

5
99563

**философские
проблемы
естествознания**

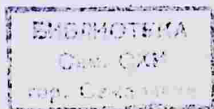
99563

5
99563

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

(курс лекций)

Под редакцией проф. В. С. Молодцова
и доц. А. М. Коршунова



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1967

159830

к

Настоящая книга представляет собой сборник лекций, посвященных философским вопросам естествознания. Ее авторы, преподаватели Московского университета и аспиранты, не ставили своей целью охватить всю совокупность вопросов, относящихся к этой области науки. И книга не претендует на исчерпывающее изложение чрезвычайно богатой и разнообразной проблематики, порожденной бурным развитием естествознания и философии. Цель авторов книги скромнее: осветить лишь некоторые проблемы современной науки и дать им истолкование с позиций диалектического и исторического материализма.

Книга может быть использована в качестве учебного пособия всеми изучающими философию в высшей школе, а также теми, кто интересуется методологическими вопросами современного естествознания.

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Московского университета

П. В. АЛЕКСЕЕВ

В. И. ЛЕНИН ОБ ОБЪЕКТИВНОСТИ ЗНАНИЯ И ВСЕОБЩЕЙ МЕТОДОЛОГИИ

В. И. Ленин связывал судьбы коммунистического общества с судьбами науки, с прогрессом научного знания. Высокие темпы роста производительности труда в народном хозяйстве, способные обеспечить новому строю окончательную победу над капитализмом, в значительной мере зависят от степени развития науки, от широты использования научных достижений на практике, а в нашем обществе от того, насколько наука стала производительной силой общества. Мы уничтожили в своей стране капитализм, говорил Владимир Ильич, но от раздавленного капитализма сыт не будешь; нужно взять всю науку, которая осталась от капитализма, и на этой базе построить коммунизм. Знание объективных законов реального мира позволяет создать материально-технический базис коммунизма, умело управлять сложнейшим общественным производством и руководить всей духовной жизнью общества. Только научность знания, всестороннее и глубокое понимание законов действительности позволяют пролетариату успешно преобразовывать природу и общественные отношения в его интересах, в интересах всего человечества. Конечная цель научного познания — использование объективных законов природы и общества в практике, обеспечение счастливой жизни людей — сближает естественнонаучное творчество с революционно-практической деятельностью.

Именно поэтому В. И. Ленин называл таких крупных натуралистов, как А. Эйнштейн «преобразователями» природы, учеными революционерами. Естествоиспытатель, добывающий истину и твердо отстаивающий ее, служит (вольно или невольно) классовым интересам пролетариата. «Все теории хороши,—указывал В. И. Ленин,—если соответствуют объективной действительности»¹.

Естественнонаучный гуманизм, ограниченный буржуазными рамками в условиях капиталистического строя, получает поддержку и развитие в теоретически обоснованном и практически действенном коммунистическом гуманизме. Марксистский гуманизм провозглашает последовательную защиту свободы научного творчества и тем самым — защиту объективности знания. Дело в том, что познание, по словам В. И. Ленина, представляет собой процесс погружения ума в действительность. Этот процесс является чрезвычайно сложным процессом поиска истины, которая редко лежит на поверхности явлений и искусно скрыта за ними. Извлечение истины, вернее, отражение законов действительности в понятиях науки — дело нелегкое, сопряженное порой с ошибками и недоразумениями. И достичь истину, показать всю полноту правды оказывается невозможным без борьбы научных школ и направлений, без товарищеских дискуссий и столкновений мнений. Однако есть различия в мнениях и есть ненаучные общетеоретические концепции субъективистского, агностического и идеалистического порядка, мешающие правильному отражению действительности и тем самым тормозящие научный прогресс. Не случайно в ленинском принципе партийности оказались взаимосвязанными три элемента: требование пролетарской классовости политических позиций, требование строгой научности и требование материалистичности мировоззрения.

Материалистическое мировоззрение, как подчеркивали классики марксизма-ленинизма, означает просто понимание действительности такой, какова она есть, без всяких посторонних прибавлений. Материализм — это философия объективного исследования, чуждая всяким теоретическим предрассудкам и «философским идолам».

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 50, стр. 184.

