состояние бездеятельности, не стремление избежать умственного напряжения. Это — пассивное, безинициативное принятие в своей деятельности того, что задано человеку извне. У одних сама новая деятельность вызывает интерес и доставляет удовольствие, которое (при отсутствии утомления) не иссякает на протяжении всего эксперимента. У других она вызывает бурный интерес, пока она нова и сложна. Но как только они овладевают этой деятельностью и она становится для них монотонной, интерес к ней иссякает, и интеллектуальную деятельность их уже ничто не стимулирует.

Отсутствие внутреннего источника стимуляции — познавательного интереса — и позволяет нам говорить о единой качественной определенности рассматриваемо-

го уровня интеллектуальной активности, главным показателем которого является внешняя стимулированность мыслительной деятельности, отсутствие интеллектуальной инициативы.

Второй уровень — эвристический. Испытуемых этого уровня отличает проявление в той или иной степени интеллектуальной инициативы, не стимулированной ни внешними факторами, ни субъективной оценкой неудовлетворенности результатов деятельности. При отнесении к эвристическому уровню для нас важен не только и даже не столько продукт (та или иная эвристика), а тот процесс, который к нему ведет. Имея достаточно надежный способ работы, испытуемый продолжает анализировать состав, структуру своей деятельности, сопоставляет между собой отдельные задачи, что приводит к открытию новых, более остроумных и оригинальных способов решения. Каждая новая закономерность оценивается и переживается самим эвристом как открытие, творческая находка. В то же время она оценивается только с точки зрения «усовершенствования» и решения «своим способом» поставленных ему задач. Отсюда — предел интеллектуальной активности эвриста.

Высший уровень интеллектуальной активности — креативный, при котором обнаруженная испытуемым эмпирическая закономерность становится для него не эвристикой, формальным приемом, а самостоятельной проблемой, ради которой он готов прекратить предложенную ему в эксперименте деятельность.

Испытуемые-креативы нередко просят позволить подумать над «мистикой» новой закономерности и не давать им больше задач. Перед ними теперь (по их убеждению) — их собственная проблема, и решение ее для них более важно, чем успех в эксперименте. Опыты показали, что постановка проблемы, ее формулирование — мучительный процесс. Испытуемый обрекает себя на это «мученичество» добровольно (это, конечно, частный случай постановки проблем, которому в истории науки соответствует опережение своего времени выдающимися учеными). Самостоятельная, не стимулированная извне постановка проблемы — качественная особенность интеллектуальной инициативы таких испытуемых. Отсюда и качественная определенность высшего уровня интеллектуальной активности, обозначенного нами как креативный (от латинского «сгеаге» — творить, созда-

вать<sup>36</sup>. Мы используем этот термин, а не общепринятый термин «творческий» потому, что последним обозначается и процесс мышления, и литературная, артистическая, художественная деятельность. Кроме того, у нас нет никаких оснований отказывать эвристам в признании их интеллектуального творчества. Вместе с тем при сопоставлении эвристического и креативного уровней налицо два принципиально разных уровня интеллектуального творчества, соответствующих двум качественно различным уровням интеллектуальной активности, которым, в свою очередь, соответствуют и два типа мышления — эмпирическое и теоретическое). Именно этот высший уровень, характеризующийся углубленным проникновением в объект, и объясняет возможность предсказания человеком качественного изменения тенденций развития исследуемого им объекта и рассматривается нами как психологический механизм «прогностической способности», объясняющий, как и почему человек вскрывает глубинные слои «повседневной» деятельности, обнаруживает новые закономерности и, опираясь на них, обоснованно предсказывает качественные скачки в развитии прогнозируемого явления, скачки, прерывающие постепенность линейного роста. При таком продвижении в глубь сущего и через него в будущее происходит, как следствие, ломка сложившихся представлений, концептуальных моделей, сковывающих «фантазию» других, может быть, не менее компетентных людей. Следовательно, прогностическая способность не мистика, а реальность.

Утверждение креативного уровня интеллектуальной активности в качестве механизма, главной «пружины» прогностической способности не отрицает прогностической ценности двух первых уровней; репродуктивный уровень, например, при достаточной квалификации и добросовестности обеспечивает такую важную сторону экспертного прогнозирования, как полнота и надежность информационной базы. Таким образом, проблема управления качеством исходной для ЭВМ экспертной инфор-

<sup>36</sup> Этот глагол и соответствующие отглагольные существительные вошли во многие европейские языки (английский, французский, испанский, итальянский и др.). Подбор терминов «креативный» и «эвристический» обусловлен различным значением латинского и греческого корней. Последний — «эврика» (я нашел!) имеет оттенок неожиданности, который отличает, как правило, эмпирическое нахождение новой закономерности.

мации решается в первую очередь путем психологического диагностирования уровней интеллектуальной активности участников прогностической группы и правильного функционального их использования.

Анализ выполненных экспериментальных исследований позволяет сформулировать следующие практические рекомендации:

1. Ядром прогностического коллектива должны быть люди, которые наряду с компетентностью обладают высшим — креативным уровнем интеллектуальной активности; последний является показателем ярко выраженной прогностической способности. Креативный уровень обеспечивает комплекс моральных качеств, необходимых эксперту, — интеллектуальную независимость, убежденность и последовательность в отстаивании своей точки зрения путем анализа и глубокого теоретического ее обоснования, отсутствие конформности, своекорыстных мотивов, которые не смог преодолеть метод «Дельфи».

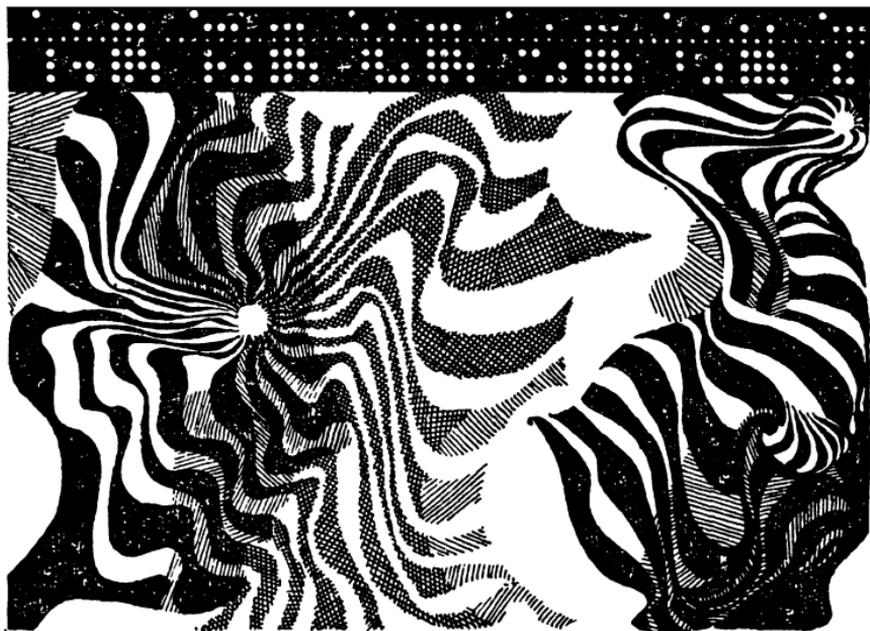
2. При учитывании квалификации, добросовестности и т. п. лица, у которых отсутствует прогностическая способность (стимульно-продуктивный уровень), могут успешно использоваться в прогностическом коллективе, обеспечивая при сборе и обработке исходных и промежуточных данных полноту и надежность информации.

3. Метод работы прогностической группы должен предусматривать последовательное включение экспертов с различным уровнем интеллектуальной активности в строго заданном порядке: 1) сбор и переработка информации — стимульно-продуктивный уровень; 2) проработка первичных количественных оценок и качественных моделей развития прогнозируемого объекта — эвристический уровень; 3) работа с обобщенным материалом и выявление возможных качественных изменений в будущем — креативный уровень; 4) проработка выводов третьего этапа с привлечением необходимой дополнительной информации — стимульно-продуктивный уровень.

Использование этих рекомендаций в практике организации работы прогностической группы в одном из институтов АН СССР уже дало, по свидетельству ее руководителя, положительные результаты. Можно думать, что эта система даст еще больший эффект во вновь создаваемых прогностических группах, которые с самого начала формировались бы с учетом рассмотренных выше психологических требований.

## Литература

1. Богоявленская Д. Б. Об одном из подходов к исследованию интеллектуального творчества. «Вопросы психологии», 1976, № 4.
2. Богоявленская Д. Б. О валидности метода «креативного поля». — В кн.: Проблемы психологической диагностики, Таллин, 1977.
3. Богоявленская Д. Б., Гинсбург М. Р. К вопросу о личностных аспектах творческого мышления. — «Советская педагогика», 1977, № 1.
4. Богоявленская Д. Б. О путях к творчеству. — «Наука и жизнь», 1977, № 2.
5. Кузнецов Б. Г. Философия оптимизма. М., «Наука», 1972.
6. Эделинг Г. Прогнозирование и социализм. М., «Прогресс», 1970.
7. Проблемы планирования и прогнозирования. Сборник. М., «Наука», 1974.
8. Osborn O. F Your Creative Power. 1948, N. Y. Scribner.
10. Helmer O., Social Technology 1966, N. Y. Basic Books.