Всеобщая методология, слитая с материалистической теорией и соответствующая уровню развития естествознания, призвана обеспечить максимально точное отражение закономерностей объективного мира. В современную эпоху единственно эффективной всеобщей методологией науки является материалистическая диалектика. Это подтверждается всем опытом развития естествознания в его отношении к философии на протяжении последнего столетия.

В. И. Ленин исследовал взаимоотношения всеобщей методологии и конкретных наук, в частности физики, сложившиеся на рубеже двух веков, вскрыл опасные для науки тенденции в этих взаимоотношениях и указал пути, ведущие к плодотворному сотрудничеству философии и естествознания в изучении действительности. В произведениях «Материализм и эмпириокритицизм», «Философские тетради» и других работах В. И. Ленин исследовал сущность, характер и причины возникновения кризиса естествознания, противоречащего объективному назначению науки и тормозящего процесс познания объективных законов природы и общества.

Следует сразу же заметить, что под кризисом естествознания В. И. Ленин понимал не кризис самой науки, эксперимента, не крах и остановку развития естествознания, а лишь *кризис его философско-методологических основ*. Во-вторых, речь при этом шла не о кризисе идеалистической философии, тем более — материализма (о чем любят твердить буржуазные идеологи), а лишь о несостоятельности метафизического материализма и «стихийного» материализма ученых-естественников, совмещающих в своей методологии элементы стихийной диалектики с традиционным механицизмом.

Сущность кризиса естествознания, в понимании В. И. Ленина, заключается в том, что в силу некоторых причин известная часть ученых-естествоиспытателей порывает с материализмом, с материалистической *гносеологией* и переходит (или склоняется) к идеализму в трактовке данных своей науки. Так появились «физические идеалисты», «биологические идеалисты» и др.

Основной смысл «физического идеализма», по определению В. И. Ленина, состоит в отрицании объективной реальности, данной нам в ощущении и отражаемой нашими теориями, или сомнение в существовании такой

реальности. Независимо от своего конкретного проявления в той или иной частной науке (в физике, физиологии и т. д.) *сущность кризиса везде одна: в отходе части естествоиспытателей от материализма и в эволюции их к идеализму или агностицизму*, т. е. в появлении тенденции, несовместимой с самим духом естествознания и противоположной коренному убеждению («естественной тенденции») естествоиспытателей в объективной ценности науки.

В нашей литературе предложено выделять в развитии кризиса естествознания ряд этапов в зависимости, во-первых, от того, какая именно школа идеализма выдвигалась на первый план при наступлении реакционной философии на материализм, и, во-вторых, от того, какие конкретные естественнонаучные, особенно физические, проблемы возникали в данный момент. По нашему мнению, постановка вопроса о периодизации истории кризиса и о выработке соответствующих критериев определения его этапов заслуживает одобрения. Однако указанные здесь критерии, хотя и могут быть включены в «комплексный критерий», вряд ли и там выступают в качестве главных: ведь один из них может быть отнесен (да и то с оговорками) к *собственно философской* периодизации, а второй — к процессу разворачивания революции *внутри естествознания*. Сомнительно, чтобы механическое их совмещение принесло успех. История кризиса естествознания, по-видимому, должна «разбиваться» на этапы на основании критерия, в полной степени учитывающего специфику самого этого явления.

Не допускаем ли мы, например, ошибку, называя первый этап кризиса естествознания «махистским»? В. И. Ленин, как известно, указывал, что на школу «физического идеализма» опираются в философии и немецкие имманенты, и французские неокритицисты, и английские спиритуалисты и т. д., в связи с чем не следует преувеличивать связь махизма с «физическим идеализмом». Для понимания «физического идеализма», т. е. кризиса в физике, главным является не связь с той или иной философской школой: сами махисты, по словам В. И. Ленина, рабски плетутся за модой и в физике, и в философии. Сущность, качественная особенность такого явления, как кризис, не изменяется от того, кто и в какой момент истории спекулирует на нем: махизм или вита-

лизм, неопозитивизм или кондиционализм. С «физическим идеализмом», подчеркивал В. И. Ленин, «связано в махизме не то, что отличает его от всех других направлений и системок идеалистической философии, а то, что обще ему со всем философским идеализмом вообще. ...Возьмите физиков этой школы: немца Маха, француза Анри Пуанкаре, бельгийца П. Дюгема, англичанина К. Пирсона. Общего между ними много, у них одна основа и одно направление, как признает совершенно справедливо каждый из них, но в это общее не входит ни учение эмпириокритицизма вообще, ни учение Маха хотя бы об «элементах мира» в частности. Ни того ни другого учения трое последних физиков даже и не знают. Общего между ними «только» одно: философский идеализм, к которому они все без исключения *клонят* более или менее сознательно, более или менее решительно»¹. В. И. Ленин предостерегает против попыток философски схематизировать, стандартизировать взгляды физиков, отступающих от материализма, против поголовного зачисления их в махисты, что может случиться, если принять предложенную выше схему (первый этап — в основном махизм, второй — неопозитивизм и т. д.). При рассмотрении кризиса естествознания не сама по себе специфика во взглядах той или иной группы естествоиспытателей и даже не специфика в целом всей школы «физического идеализма» (по ее отношению к конкретным научным проблемам), а главным образом и в первую очередь ее уклон к идеализму вообще, «шатание мысли» в вопросе об объективности науки роднит эту школу с «физиологическим идеализмом»: «... кризис современной физики, — писал В. И. Ленин, — состоит в отступлении ее от прямого, решительного и бесповоротного признания объективной ценности ее теорий...»². Кризис естествознания не зависит от какой-либо одной философской системы, а вытекает из некоторых общих причин, лежащих *вне философии*³. Эти ленинские указания заставляют нас с некоторой долей скептицизма отнестись к оценке вышеприведенных критериев периодизации истории кризиса естествознания. Споры нет, выявить ка-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 321.

² Там же, стр. 324.

³ См. там же, стр. 321.

чественно различные этапы в истории кризиса необходимо. Но во главу угла следует, по-видимому, ставить конкретно-исторический анализ *соотношения двух тенденций* в философско-методологических основах самого естествознания: тенденции к идеализму и агностицизму, с одной стороны, и к сознательному, философски оформленному материализму — с другой.

В понятие «кризис естествознания», однако, зачастую вкладывается несколько иной смысл. Сущность и причины кризиса физики, по утверждению Э. Кольмана, например, заключались в том *неповторимом скачке*, который совершило человеческое познание, перейдя от макромира к микромиру: старые научные понятия рухнули, а новые, которые могли бы заменить их, еще не были созданы. Фактически автор отождествляет «кризис» с одной из тех трудностей, которую переживали ученые на рубеже XIX—XX вв. под влиянием революционных открытий в области физики. Абсолютизация относительно частного вопроса заслонила у Э. Кольмана подлинную сущность кризиса естествознания, то общее, что есть, по выражению В. И. Ленина, и у «физического», и у «физиологического идеализма». Помимо этого, такая трактовка причин кризиса естествознания несовместима с анализом его классовых корней. Эта точка зрения своевременно была подвергнута в нашей печати серьезной критике.

Однако при этом стала вырисовываться новая концепция, пытающаяся найти сущность кризиса не *вне* философии, не внутри естествознания, а в самой философии. «Философская фальсификация открытий естествознания и самой новейшей революции в нем, — читаем мы в шестом томе «Истории философии», — сопровождалась и сопровождается до сих пор попытками со стороны представителей реакционной философии вытеснить материализм из естествознания и заменить его идеализмом и агностицизмом. В этом состоит, как показал Ленин, философская суть кризиса современной физики и всего современного естествознания...»¹. На это сразу же следует возразить, что представители реакционной философии всегда делали и будут делать попытки вытеснить материализм из естествознания. Так неужели же всегда

¹ «История философии», т. VI, кн. 2, стр. 431—432.

был, есть и будет кризис в естествознании? Да и в этих ли «попытках» В. И. Ленин видел сущность кризиса? Как можно вообще говорить о «попытках» безотносительно к тому, каков реальный результат этих попыток? Не говоря уже о расплывчатости, неопределенности данной характеристики, она напрасно связывается с именем В. И. Ленина, ибо он неоднократно и недвусмысленно определял сущность кризиса: «...в философском отношении, — говорил он, — суть «кризиса современной физики» состоит в том, что старая физика видела в своих теориях «реальное познание материального мира», т. е. отражение объективной реальности. Новое течение в физике видит в теории только символы, знаки, отметки для практики, т. е. отрицает существование объективной реальности, независимой от нашего сознания и отражаемой им»¹. И здесь же В. И. Ленин указывал на попытки реакционно настроенных философов-идеалистов и фидеистов «воспользоваться» этим кризисом и «обострить» его. Но «обострение» уже имеющегося процесса не идентично с самой его сущностью, которая заключена в тенденции к идеалистическим и агностическим выводам внутри самого же естествознания.