А. В. Чернавский,  
доктор физико-математических наук

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ В ПСИХОЛОГИИ И ЭКОНОМИКЕ

Математические применения, о которых пойдет речь в этой статье, находятся в рамках нового подхода к описанию, прежде всего качественному, разнообразных явлений физических, биологических, социальных и прочих, который был развит в последние два десятилетия рядом математиков и получил название «теория катастроф». Цель статьи — дать сначала более или менее популярный обзор математических идей, стоящих за этим подходом, и затем рассказать о нескольких работах, в которых были сделаны первые шаги на пути применения этого подхода в области психологии и экономики. Разумеется, дело специалистов дать окончательную оценку и найти этим методам надлежащее место в своей науке. Однако следует иметь в виду, что за этими методами

стоит много тонкой и нетрадиционной математики, и окончательное суждение может быть внесено только после длительных и благожелательных контактов специалистов с математиками.

Общая теория этого подхода, в сущности, совпадает с классической теорией бифуркаций динамических систем. Однако придумавший новое название французский математик Рене Том [2] на основе фундаментальных идей Х. Уитни [1] высказал ряд новых соображений, которые привели к существенному математическому развитию (Б. Мальгранж, Дж. Мезер, В. И. Арнольд) [3], и начал систематический анализ возможностей приложения этих идей в традиционно далеких от математики областях, главным образом в биологии. Наиболее развилась часть теории катастроф, называемая элементарной. В ее приложении (более прозрачном, чем общая идеология Р. Тома) большую роль играет английский тополог Э. Зиман, о работах которого мы будем рассказывать.

Математическую схему, в которую укладываются применения теории катастроф, можно представить следующим образом. Рассматривается динамическая система, то есть система обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенная относительно производных, правые части которой зависят от параметров:

$$\dot{x}_i = f_i(x_1, \dots, x_n; u_1, \dots, u_k).$$

Фазовый портрет системы (то есть картина расположения интегральных кривых в пространстве  $Ox_1, \dots, x_n$ , называемом фазовой плоскостью) меняется при изменении параметров  $u_j$ . При этом возможен более простой случай, когда область изменения параметров в пространстве  $Ou_1, \dots, u_k$  можно разбить гиперповерхностями на ряд областей в конечном числе, так что в пределах каждой области картина качественно остается одной и той же, а при переходах через разделяющие гиперповерхности меняется скачками. (Слова «качественно одинаковые» имеют точный математический смысл, означающий, что имеется взаимно однозначное того или иного типа преобразование фазовой плоскости, переводящее одну картину в другую.) Принимается, что для параметров в пределах каждой области форма явления, описываемого системой, остается постоянной и резко меняется при переходах из одной области в другую. Эти резкие пере-

ходы можно назвать «сменой фаз». Область параметров, разделенная указанными гиперповерхностями, называется бифуркационной диаграммой. Вместе с качественным описанием системы в каждой ячейке и изменений при переходе из одной ячейки в соседние она дает требуемое описание явления.

На самом деле встречается (и является наиболее интересным) случай, когда резкий скачок при переходе через границу между фазами в зависимости от предыстории (конкретной траектории) происходит или не происходит. Разумеется, возможны случаи как в математике, так и в реальности, когда существенные изменения происходят непрерывно. Однако к описанному простому случаю относится важный частный случай так называемых градиентных динамических систем. Этот частный случай, к более подробному описанию которого мы переходим, и составляет элементарную теорию катастроф.

В дальнейших наших рассуждениях будем предполагать, что движение в фазовой плоскости совершается по градиентным линиям некоторой функции против градиента, то есть к минимуму. В векторной форме это записывается так:  $\dot{\vec{x}} = -\text{grad}_{\vec{x}} F(\vec{x}, \vec{u})$ .

Будем также считать, что это движение быстрое (точка быстрее по сравнению с изменениями параметров достигает минимума или седловой точки и останавливается там). Тогда для каждого значения параметра нам важно отметить в фазовой плоскости точки минимума функции  $F(\vec{x}, \vec{u})$ . Отметим все стационарные точки (минимумы, максимумы, седла и вырожденные особые точки) и заметим, что в типичном случае их конечное число. Главное для нас состоит в том, чтобы проследить за характером их изменения при изменении параметров. Вообще говоря, они меняются непрерывно, но в отдельные моменты могут исчезать или появляться, причем, как правило, парами. Отмечая соответствующие значения параметров, мы и вычертим в области  $O\vec{u}$  бифуркационную диаграмму. Слова «вообще говоря» и «как правило» расшифровываются математически так: точки, вблизи которых стационарные точки функции  $F$  меняются непрерывно и число их не меняется, образуют в пространстве параметров ряд областей — «фаз»; поверхность, разделяющая две такие области, составлена из точек, где при переходе через нее из одной области в

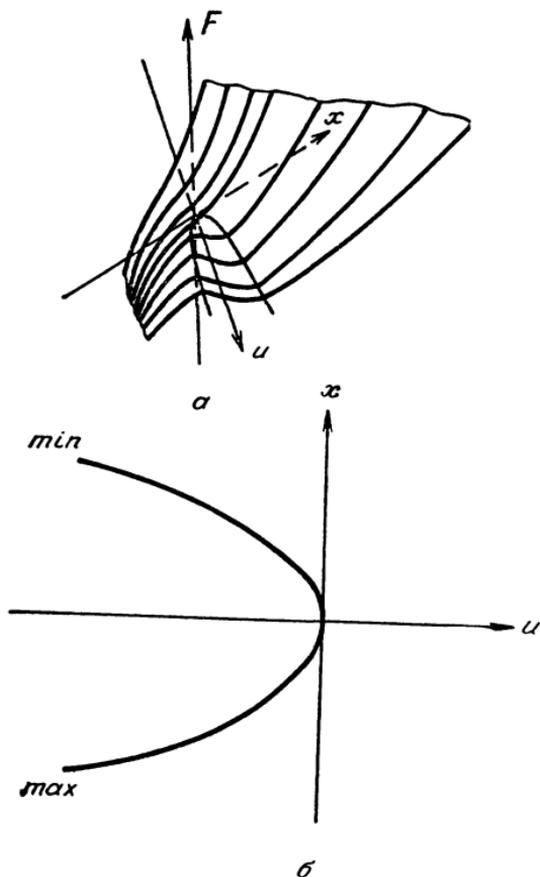


Рис. 13

другую исчезает или появляется одна пара стационарных точек, которые при этом сливаются над самой поверхностью. Наконец, точки, где происходит слияние большего количества стационарных точек, образуют множество меньшей размерности, по которому сливаются разделяющие гиперповерхности. Важно заметить, что над каждой ячейкой бифуркационной диаграммы лежит определенное число стационарных точек, которые при непрерывном изменении параметра описывают соответствующее число листов поверхности, пара из которых

склеивается над каждой граничной поверхностью ячейки, а остальные переходят через нее в листы такой же поверхности над соседней ячейкой (или, наоборот, все листы переходят через границу и появляются два новых).

Простейший случай показан на рис. 13, где в качестве функции  $F$  взята функция  $x^3 + ux$ ; пространства  $O\vec{x}$  и  $O\vec{u}$  одномерны; ниже показана упомянутая поверхность (это парабола  $3x^2 = -u$ ), состоящая из двух листов для отрицательных значений  $u$  и исчезающая для положительных. Таким образом, имеются две ячейки, разделенные нулем.

В типичном случае разложение Тейлора функции  $F$  по переменным  $x$  в стационарных точках начинается с невырожденной квадратичной формы (положительно определенной в интересующих нас случаях минимума). В точках, лежащих над пограничными точками, разло-

жение начинается либо с вырожденной квадратичной формы, либо со степеней, больших двух. В приведенном нами простейшем случае только в нуле разложение начинается (и кончается) членом  $x^3$ . В остальных точках

$$\text{разложение в критических точках} \quad x_{1,2} = \mp \sqrt{-\frac{u}{3}}$$

начинается квадратичного члена  $\mp \sqrt[3]{-\frac{u}{3}} x^2$  (проверьте!) Рассмотрим теперь поведение динамической системы, отвечающей этому простейшему случаю. Считая, что параметр медленно (по сравнению с  $x$ ) меняется от  $-1$  до  $+1$ , мы получим, что представляющая точка будет скользить по верхней ветви параболы (нижняя отвечает точкам максимума) и в момент перехода через нуль «сорвется» и уйдет в минус бесконечность. Чтобы продемонстрировать реальность этой картины, рассмотрим следующую модель, предложенную Т. Портосом (рис. 14).

Пусть на невесомом диске укреплен груз  $G$  на расстоянии  $r$  от центра. Сам диск катится вертикально по наклонной плоскости. Имеется два положения равновесия (над точкой касания), одно из которых устойчиво, а другое нет. Функция  $F$  в данном случае есть потенциальная энергия земного притяжения к Земле, роль параметра  $u$  играет  $r - R \sin \alpha$ , где  $R$  — радиус диска, а  $\alpha$  — угол наклонной плоскости к горизонту. При  $r = R \sin \alpha$  оба положения равновесия совпадают, и при дальнейшем уменьшении  $u$  они исчезают и диск катится вниз.