Раскрыть содержание какого-нибудь явления — значит определить не только его сущность, но и условия и причины возникновения, характер и перспективы развития. Сущность кризиса естествознания не сводима к его условиям и причинам. Необходимо поэтому различать сущность кризиса и его условия, а именно: наличие *революции* в естествознании и *реакции* в общественно-политической жизни. Представляется поэтому, что вышеупомянутые точки зрения основаны на неправомерной подмене «сущности» кризиса естествознания одним из его «условий».

И еще одно различие — условий и причин. Причина необходимо вызывает данное явление и определяет то или иное качество (идеализм и агностицизм естествоиспытателей). Условие же, не находясь в такой тесной связи с явлением, способствует его возникновению, накладывает тот или иной отпечаток на его развитие. Условия превращают реальную возможность идеализма в действительность. Вместе с тем, различие между усло-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 271.

нием и причиной относительно: на том или ином этапе развития науки условия могут рассматриваться в числе причин усиления или ослабления кризиса естествознания.

Важнейшим условием кризиса, историческим фоном, на котором он разворачивался, явилась революция в естествознании. Естественнонаучные революции имели место и до середины прошлого столетия, но они между тем не порождали кризисного состояния естествознания в целом. Таковы революции в области астрономии (гелиоцентрическое учение Н. Коперника, XVI в.), в химии (кислородное учение Лавуазье, конец XVIII в.), в физиологии (установление зависимости качества ощущения от энергии органов чувств, 20-е годы XIX в.) и т. д. Не сами по себе названные открытия, а теоретические следствия, которые логически вытекали из их обобщения, влекли за собой совершенствование или революционную перестройку общей методологии науки.

С последней четверти XVIII в., с создания канто-лапласовской космогонической гипотезы, эти преобразования стали выходить за рамки совершенствования привычного механистически-статичного метода мышления, и то на одном, то на другом участке науки, чем позже по времени, тем чаще, заставляли ученых вольно или невольно решать «необычные» проблемы — проблемы объективной диалектики научных открытий. И уже по крайней мере с начала XIX в. появляются такие предвестники общего кризиса естествознания, как идеалистические школки среди крупных естественников, натолкнувшихся на диалектику и искавших выхода в идеализме. Возникают пока «локальные», «узкоотраслевые» кризисы. В физиологии в этот период стал рушиться механистический детерминизм XVII—XVIII вв., согласно которому качество ощущения равно качеству раздражителя, а причина ощущения есть лишь внешний толчок. Постепенное изменение методики эксперимента ввело наряду с адекватным неадекватный (электрический) раздражитель; опыты показали, что качественно однородный раздражитель способен вызывать качественно разнородные ощущения в зависимости от природы органов чувств; И. Мюллеру принадлежит историческая заслуга в постановке проблемы диалектики «субъекта» и «объекта» в физиологии. Однако процесс преодоления механицизма привел его к «физиологическому идеализму»; попытка связать разли-

чия в реакциях не с объективными качествами раздражителя и реагирующего субстрата, а только со специфическими качествами последнего составила ту основу, на которой в определенных общественных условиях возникновение физиологического идеализма стало неизбежным¹.

«Местные», «узколокальные» кризисы естествознания, прокатившиеся в биологии, химии и в других науках в течение XIX столетия, свидетельствовали о нараставшем *конфликте* содержания естествознания с господствовавшей механистической методологией. Об этом «конфликте» уже писали К. Маркс и Ф. Энгельс. Это был конфликт на рубеже XIX и XX вв., переросший в общий кризис естествознания. Кризис получил характер всеобщего не столько по числу втянутых им в свою орбиту отраслей теоретического естествознания, сколько по своей глубине, фундаментальности в смысле разрушения и низвержения всеобщей механистической методологии.

Несмотря на многие «прорывы» (или, как говорил Ф. Энгельс, «бреши») в механистической методологии, накапливавшиеся со второй половины XVIII в. вплоть до конца прошлого столетия, большинство естественников цепко держалось за основы уже устаревшей (при наличии материалистической диалектики) методологии. Стихийный материализм все еще опирался на традиционную убежденность естествовника в *неизменности* тех или иных частиц материи, форм ее существования и движения; до первой четверти XX в. большинство естествоиспытателей твердо верило еще в непоколебимость механистической причинности, и их умами владела механическая картина мира. Вселенная представлялась замкнутой механической системой, все части которой (и атомы, и галактики) подчинены единым механическим законам. Отвергалась сама мысль, что мельчайшие частицы вещества могут иметь какие-либо специфические законы движения. Само движение не связывалось неразрывно с материей, поскольку его источником считалась внешняя механическая сила. Пространство и время понимались как абсолютно независимые от материального движения. «Изоляция» материи, движения, пространства и времени

¹ См. В. П. Петленко. Физиологический идеализм и некоторые философские вопросы теоретической медицины. М., Медгиз, 1960, стр. 14—21 и др.

дополнялась абсолютным разрывом материальной частицы и волны, вещества и поля. Периодический закон химических элементов покоился на признании неизменности атомов и их свойств, на невозможности превращения одних элементов в другие. Самой последней, далее неделимой, неразложимой и бесструктурной частицей считался атом, с присущей ему неизменной (не зависящей от скорости) массой. В области органической природы после трудов Ч. Дарвина, как казалось, восторжествовала диалектическая по своей сути идея эволюционизма. Однако в теориях эволюции закономерности метафизически противопоставлялись случайности, мутации — мелким ненаследственным изменениям. В понимании соотношения организмов и среды господствовал продукт «гипноза очевидности» (по выражению русского генетика Ю. А. Филипченко) — механоламаркизм. Согласно дарвиновской гипотезе пангенезиса, геммулы являлись механическими «представителями» различных частей организма, а зародышевые клетки — механической их суммой. В противоположной механоламаркизму концепции — неодарвинизме — в конце XIX — начале XX в. также утвердился механицизм, хотя и другого рода: трудами А. Вейсмана была провозглашена как будто бы доказанная экспериментально абсолютная независимость зародышевой плазмы от сомы и внешней среды. Крупнейшие открытия Г. Менделя, Гуго де Фриза, В. Иоганнсена и других представителей оформившейся в начале XX в. генетики помимо их положительного значения доказывали будто бы неизменность генов и их полную изолированность друг от друга. Недаром голландский биолог И. П. Лотси в 1912 г. сравнивал гены с абсолютно неизменяемыми химическими элементами. В теоретической медицине в начале XX в. мы имеем ту же самую механистическую картину. «Целлюляризм» Р. Вирхова — М. Ферворна выковывал представление об организме как механической сумме клеток: заболевание всего организма есть заболевание клетки; клетка — это тот же «неделимый» атом, это тот же «неделимый» ген.

Итак, на рубеже XIX—XX столетий механицизм все еще занимал господствующее положение в естествознании.

Однако в конце XIX — первой трети XX в. во всех ведущих отраслях естествознания и в первую очередь в

теоретической физике прошла настолько мощная волна новых, революционных открытий, что стала очевидной несостоятельность механистической методологии и прежней картины мира. «Учение о строении вещества, волновая механика с ее необозримым богатством следствий и новое учение о пространстве-времени — вот три основные дороги, по которым прокатилась революция в физике за 30 лет»¹, — писал в 1939 г. С. И. Вавилов.