Важный момент нашей математической схемы состоит в том, что в целом ряде случаев (к ним принадлежит элементарная теория катастроф) для переходных форм можно указать необходимое число параметров, которое оказывается конечным, чтобы описать все типичные перестройки системы, совершающиеся устойчиво при малом изменении параметров. Устойчивость означает, что малое возмущение самой перестройки не меняет ее характера. Чтобы понять это утверждение, рассмотрим бифуркационную диаграмму некоторого устойчивого явления. Ясно, что для того, чтобы описать поведение системы вблизи точки, лежащей на границе двух ячеек, достаточно потратить один параметр, а именно: достаточно проследить за поведением системы вдоль кривой, идущей из одной ячейки в другую через нашу точку. Если же мы возьмем точку, лежащую на стыке нескольких граничных поверхностей, то почти для всех таких

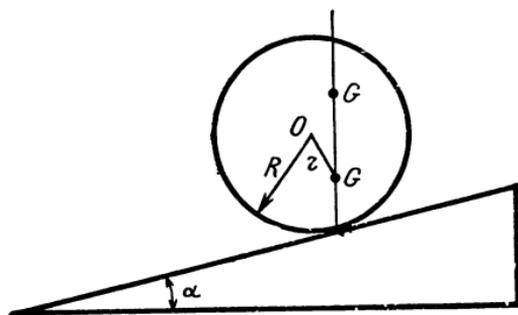


Рис. 14

точек потребуются два параметра (нужно рассмотреть кусок двумерной поверхности, пересекающей в данной точке многообразие стыка, которое, например, в трехмерном пространстве будет кривой, а вообще будет на две

размерности меньше, чем все пространство). Затем останется некоторое меньшее множество, для точек которого потребуются три параметра, и т. д. Конечно, если функция  $F$  имеет при данном значении параметра такую же

особенность, как, например,  $e^{-\frac{1}{x^2}}$ , т. е. если все ее

производные в данной точке  $\vec{x}_0$  равны нулю, то никаким конечным числом параметров нельзя охватить все возможные качественные изменения (в смысле числа стационарных точек), которые могут произойти при сколь угодно малом возмущении этой функции (с учетом малости и ее производных). Однако строго обосновывается утверждение, что таких функций и особенностей пренебрежимо мало.

Усложнение приведенного простейшего примера может состоять, очевидно, во-первых, в увеличении числа внутренних переменных  $x$ , во-вторых, в увеличении степени  $F$ , если для начала рассматривать лишь функции  $F$ , выражаемые многочленами. Число необходимых внешних параметров  $u$ , как сказано, определяется типом рассматриваемых особенностей. Что касается числа переменных  $x$ , то, к счастью, оно оказывается не очень существенным. Если мы согласимся рассматривать только те особенности, для которых требуется небольшое число параметров для описания вида всех возможных перестроек, то окажется, что имеется только конечное число многочленов, к которым заменой переменной можно привести существенную часть функции. Точнее говоря, заменой можно привести функцию к многочлену от некоторых из переменных, начинающемуся со степеней, больших двух, и к невырожденной квадратичной форме от осталь-

ных переменных (такие квадратичные формы сами по себе не могут привести к исчезанию и рождению стационарных точек и, следовательно, к скачкам в поведении). Следующий список имеет фундаментальное значение: в нем приведены все многочлены, встречающиеся, если число параметров не больше четырех (напоминаем, что «встречающееся» означает «встречающееся и неустранимое малым возмущением»):

| Число параметров | Особенность              | Универсальная деформация   | Название особенности     |
|------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| 1                | $x^3$                    | $x^3 + ux$   | Складка                  |
| 2                | $\pm x^4$                | $\pm (x^4 + u_1x^2 + u_2x)$                                      | Сборка Уитни             |
| 3                | $\pm x^5$                | $x^5 + u_1x^3 + u_2x^2 + u_3x$                                   | Ласточкин хвост          |
| 3                | $x_1x_2^2 - x_2^3$       | $x_1x_2^2 - x_2^3 + u_1x_1^2 + u_2x_1 + u_3x_2$                  | Эллиптическая омбилика   |
| 3                | $x_1^2x_2 + x_2^3$       | $x_1^2x_2 + x_2^3 + u_1x_1^2 + u_2x_2 + u_3x_3$                  | Гиперболическая омбилика |
| 4                | $\pm x^6$                | $\pm (x^6 + u_1x^4 + u_2x^3 + u_3x^2 + u_4x)$                    | Бабочка                  |
| 4                | $\pm (x_1^2x_2 + x_2^4)$ | $\pm (x_1^2x_2 + x_2^4 + u_1x_2^2 + u_2x_1^2 + u_3x_1 + u_1x_2)$ | Параболическая омбилика  |

Среди всех этих особенностей наибольший интерес представляет сборка Уитни. Открывший ее американский тополог Хасслер Уитни первый начал систематическое исследование возможностей классификации особенностей не только (и не столько) функций, а произвольных отображений евклидовых пространств. При изучении отображений плоскости в плоскость он и открыл сборку. Основные разработанные до сих пор модели применения теории катастроф относятся как раз к сборке Уитни, в том числе и все модели, описываемые ниже.

Отметим, что, увеличивая число параметров, мы будем встречаться со все большим числом неустранимых особенностей. Полная классификация проведена до 16 параметров, что, конечно, далеко превосходит необходимое для практических применений в настоящее время.

Опишем теперь подробнее сборку Уитни. Для полного ее описания требуется 4 оси: одна для  $x$ , две для  $u$  и еще одна для значений функции. Заметим теперь, что вид самой функции для нас не важен, нам важно расположение ее критических точек. Это позволяет устранить четвертую ось и делает возможным достаточно полное описание картины на чертеже. Итак, введем три оси и для каждого значения двух параметров  $u$  отметим на первой (вертикальной) оси положение стационарных точек. Если это проделать для всех значений параметров, то стационарные точки опишут поверхность, расположенную над плоскостью параметра. Эта поверхность и будет иметь для нас основное значение. Для ее изображения мы можем воспользоваться рисунком 13, а, так как ее уравнение  $f'=0$ , т. е.  $4x^3+2u_2x+u_2=0$ , что совпадает (с точностью до выбора масштаба и переименования осей) с уравнением  $f=x^3+ux$ . Обратим внимание на те точки поверхности, в которых она имеет вертикальную касательную. В этих точках происходит слияние двух стационарных точек. Следовательно, их проекция даст в плоскости параметров бифуркационную диаграмму. В нашем случае мы получаем кривую с точкой возврата в нуле. Уравнение этой кривой («полукубической параболы»)  $64u_1^3=9u_2^2$ , если считать, что функция задана в точности многочленом из таблицы. Если же нам дана функция, имеющая особенность, вблизи которой ее можно привести заменой переменных к виду, указанному в таблице, то можно только сказать, что ее бифуркационная диаграмма будет кривой с точкой возврата, вблизи которой с точностью до бесконечно малых высшего порядка она имеет указанного вида уравнение (точнее, уравнение  $u_1^3=ku_2^2$ , где коэффициент  $k$  указывает степень раскрытия «клюва»). Над областью внутри «клюва» лежат три листа, которые парами исчезают при переходе во внешнюю область, над которой лежит один лист. Отметьте, что с разных сторон сходятся разные пары.

Теперь обратимся к самой бифуркационной диаграмме (рис. 15). Отметим две точки  $A$  и  $B$  и рассмотрим два пути от  $A$  к  $B$ . Если медленно перемещаться по верхнему пути, то не произойдет ничего особенного. Но если идти по нижнему, то в точке  $D$  на дальней от  $A$  стороне «клюва» произойдет перескок с одного листа на другой (так как первый просто исчезает). Чтобы яснее представить себе, как это происходит, проследим за изменением

графиков функции  $F$  вдоль этого пути (рис. 16). Точкой на каждом графике отмечено положение, вблизи которого в данный момент находится точка, представляющая состояние системы. Обратим внимание также на следующее явление: если вернуться от  $B$  к  $A$  по нижнему пути, то перескок произойдет в точке  $C$  на ближней к  $A$  стороне.

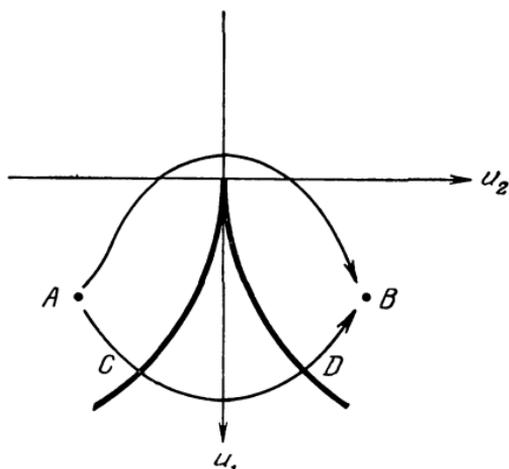


Рис. 15

Допустим теперь, что управляющие параметры сами подчиняются динамике, связывающей их обратной связью с  $x$ , как всегда медленной по сравнению с динамикой  $x$ . Естественно рассматривать эту динамику на нашей поверхности стационарных точек, так как роль быстрой динамики по  $x$  как раз и состоит в том, чтобы прижать представляющую точку к этой поверхности, вблизи же этой поверхности градиент функции нулевой, и поэтому роль этой динамики ничтожна. Рассмотрим два интересных случая, которые мы изобразим в проекции на плоскость *Ouv*.

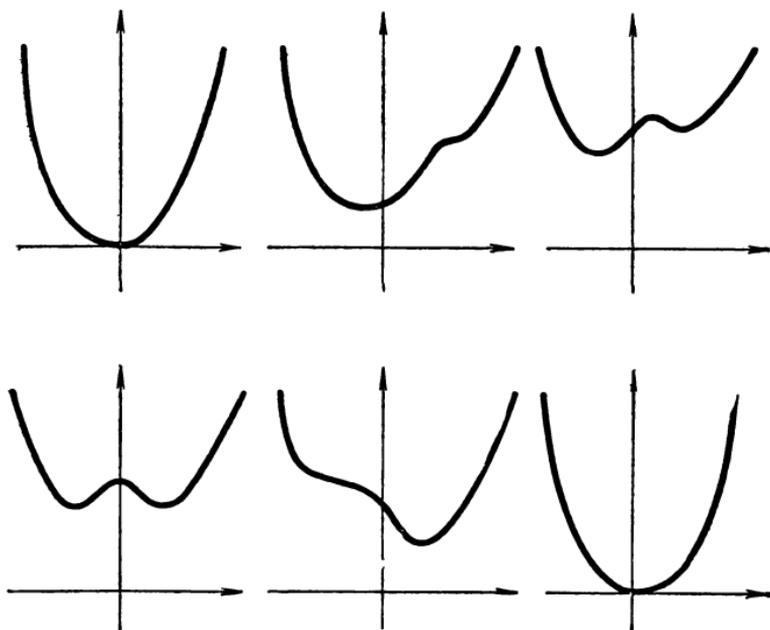
1 (рис. 17, а). В этом случае точка, лежащая внутри «клюва», не может выбраться из него. Ее путь будет состоять из последовательных приближений к сторонам «клюва» и отражения от них (в эти моменты на поверхности происходит перескок с одного листа минимумов на другой). В конце концов точка пройдет вершину «клюва», и если в этой точке, как на нашем чертеже, есть составляющая, направленная во внешнюю часть плоскости, то она выйдет из «клюва» в эту «спокойную» часть плоскости.

2 (рис. 17, б). В этом случае точка также не выйдет из «клюва», но она будет удаляться от его вершины.

Переходим к изложению трех работ Э. Зимана.

В первом исследовании, проведенном им совместно с группой социальных психологов, был проанализирован годовой отчет одной из тюрем [4]. В качестве внутрен-

ней переменной  $x$  была выбрана степень (по определенной шкале) серьезности происшедших за данную неделю инцидентов. После длительного анализа, в проведении которого участвовал специалист-статистик, были выделены два значимых фактора: напряженность, измеряемая количеством заболевших, количеством отданных распоряжений и количеством посещений начальства, и отчужденность, измеряемая количеством наказаний и изоляций. В итоге получилась следующая картина. На 13-й неделе произошла голодная забастовка, после которой были приняты жесткие меры, в результате чего динамика только ухудшалась до бунта на 47-й неделе. После этого были проведены реформы. Интересно, что динамика близка к приведенному выше второму примеру. Последовательные максимумы возрастают. Считая, что они расположены на верхнем листе сборки, можно оценить положение вершины, коэффициент и направление оси «клюва». Он показан пунктиром. Перескоки с листа на лист совершаются раньше, чем точка достигает критической линии, что объясняется «стохастическим шумом». Интересно отметить «затишье перед бурей» на 47-й неделе.



Р и с. 16

Вторая работа Зимана [5] представляет собой анализ материалов психологического эксперимента, выяснявшего влияние алкоголя на водителей в зависимости от степени их интровертированности. Каждый водитель должен был два раза управлять тренажером-симулятором, на котором демонстрировался километровый участок дороги, первый раз в нормальном состоянии, а второй — под действием алкоголя. Отмечались ошибки и разница в затраченном времени. Был получен график, в котором по оси абсцисс отложена степень интровертированности (по некоторой шкале), а по оси ординат разница во времени. Зимана заинтересовало расхождение точек, тем более сильное, чем больше степень интровертированности. Психологи дали этому объяснение, состоящее в том, что водители либо снижали скорость, «пытаясь ехать аккуратнее», либо повышали ее, «желая продемонстрировать свое умение ездить быстро». Зиман замечает, что указанному явлению можно дать другое объяснение, предположив, что водители старались ехать со скоростью, которая субъективно кажется им нормальной.

Допустим, что решающий подсознательный механизм работает двухступенчато. Вначале происходит интегрирование информации о скорости (от шума, тряски, мельканий и многого другого), которое приводит к некоторому вероятностному распределению. Вторая ступень состоит в определении моды этого распределения, которая и будет ощущаться субъективно, как истинная скорость.

В нормальном состоянии распределение оказывается одномодальным, и мода близка (для опытного водителя) к истинной скорости автомобиля. Допустим, что алкоголь

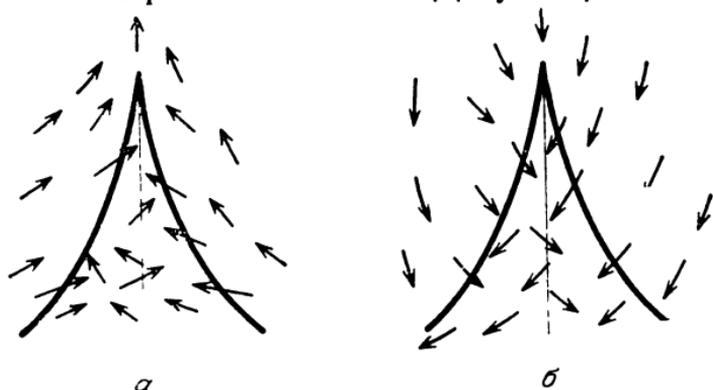


Рис 17

снижает «интегративную емкость системы». Считая, что элементарные «входы» дают оценки типа больше—меньше, мы получим бимодальное распределение, так как естественно предположить, что больше страдают средние, а не крайние оценки. Интроверсия может быть связана как раз с большей хрупкостью нервной системы и, в связи с этим с большим влиянием на ее интегративную емкость.

В итоге мы приходим к типичной для сборки Уитни картине. В качестве внутренней переменной возьмем субъективную оценку скорости. Истинная скорость автомобиля пусть будет первым внешним параметром, который назовем нормальным, так как его увеличение ведет,

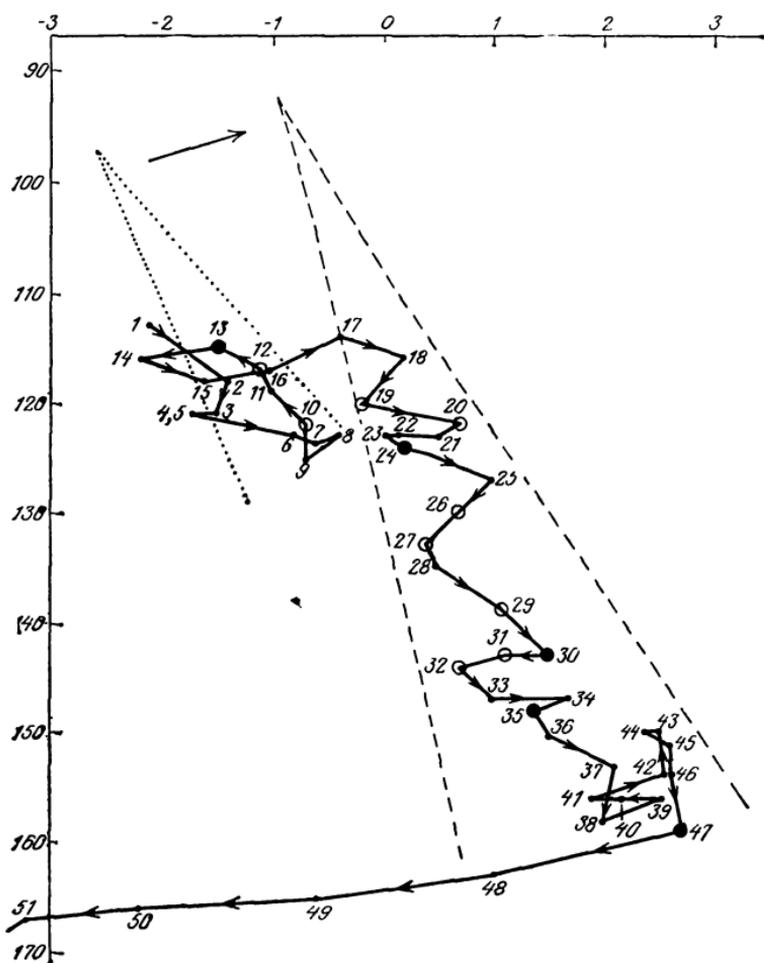
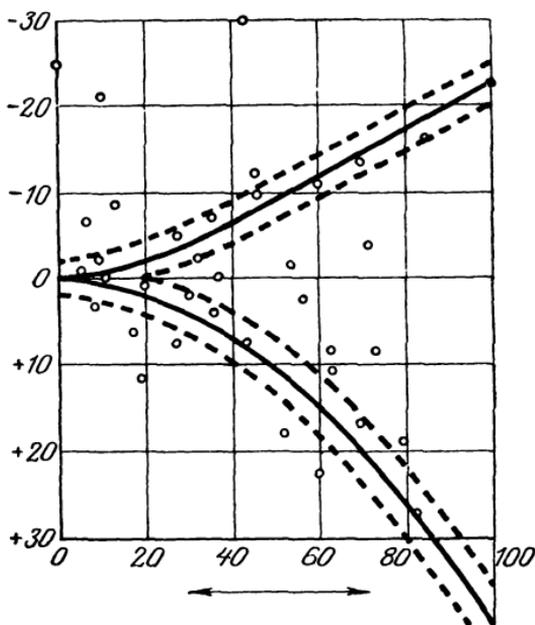