Начало новейшей революции в физике положили открытия «икс-лучей» В. К. Рентгеном (1895), явления радиоактивности и радиоактивных элементов А. А. Беккерелем (1896) и М. Кюри (1898), открытие электрона Дж. Дж. Томсоном (1897), установление светового давления П. Н. Лебедевым (1899—1900), разработка теории квантов М. Планком (1900) и А. Эйнштейном (1905). Человеческий ум проникал в совершенно новый и необычный для него мир — в структуру атома, в его оболочку и ядро, где действовали совершенно иные законы. «Неделимый» дотоле атом оказался делимым и сложным по своей структуре. Оказалось, что одни элементы могут самопроизвольно превращаться в другие (радий — в радон и гелий). Если раньше считалось, что масса тел неизменяема, независима от скорости движения, т. е. абсолютна, то теперь, после обнаружения у электрона особой электромагнитной массы (1902—1907), возрастающей с увеличением скорости его движения, пришлось отбросить еще одну метафизическую «абсолютность» и «неизменяемость». Открытия П. Н. Лебедева, М. Планка и А. Эйнштейна разрушили метафизическое противопоставление вещества и света. В формуле «атомного века» $E=mc^2$ была раскрыта взаимозависимость энергии, массы и скорости тела и показано, в частности, что энергия, как и масса, — изменчивая характеристика материи; была доказана неразрывная связь энергии и массы. Теория относительности показала полную несостоятельность механистического разрыва пространства и времени, движения и материи, установила взаимосвязь между изменением пространственных характеристик тел и временных отношений процессов, а также зависимость изменений пространства и времени от движения материи.

¹ С. И. Вавилов. Ленин и физика. М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 19.

В результате старая механистическая картина мира оказалась несостоятельной; рушилась сама идея о наличии «неизменных» «последних частиц материи»; рушилась идея универсальности законов классической механики. Буквально за несколько лет оказались под сомнением или же «потерпели крах» все основные понятия физики, создававшиеся на протяжении последних столетий и казавшиеся несомненными. Перед нами, констатировал А. Пуанкаре, «руины» старых принципов физики, «всеобщий разгром принципов». Если раньше, по свидетельству А. Рея, физики были согласны между собой во всем существенном, то теперь налицо «крайние разногласия», и притом разногласия «не в деталях», а в основных и руководящих идеях. Это была «болезнь роста, вызванная больше всего *крутой ломкой* старых установившихся понятий»¹.

В тяжелых условиях поиска физиками новых, более совершенных понятий, новой методологии естествознания часть ученых стала терять под собой почву материалистической гносеологии; появилось течение «физического идеализма». Теоретическая и методологическая неэффективность механистического материализма, т. е. одной, но не единственной исторической формы материализма, стала выдаваться за неэффективность материализма вообще. Поскольку материя — это только вещество, совокупность «неизменных» атомов, а атомы разложимы, постольку материя «исчезает»; если же атом сводится к электрону (тогда атомное ядро еще не было экспериментально обнаружено), то материя сводима к электричеству, к «чистой энергии», лишенной всякой вещественности, материальности. Нематериальная энергия — первооснова всего существующего. «Новая физика, — указывал В. И. Ленин, — свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики. Они боролись с метафизическим... материализмом, с его односторонней «механичностью», — и при этом выплескивали из ванны вместе с водой и ребенка. Отрицая неизменность известных до тех пор элементов и свойств материи, они скатывались к отрицанию материи, то есть объективной реальности физического мира. Отрицая абсолютный характер важнейших и основных законов,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 323.

они скатывались к отрицанию всякой объективной закономерности в природе, к объявлению закона природы простой условностью, «ограничением ожидания», «логической необходимостью» и т. п. Настаивая на приблизительном, относительном характере наших знаний, они скатывались к отрицанию независимого от познания объекта, приблизительно верно, относительно правильно отражаемого этим познанием. И т. д., и т. д. без конца»¹.

Сущность «физического идеализма» (как и «биологического», «физиологического», «медицинского» и пр.) на всех этапах новейшей революции в естествознании всегда оставалась одной и той же: менялись лишь условия и те проблемы, на неверной интерпретации которых он произрастал. Примерно с 20-х годов некоторые физики стали истолковывать теорию относительности таким образом, что приходили к выводу об отсутствии причинности в природе, о зависимости физических характеристик тел от воли и сознания наблюдателя; отождествляя относительное с субъективным, подменяя первое вторым, они становились на позиции идеализма. С 30-х годов в квантовой механике на основе неверной интерпретации соотношения неопределенностей делались выводы в пользу индетерминизма и субъективного идеализма; из чрезмерного преувеличения роли приборов и «наблюдателей» в познании микромира вырос так называемый «приборный» идеализм. В наши дни, когда физика проникла в глубь элементарных частиц и обнаружила удивительную взаимопревращаемость этих частиц, «физический идеализм» получил новые возможности для своего существования. Необходимость рассматривать виртуальную частицу не как существующую в действительности, но лишь как возможную (виртуальную), по мнению Б. М. Кедрова, дает еще больший повод к бегству от материализма: ведь так заманчиво объявить виртуальное не реальным, а только мысленным, существующим не в материальном мире, а в нашей голове; можно ожидать, что идеалисты не преминут воспользоваться и этой возможностью для протаскивания своей реакционной философии².