Рис. 18

вообще говоря, к увеличению внутренней переменной (если нет перескоков). За второй параметр возьмем степень интровертированности, назовем его расщепляющим, так как при его увеличении одномодальное распределение заменяется бимодальным. Нас, кстати, сейчас интересуют максимумы, а не минимумы, так что мы должны перевернуть сборку вверх ногами. Рассмотрим сечение сборки при фиксированном значении, достаточно большом, чтобы распределение стало заметно бимодальным. Будем считать, что при малых скоростях, как и при очень больших, субъективная оценка достаточно точна, но при средней скорости, близкой к обычной, водитель вообще не сможет добиться субъективного ощущения, отвечающего ей. Он будет получать то внезапное ощущение слишком большой скорости, то, пытаясь исправиться, внезапно получит ощущение слишком медленной езды. Более привычный к алкоголю водитель будет ехать на грани этого неприятного ощущения перескока, т. е. вблизи одной из сторон полукубической параболы, что и объясняет тот факт, что в 5%-ной окрестности, подобранной по методу наименьших квадратов полукубической параболы, лежит половина всех точек.

Следует заметить, что этот эксперимент был прове-



Р и с. 19

ден независимо от анализа его с точки зрения теории катастроф. В частности, нельзя ожидать, что параметр  $k$  имеет одно и то же значение для всех людей (хотя можно ожидать, что он как-то характеризует отдельного человека). Это замечание показывает, что, хотя теория катастроф имеет своей целью главным образом качественное описание, она может дать и количественные оценки. Следует отметить, что сборка Уитни, по-видимому, достаточно часто присутствует в психологических явлениях. Нам кажется, что некоторое объяснение этому содержится в работе Г. А. Голицына [7], впрочем математически неточной.

Обратимся теперь к анализу явлений в экономике, проведенному Э. Зиманом [6], а именно нестабильного поведения фондовой биржи. Состояние рынка измеряется на фондовой бирже некоторым индексом  $I$ . Однако в качестве внутренней переменной оказывается удобнее выбрать скорость его изменения  $J$ . Тогда  $J=0$  означает устойчивый рынок,  $J>0$  — оживление,  $J<0$  — спад.  $J$  зависит от того, какой политики вкладов придерживаются участники, и, наоборот, известное значение  $J$  влияет на них обратной связью. Э. Зиман принимает следующую основную гипотезу: имеются два основных типа вкладчиков, одни — «фундаменталисты», которые исходят из долгосрочных прогнозов, и другие — «чартисты», которые исходят из текущего состояния рынка. К последним, как правило, относятся спекулянты. Он вводит следующие два параметра  $C$  — равный относительно количеству спекулятивных вкладов на рынке, и  $F$  — равный минимальному требованию фундаменталистов к фондам. (аналогичный параметр для чартистов скорее относится к внутренней механике рынка, чем к внешним параметрам).

Принимая естественно звучащие гипотезы, что  $J$  меняется быстрее, чем  $C$  и  $F$ , и что, когда  $C$  мало,  $J$  непрерывно возрастает вместе с  $F$ , а при большом  $C$  рынок становится нестабильным Зиман выводит, что  $J$  имеет в рассматриваемой области устойчивую особенность, которая (поскольку приняты во внимание два существенных параметра) может быть только особенностью типа сборки Уитни. Принимая дальше гипотезы: скорость  $\dot{C}$  имеет тот же знак, что и  $J$  (т. е. чартисты следуют за трендом),  $\dot{F}>0$  после большого подъема, а также после короткого

падения  $J$  и  $F > 0$ , если  $J$  в течение некоторого времени падал и затем начал выравниваться, Зиман получает динамику, исходя из которой он дает следующее описание качественной картины поведения биржи. Рынок может быть выведен из состояния равновесия

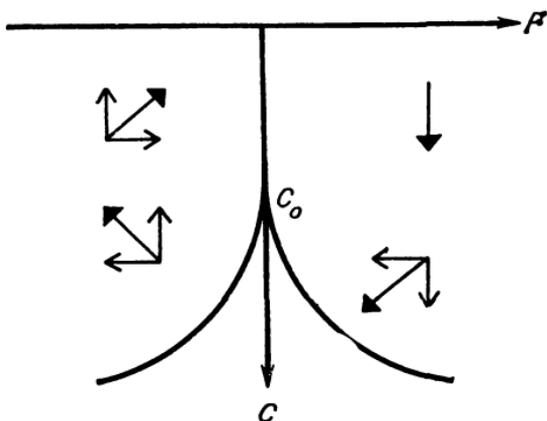


Рис. 20

вкладами, перемещенными из других отраслей, именно благодаря длительному состоянию равновесия. При этом увеличиваются вклады фундаменталистов. Повышающийся индекс привлекает чартистов, но когда их вкладов становится слишком много, фундаменталисты начинают уменьшать свои. В результате точка пересекает критическую кривую, происходит резкий спад, чартисты уходят, и система медленно возвращается в положение равновесия. Если допустить, что эта картина отвечает реальности, она может подсказать ряд практических мер по управлению создающимися ситуациями.

## Литература

1. N. Whitney. Mapping of planes into the planes, *Ann. of Math*, 62, 1955, p. 374—470.
2. R. Thom. *Stabilité structurelle et morphogenèse*. 1972. Benjamin.
3. В. И. Арнольд. Особенности гладких отображений.—«Успехи математических наук», № 23, 1968, с. 3—44.
4. E. C. Zeeman and oths, A model for institutional disturbances, *British J. of Math and Statist. Psychology*, v. 29, 1976, p. 66—80.
5. E. C. Zeeman. Conflicting judgements caused by stress, *British J. of Math. and Statist Psychology*, v. 29, 1976, p. 19—31.
6. E. C. Zeeman. On the unstable behaviour of stock exchanges, *J. of Math. Economics*, v. 1, 1974, p. 39—49.
7. Г. А. Голицын. Выбор и доминанта. — В сб.: «Проблемы принятия решений». М., «Наука», 1976, с. 309—317.



Н. И. Пожарская

## ЧТО ДАЕТ МАТЕМАТИКА ПСИХОЛОГИИ?

Зрелость любой науки обычно измеряется тем, в какой мере она использует математику. Если принять за аксиому это утверждение, то можно сказать, что современная психология достигла определенной зрелости, поскольку применение в ней математических методов характеризуется в последнее время такой интенсивностью и многоплановостью, которые привели к необходимости создания специальной дисциплины, занимающейся этими вопросами, — математической психологии.

Становление и развитие исследований данного направления, возникших на стыке двух столь различных по своей сути наук, имеют ряд существенных особенностей.

Начнем с того, что математика никогда не являлась эмпирической наукой, в то время как психология, напротив, долгое время считалась именно эмпирической, хотя, по существу, тоже не является таковой, но совсем по другим причинам, нежели математика. Попробуем разобраться в этих причинах.

Психология как самостоятельная научная дисциплина не такая уж древняя, хотя основной объект ее исследований—человек—занимает философскую мысль с тех пор, как человечество научилось мыслить. Однако потребовались столетия труда многих ученых, чтобы появились первые психологические исследования.

Со времен Вольфа (XVIII в.) психологию стали называть эмпирической, не являлась же она таковой, потому что основным методом ее исследований, как отмечает в своей книге «Статистический метод в психологии и педологии» Б. В. Беляев-Башкиров, оставался интроспективный метод (т. е. самонаблюдение), при помощи которого, конечно, нельзя было производить никаких точных измерений. Но если в XVIII в. Кант утверждал, что психология никогда не сможет сделаться точной наукой, поскольку измерения в ней невозможны то уже в начале XIX в. невозможное становится возможным, во всяком случае именно к этому времени относятся работы немецкого философа, психолога и педагога Иоганна Гербарта, который в 1822 г. впервые выступил в Берлине с докладом «О возможности и необходимости применять математику в психологии».

Важнейшей вехой в дальнейшем развитии психологии явились работы Вебера и Фехнера, которые, изучая ощущения человека, впервые применили в своих исследованиях экспериментальный метод.

XX столетие внесло во «взаимоотношение» психологии и математики несколько неожиданных особенностей. Так, если в начале века некоторые аспекты этого вопроса широко обсуждаются различными учеными, в числе которых можно назвать А. Пуанкаре, И. П. Павлова, А. Эйнштейна и других, то в 30—40-е годы они уже не вызывают столь острого интереса. Об этом можно судить хотя бы по тому, что в психологических исследованиях данного периода количественным методам уделяется весьма незначительное внимание, формализации психологических явлений предпочитают качественные описания и т. д. Однако проходит буквально несколько лет, и интерес к использованию математики в психологии вспыхивает с новой, небывалой силой. Причиной тому было зарождение и бурное развитие ряда технических наук, и в первую очередь кибернетики. Последняя способствовала стремительному совершенствованию многих математических методов, которые, в связи с новыми задача-

ми, возникшими в психологии, могли быть использованы в ней гораздо эффективнее, чем прежде. Но главной отличительной чертой взаимодействия психологии и математики этого периода явилось обращение математики к психологии. Столь неожиданный поворот объясняется тем, что в середине XX в. в связи с развитием электронно-вычислительной техники и достижением в области психологии, неврологии и физиологии появилась реальная возможность поставить проблему «усовершенствования» мыслительных процессов.

Как отмечают авторы работ, посвященных данному вопросу, в поисках построения вычислительных машин, которые должны моделировать некоторые виды умственной деятельности, их создатели обратились к двум основным принципам психологии и физиологии высшей нервной деятельности — к ассоциациям и рефлексу. Так, основатель кибернетики Н. Винер, желая построить схему разумной деятельности, обращается к концепции Локка о механизме ассоциаций и учению И. П. Павлова об условных рефлексах. Все это довольно убедительно характеризует одну из общих закономерностей современного научного знания, заключающуюся в том, что многие проблемы и подходы к их решению часто возникают на стыке различных наук.

Говоря в этом плане о взаимодействии психологии и математики, можно привести и еще один пример, характеризующий двустороннюю связь между этими науками. Благодаря огромной структурной и функциональной сложности, отмечает автор книги «Основы математической статистики для психологов» Г. В. Суходольский, психические, социальные, педагогические явления издавна служили развитию самой математической статистики; достаточно упомянуть Ф. Гальтона, развившего первоначальные идеи корреляции и регрессии, Ч. Стермена, создавшего ранговую корреляцию и однофакторный анализ, Л. Терстона, разработавшего мультифакторный анализ.

Таким образом, предположение Н. Винера, который, отмечая связь между физикой и биологией, говорил: «Я предвижу, что не только биологические науки будут сближаться с физикой, но и физика будет ассимилировать некоторые биологические идеи» в какой-то мере справедливо и по отношению к взаимосвязи между психологией и математикой.

Но если до сих пор мы говорили об этой связи с позиций того, что дала психология математике, то теперь рассмотрим, что же дает математика психологии?

Существуют две противоположные точки зрения по вопросу использования математики в психологии. Сторонники одной из них, воспринимая математику как некоторое универсальное средство, видят в математизации психологических знаний единственный путь преодоления тех сложностей, которые лежат на пути исследования различных проблем психологии. Сторонники другой точки зрения, напротив, утверждают, что использование математики, в силу специфики психологических исследований, в принципе невозможно, ибо на практике моделирование и формализация психических явлений превращаются в пустую игру математическими символами.

Необоснованность и той и другой точки зрения очевидна. От математики нельзя требовать больше того, что она может дать, но то, что она действительно может — необходимо использовать в полной мере. Остановимся на одной проблеме, которую без всякого преувеличения можно назвать общим препятствием для более эффективного использования математики во всех без исключения областях психологии. Это — проблема «языка». Дело в том, что применение математических методов для изучения психических явлений, так же как и применение психологических знаний при проектировании сложных систем, требует для своего описания единого терминологического языка. Отсутствие такого языка приводит иногда к довольно плачевным результатам. Вообразите себе двух иностранцев, не знающих русского языка, но вынужденных говорить друг с другом именно по-русски. Абсурд? Однако общение между психологами и математиками выглядит иногда не менее абсурдным. Так, если психологам и удастся сформулировать для математиков корректно смысл поставленной проблемы, то математикам чаще всего не удастся донести до психологов смысл математических результатов.

Парадоксальность данной ситуации заключается в том, что если, как отмечают авторы статьи «Некоторые вопросы применения математики в психологии» Б. Ф. Ломов, В. И. Николаев и В. Ф. Рубахин, важнейшей особенностью математики является фундаментальная значимость в ней «идеальных» понятий (точка, прямая, плоскость, число, величина и т. д.), то сложившиеся в

эмпирической психологии традиционные понятия оказались для такой «идеализации» недостаточно четкими и строго определенными. Поэтому наиболее существенный прогресс в применении математических методов может быть достигнут тогда, когда математики и психологи найдут и четко определяют набор специфических «идеализированных» психологических понятий. Разумеется, введение и уточнение этих понятий, продолжают авторы данной статьи, не разрешают всех вопросов и не превращают психологию в некоторую математическую дисциплину. Подобно тому как широкое использование математики в физике не сделало эту науку «чисто формальной», так и использование математики в психологии не отменяет необходимости в экспериментальных исследованиях, в формировании специфических методов поиска новых научных знаний и их практического использования в педагогике, медицине, технике и т. п. Более того, применение математики требует развития психологических (прежде всего, экспериментально-психологических) исследований, а они, в свою очередь, требуют дополнительной разработки специального прикладного математического аппарата, который удовлетворял бы потребности психологии в такой же степени, в какой он удовлетворяет в настоящее время потребности физики, химии, астрономии и других технических и естественных наук. Таким образом, психологам еще предстоит поставить задачи перед математикой, а математикам еще предстоит развернуть поиск новых направлений и методов, адекватных психологической проблематике.

Однако несмотря на отмеченные трудности, математические методы уже сегодня охватывают довольно широкую сферу психологических исследований. Чтобы убедиться в этом, достаточно назвать три основные формы использования математики в психологии. Первая из них — это статистическая обработка результатов наблюдений, вторая — отыскание уравнений, которые описывают соотношения между переменными, участвующими в эксперименте, и третья — создание и испытание математических моделей.

В специальной литературе, посвященной вопросам математической психологии, каждое из этих направлений нашло широкое отражение в работах как отечественных, так и зарубежных авторов. Так, говоря о первой форме, т. е. статистической обработке результатов на-

блюдений, необходимо еще раз сказать об уже упоминаемой нами книге Г. В. Суходольского «Основы математической статистики для психологов», в которой рассматриваются вопросы, связанные со специальной интерпретацией основных идей, понятий и методов математической статистики для специалистов психологических и смежных с ними дисциплин. Основываясь на системном подходе, естественном для познания психических, социальных, педагогических явлений, Г. В. Суходольский приближает изложение своей книги к задачам психологической теории и везде поясняет свои выводы примерами из конкретных исследований.

В несколько ином плане рассматриваются данные вопросы в книге известных американских ученых Дж. Гласса и Дж. Стэнли «Статистические методы в педагогике и психологии». Лицам, начинающим изучение статистики, советуют авторы данной работы, полезно прежде всего отказаться от широко распространенного представления о статистике и статистиках.

Каковы же эти представления? Распространенное представление о статистике представляет собой, по словам Дж. Гласса и Дж. Стэнли, смесь благоговения с цинизмом, подозрением и презрением. Соответственно этому определяется и отношение к статистикам, которых поместили в нелестную для них компанию лгунов и обвинили в «статистикуляции» — искусстве обмана с помощью статистики, сохраняющего видимость объективности и разумности. Статистика насмешливо сравнивают с человеком, который сидит держа голову в холодильнике, а ноги в печи и говорит: «В среднем я чувствую себя прекрасно».

Стоит ли после столь красноречивых сравнений удивляться тому, что в одном из номеров «Time» за 1967 г. (подчеркиваем, за 1967, а не 1867 г.) автор очерка «Наука и ловушки статистики» приходит к несколько странному заключению: возможно, наступит такое время, когда общество станет меньше разбираться в цифрах, а потому и меньше руководствоваться статистикой.

Учитывая подобные высказывания, Дж. Гласс и Дж. Стэнли пишут о том, что абсурд может найти свое выражение как в словесной, так и в цифровой форме. Но если значение логики является надежной гарантией от некритичного принятия словесного абсурда, то знание статистики представляет собой лучшую защиту от

абсурда цифрового. Первый шаг к замене привычных представлений о статистике на более реальные — это изучение структуры самой дисциплины «статистические методы» и ее исторических предшественниц.

На первоначальное развитие статистических методов, как отмечают далее авторы, оказало влияние их происхождение: у статистики были «мать», которой нужно было представлять регулярные отчеты правительственных подразделений (штат и статистика происходят от одного латинского корня *status*), и «отец» — честный карточный игрок, который полагался на математику, усиливавшую его ловкость — умение брать решающие взятки в азартных играх. От матери ведут свое происхождение отчет, измерение, описание, табулирование, т. е. все то, что привело к современной описательной статистике. От предприимчивого интеллектуала-отца возникла в конечном счете современная теория статистического вывода, непосредственно базирующаяся на теории вероятностей. Недавнее дополнение, называемое планированием экспериментов, опирается в основном на сочетание теории вероятностей с несколько элементарной, но «удивительной» логикой.

Рассмотрим теперь, каким же образом используются эти ветви статистических методов в психологии. Описательная статистика служит инструментом для описания, обобщения или сведения к желаемому виду массивов данных. Теория статистического вывода позволяет вывести свойства больших массивов этих данных путем обследования выборки. Третья ветвь — планирование и анализ экспериментов, разработанная для обнаружения и проверки причинных связей между переменными, имеет для психологических исследований особое значение, поскольку психология больше, чем любая другая наука, имеет дело с причинными связями.

Говоря о планировании эксперимента как о самостоятельном направлении современной статистики, следует сказать, что оно зародилось не сегодня и даже не вчера, Прошло уже более сорока лет с тех пор, как Фишер начал разрабатывать концепцию планирования эксперимента, и более 20 лет с тех пор, как Бокс и Уилсон опубликовали первую работу, посвященную данному направлению.

Использование математических моделей для исследования самого широкого круга психических процессов

(процессов восприятия, памяти, мышления, обучения, игры, наконец, творчества) и обусловило тот факт, что число публикаций, посвященных данному вопросу, достигло к настоящему времени больших размеров.

Из работ зарубежных авторов наибольшую известность приобрела монография известных американских ученых Р. Аткинсона, Г. Бауэра и Э. Кротерса «Введение в математическую теорию обучения», в которой предлагается и подробно обсуждается ряд математических моделей, задачи идентификации понятий, обучение парным ассоциациям, поведение в условиях выбора и другие вопросы.

Применение всех трех основных форм использования математических методов в психологии позволяет математически подойти и к самому главному вопросу современных психологических исследований: построению научной теории, ее количественному описанию, поскольку плохую количественную теорию опровергнуть гораздо легче, чем плохую качественную.

Аналогичное преимущество, как отмечают в своей монографии Р. Аткинсон, Г. Бауэр и Э. Кротерс, дает математическая трактовка и при решении вопроса о выборе между двумя противоположными теориями. Анализ позволяет нам устанавливать, какие предсказания одной теории противоречат предсказаниям другой. Затем ставится эксперимент, показывающий, какие предсказания подтверждаются. Иногда мы убеждаемся в том, что предсказания совершенно различных аксиом неожиданным образом оказываются сходными и даже идентичными. Этот противоречащий интуиции факт может быть выведен дедуктивным путем. Таким образом, применение математики может уберечь нас от проведения экспериментов, которые не способны дать нам нужной информации.

Развивая и далее эту мысль, авторы указанной монографии отмечают, что математический подход помогает теоретику даже тогда, когда его предсказания не подтверждаются, т. е. когда качественная теория оказывается несостоятельной, теоретик подчас не может устоять перед искушением попытаться спасти ее, заявив, что теория в существе своем правильна, но требует внесения лишь незначительных поправок для согласования ее с результатами наблюдений. Другое дело, если эта же самая теория облечена в математическую форму. Теоре-

тику будет гораздо легче установить такой факт, как поможет еще одна уловка устранить возникшие трудности, или же как, не подвергая сомнению всю теорию, можно локализовать источник затруднения, установив, что кроется в той или иной исходной аксиоме.

Проанализировав столь детально указанные преимущества применения математических методов для построения научных теорий, авторы тем не менее вынуждены признать тот факт, что «хорошая математика еще не обеспечивает хорошей психологической теории».

И действительно, в психологии до сих пор существует немало хороших словесных и плохих математических теорий, ибо критерии оценок этих теорий остаются неизменными, в какой бы форме они ни были выражены. То есть если в основе какой-либо теории лежат принципиально неверные положения, то никакая математическая формализация ее не спасет. Лучшим доказательством тому служит тот факт, что в истории психологии имеется ряд примеров, когда та или иная теория, сформулированная на четком математическом языке, не выдерживала испытания при сопоставлении ее с той совокупностью требований, которые предъявляются к любой научной теории — ее возможность объяснять или предсказывать определенные явления, объединять их в одну теоретическую систему.

Рассмотрев, правда, лишь в самых общих чертах, различные аспекты применения математических методов в психологии, постараемся теперь по возможности конкретизировать их применение в некоторых психологических исследованиях.

В этом плане несомненный интерес может представить применение в психологии такой «сугубо математической» теории, каковой является теория игр. По мнению автора статьи Г. Е. Журавлева, данная теория стала одним из фундаментальных средств современной математической психологии. В связи с этим возникает насущная необходимость выяснить роль и место теоретико-игрового описания в общей системе психологического знания и наметить пути его совершенствования. Изучая работы в области математической психологии, отмечает автор данной статьи, можно выделить один общий принцип употребления формальных схем, который мы будем называть принципом наложения. Попытаемся в общих чертах наметить структуру бытия этих формализованных

схем в системе психологического знания и указать особенности функционирования теоретико-игровой схемы в деятельности человека.

Допустим, что мы имеем три объекта или три научные области, в которых мы попытаемся проследить основные принципы их взаимоотношений. Одна из этих областей — психология, а точнее, предмет психологии, т. е. ее особый подход к изучению мира. Вторая — теория игр, как особая теоретическая конструкция со своими понятиями, математическим аппаратом и правилами употребления. И наконец, третья — синтетическая область применения теории игр в психологии. В соответствии с традицией предмет психологии можно определить как изучение активного отражения человеком объективной реальности. Что же касается теории игр, то она изучает следующую схему. Представим себе несколько игроков, каждый из которых обладает возможностью выбора одного из нескольких действий. В результате последовательности выборов и ряда совершенных действий игроки подводят итоги: получают доход или платят штраф. Если задача игроков состоит в поиске наилучших ходов, то задача теории игр — найти принцип отыскания этих ходов.

Применение этой теории в психологии заключается в наложении данной схемы на объективную психологическую действительность. При таком поверхностном подходе создается впечатление, что игра оказывается чем-то чужеродным, посторонним по отношению к человеческой деятельности, а теория игр чужда предмету психологии. Представители этой позиции, усматривая в каждой схеме лишь редукцию, скептически замечают: «Конечно, бытие человека можно изобразить по-разному: и как бытие физического тела и как химический реактор, где протекают реакции синтеза белков, и в сотне иных схем. Но какое это имеет отношение к человеческой психике, к сложному процессу активного отражения!» При этом они забывают, что иногда различные социальные или производственные условия заставляют человека действовать в соответствии с принятой схемой, и тогда, казалось бы, теория игр приобретает особую истинность. Однако сама схема остается столь же чуждой природе человека, как и прежде. Человек может служить противовесом ведру с водой, быть средой для процессов химического превращения веществ, но при этом он остается человеком; на-

вязанные же ему способы поведения превращают его в физическое тело или машину. Если игра, как особая форма отображения деятельности человека, возникла в далекой древности (вспомним археологические раскопки, обнаружившие предметы игры, или историю шахмат и карточных игр, насчитывающих тысячелетия), то первые наброски теории игр появились лишь три столетия назад в работах Бернулли. На современном этапе развития этой теории обнаружился факт чрезвычайной важности: кибернетическая теория, чуждая на первый взгляд психологии, неразрывно связана с человеческой деятельностью, причем не в том тривиальном смысле, что все окружающее человека испытывает влияние его деятельности, а в том фундаментальном смысле, что игровая схема, как особая форма деятельности, отображает в обобщенном виде другие формы деятельности. Именно поэтому игра в теоретическом плане и является составной частью психологии. При этом мы должны, конечно, помнить, что для полного включения в психологическую теорию схема игры должна быть изменена, поскольку в применении к деятельности игра никогда не бывает монофункциональным образованием.

Следует отметить, что теория игр является далеко не единственным примером использования в психологических исследованиях «сугубо математических» средств.

Особенно широкое распространение подобные методы получили в области инженерной и военно-инженерной психологии. Назовем лишь некоторые из них: инженерная психология и синтез отображения информации, математические методы исследования операций, вопросы массового обслуживания и надежности больших систем, моделирование сложных систем и др. Не удивительно, что существующая литература по всем этим вопросам лишь незначительно уступает огромному количеству публикаций, посвященных проблемам математического моделирования.

Не имея возможности охарактеризовать даже в общих чертах основные проблемы инженерной психологии, остановимся лишь на некоторых из них. Например, использование в инженерной психологии имитационных моделей. Имитационное моделирование как метод комплексного исследования эффективности систем «человек—машина», пишут авторы статьи «Имитационное моделирование групповой деятельности оператора», учитываю-

ший одновременно инженерно-психологические требования и технико-экономические характеристики, получило в последнее время широкое распространение. Применение имитационных моделей охватывает все сферы человеческой деятельности, начиная от обслуживания технических устройств и кончая международной политикой. Однако несмотря на такой широкий диапазон применения этих моделей, принципы их построения, границы использования, а также содержание получаемых на их основе результатов до сих пор остаются невыясненными. В связи с этим авторы данной статьи рассматривают «три подхода к постановке задач имитационного моделирования». В инженерно-психологических исследованиях надежности и эффективности систем «человек—машина», отмечают авторы, использование имитационных моделей вызвано тремя практическими потребностями: 1) стремлением охватить единым описанием как человеческие, так и технические компоненты системы; 2) необходимостью представить процессы функционирования системы «человек—машина» в обобщенной форме, позволяющей выделить и изучить подсистемы и связи между ними; 3) желанием освободиться от подробностей описания внутрисистемных процессов. Далее авторы подробно рассматривают и такие вопросы, как место имитационных моделей в общей системе моделей, эволюцию имитационного моделирования, психологическое содержание имитационных моделей и т. д.

Говоря о другой проблеме — проблеме точного теоретического анализа и критериев оценки информационных процессов в психике человека, можно без преувеличения сказать, что она является одной из самых актуальных проблем современной как теоретической, так и инженерной психологии.

Сложное системное, иерархическое строение процессов приема и переработки информации, указывают в своей статье «Некоторые вопросы применения информационных методов в инженерной психологии» Ю. М. Забродин, О. В. Ронжин, В. Ф. Рубахин, предъявляют высокие и специфические требования к методам их теоретического анализа и уровню экспериментального исследования. За последние годы, как отмечают далее авторы, наблюдается сближение математических, кибернетических и психологических методов исследования не только результатов, но и структуры, функционирования и генезиса

информационных процессов, составляющих существенную часть психических процессов человека.

Выделяя три аспекта анализа некоторых процессов приема и переработки информации, авторы прежде всего называют: во-первых, анализ структуры элементов процесса (квазистатический структурный анализ); во-вторых, анализ особенностей процесса в различных реальных и экспериментальных условиях; и в-третьих, анализ происхождения и развития процессов в пределах человеческой жизни (генетический анализ).

Наибольший интерес представляют такие вопросы, как теоретико-информационная модель деятельности оператора, количественные оценки информационной загрузки оператора в системах контроля и управления, а также прогнозирование уровня информационной загрузки оператора в системах с объектами, функционирующими по жесткой временной программе.

Рассмотрим работу «Методы и средства повышения эффективности работы операторов РЛС», которая представляет собой обзор, составленный по материалам зарубежной печати, посвященной вопросам военной инженерной психологии. Широко известна концепция западных военных теоретиков, пишут авторы обзора Ф. И. Рыбаков, В. Н. Макухин и В. Григорьев, заключающаяся в том, что современные войны необходимо рассматривать с позиций взаимодействия системы «человек—машина». В связи с широким внедрением этих систем в военное дело значительно изменился характер деятельности операторов, которые управляют различными специализированными частями данной системы. Прием и переработка информации, программирование действий, принятие решений и контроль за их выполнением — вот те доминирующие особенности в деятельности оператора.

Естественно, что это обусловило самое широкое применение методов и рекомендаций военно-инженерной психологии и при подготовке операторов, и при создании качественно новых видов военной техники, и при решении задач, связанных с комплексной автоматизацией управления войсками. Все это привело к тому, что в военно-инженерной психологии в последнее время определилось несколько новых направлений развития, важнейшими из которых можно назвать следующие: эксплуатационное, кибернетическое (или системотехни-

ческое), психофизиологическое и инженерно-педагогическое.

В области совершенствования средств обучения операторов РЛС также происходят радикальные изменения, связанные с применением ЭВМ, которые предоставляют огромные возможности для использования достижений в области теории и практики обучения. В связи с этим специалисты, работающие в области военно-инженерной психологии, придают огромное значение исследованиям теоретической психологии, связанным с разработками теории обучения, моделирования обучаемого, а также изучению взаимодействия обучающего с обучаемым.

Указанные факторы повлияли и на сферу использования математических методов в военно-инженерной психологии.

Рассмотрев, по возможности, с одной стороны, различные формы использования математики в психологии, а с другой — различные области психологии, в которых эти методы так или иначе нашли применение, можно подвести теперь общие итоги. Использование математических методов, а затем и электронно-вычислительных машин позволило психологу с несравнимо большей точностью анализировать и экспериментальные данные и теоретические допущения.

Так, говоря об обработке результатов эксперимента, необходимо сказать, что ЭВМ не только освободила психолога от рутинного непроизводительного труда, но и открыла перед ним совершенно новые возможности. Важнейшим преимуществом ЭВМ при анализе экспериментальных данных является то, что с ее помощью можно осуществлять многомерный анализ, который включает в себя множественную регрессию, частную корреляцию, факторный анализ и т. п. Для сравнения можно сказать, что при ручной обработке данных эксперимента подобный анализ из-за недопустимо больших затрат времени чаще всего просто невозможно провести.

Кроме этого, возможности вычислительных машин позволяют применять в психологических исследованиях методику автоматизированного эксперимента и, более того, осуществлять даже постановку так называемого управляемого эксперимента.

Еще большее значение имеют ЭВМ при моделировании человеческой деятельности, а точнее без использования ЭВМ моделирование, как таковое, даже трудно

представить себе. И уж совсем невозможно представить себе самое существование многих разработок в области инженерной и военно-инженерной психологии без применения электронно-вычислительной техники.

Говоря о перспективах дальнейшего использования математики в психологии, необходимо отметить тот факт, что в связи со сложностью объекта психологических исследований многие интересные явления современной психологии оказываются пока вне сферы досягаемости точных математических методов. Очевидно, поэтому многие ученые выражают сомнение в том, чтобы в ближайшем будущем эти методы смогли проникнуть в психологию более глубоко, чем они проникли в настоящее время в биологию.

Однако эти прогнозы при том бурном, стремительном развитии, которое характерно сегодня для математической психологии, могут и не оправдаться.

## Литература

1. Экспериментальная психология. Под ред. С. С. Стивенса, М., 1960.
2. Беляев-Башкиров Б. В. Статистический метод в психологии. М., 1927.
3. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. М., 1940.
4. Ломов Б. Ф., Николаев В. И., Рубахин В. Ф. Некоторые вопросы применения математики в психологии.—В сб.: «Психология и математика». М., 1976.
5. Самарин Ю. А. Очерки психологии ума. М., 1962.
6. Суходольский Г. В. Основы математической статистики для психологов. Л., Изд-во Лен. ун-та, 1972.
7. Журавлев Г. Е. Проблемы применения теории игр в психологии. — В сб.: «Психология и математика». М., 1976.
8. Журавлев Г. Е., Рубахин В. Ф., Субботин Ю. А. Имитационное моделирование групповой деятельности операторов.— В сб.: «Психология и математика». М., 1976.
9. Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 2. Отв. ред. В. Ф. Рубахин. Ярославль, 1974.
10. Прикладные вопросы военной инженерной психологии. Под ред. Ю. Г. Фокина. М., 1968.
11. Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 1, 2. Отв. ред. А. Н. Леонтьев. М., 1969, 1970.
12. Забродин Ю. М., Ронжин О. В., Рубахин В. Ф. Некоторые вопросы применения информационных методов в инженерной психологии. — В сб.: «Психология и математика», М., 1976.
13. Рыбаков Ф. И., Макухин В. Н., Григорьев В. А. Методы и средства повышения эффективности работы операторов РЛС. Ч. 2.—«Зарубежная радиоэлектроника», 1977, № 11.
14. Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения. М., 1969.

15. Дж. Гласс, Дж Стэнли. Статистические методы в педагогике и психологии. М., 1976.

16. Ашмарин И. П., Васильев Н. Н., Амбросов В. Л. Быстрые методы статистической обработки и планирование эксперимента. Л., Изд-во Лен. ун-та, 1971.

17. Амосов Н. М. Моделирование мышления и психики. Киев, 1965.

18. Новик И. Б. Философские вопросы моделирования психики. М., 1967.

19. Брушлинский А. В. О некоторых методах моделирования в психологии. — В сб.: «Методологические и теоретические проблемы психологии». М., 1969.

20. Ахутин В. М., Клевцов В. М., Рубахин В. Ф., Неймарк Г. С. Моделирование процессов восприятия и опознания в интересах построения технических устройств. — В сб.: «Проблемы оптимизации подготовки и деятельности военных специалистов». Вып. 1. Л., 1972.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Предисловие . . . . .   | 3   |
| Г. Е. Журавлев, кандидат психологических наук<br>Контурь математической психологии . . . . .  | 6   |
| Г. А. Голицын, кандидат биологических наук. Все ли<br>можно выразить числом? . . . . .  | 34  |
| И. П. Пушкина кандидат биологических наук. «Спит»<br>ли человек во сне? . . . . .   | 53  |
| В. М. Петров, кандидат физико-математических наук,<br>Н. Е. Прянишников, архитектор. Формулы пре-<br>красных пропорций . . . . .                                  | 72  |
| <u>Е. А. Богоявленский,</u> кандидат экономических<br>наук, Д. Б. Богоявленская, кандидат психологи-<br>ческих наук. Экономический прогноз: ЭВМ+эксперт . . . . . | 93  |
| А. В. Чернавский, доктор физико-математических<br>наук. Применение теории катастроф в психологии и<br>экономике . . . . .   | 121 |
| Н. И. Пожарская. Что дает математика психоло-<br>гии? . . . . .   | 136 |

## ЧИСЛО И МЫСЛЬ

Сборник. В ы п у с к 2

Составитель кандидат физико-математических наук  
**Семен Яковлевич Беркович**

Редактор **Н. Феоктистова**

Заведующий редакцией естественнонаучной литературы

**А. Нелюбов**

Младший редактор **Н. Карячкина**

Художник **И. Огурцов**

Художественный редактор **М. Бабичева**

Технический редактор **Т. Луговская**

Корректор **Р. Колокольчикова**

ИБ № 1647

А 04357. Индекс заказа 96701.

Сдано в набор 10.04.78 г. Подписано к печати 31.08.78 г. Формат  
бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Бум. л. 2,37. Печ. л. 4,75.  
Усл. печ. л. 7,98. Уч.-изд. л. 8,19. Тираж 40 000 экз. Издательство «Зна-  
ние». 101835. Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Заказ 5235. Типогра-  
фия издательства «Коммунист», ул. Волжская, 28.

Цена 30 коп.