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276—277.

² См. Б. М. Кедров. Ленинский анализ революции и кризиса современного естествознания. В сб.: «Ленин и наука». М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 208—209.

В области биологических наук кризис естествознания также имеет свои специфические особенности. На основе реальных трудностей, с которыми сталкивался дарвиновский эволюционизм при попытках решить проблемы изменчивости и наследственности, и под напором новейших революционных открытий генетики начала XX в. возник кризис эволюционизма. Некоторые ученые стали склоняться к идеализму, к автогенезу, к трактовке процесса филогенетического развития организмов как протекающего под действием нематериальных непостижимых сил в predetermined направлении¹. Неспособность части биологов, физиологов и медиков диалектически решить проблему соотношения клетки и организма, частного и общего, части и целого привела их к неовитализму. Коренной пересмотр понятия механической причинности в медицине, производимый под напором новых фактов и открытий, беспомощность в трактовке соотношения внешней и внутренней причинности, причины и действия — все это породило кондиционализм Ферворна — Ганземана. Кондиционализм полностью отбрасывал понятие причинности и заменял его понятием функциональности, на место причины ставились условия, которые трактовались субъективно-идеалистически: как продукт воображения пациента и творчества врача. Идеализм в области биологии и медицины, так же как и в физике, живуч и по настоящее время. Отсюда, в частности, следует, что кризис естествознания в капиталистических странах по-прежнему имеет место.

В чем же состоят **причины** смены материалистической теории познания идеализмом и агностицизмом? Каковы истоки кризиса?

«Математизация физики» и «принцип релятивизма» — это *специфическая* (но не полная) *причина кризиса физики*. Полная же причина (помимо специфической причины) охватывает широкую область условий, т. е. обстоятельств, которые существуют до или после кризиса, не вызывая его, и лишь в совокупности со специфическими причинами порождают его. И коль скоро мы упоминаем о социально-классовых причинах, то состав гносеологических причин, в свою очередь, также

¹ См. Л. Ш. Давиташвили. В. И. Ленин и кризис эволюционного учения. «Вопросы философии», 1959, № 5.

должен быть по возможности расширен. Только при таком подходе сами условия можно понять как причины возникновения явления; и революция в естествознании, и политическая реакция при капитализме на известный период становятся одновременно и условиями и причинами кризиса естествознания.

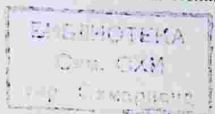
Под теоретико-познавательными причинами естествознания целесообразно понимать все трудности для возникновения идеализма и агностицизма коренятся в процессе познания и в ра-го естествознания. Как и в философии, п-отрыв понятий от вещей, неверная и извращ-товка соотношения общего (в понятии) и отде-реальности), наделение понятий мистической сам-тельностью приводят к различным формам объектив-идеализма. Абсолютизация той или другой стороны-дивидуального процесса познания, психики чело-принимаемой за первооснову реального мира, вызывает различные идеалистические уклоны.

Современная наука достигла такого уровня, когда многие ее результаты все больше отходят от конкретно-чувственной наглядности и постигаются лишь в абстракт-но-математических понятиях. Возросшая степень аб-страктности и математизация физики, биологии и других наук представляют собой прогрессивное явление. Но за-мена наглядных образов математическими абстракциями высокого уровня включает в себе возможность отрыва мышления от объективной реальности, раздувания «од-ной из черточек, сторон, граней познания в абсолют, оторванный от материи, от природы, обожествленный»¹, т. е. для перехода естествоиспытателей на идеалистиче-ские позиции.

Непонимание соотношения абсолютной и относитель-ной истин, игнорирование момента абсолютного в по-следних толкает ученых к агностицизму, а через него — к субъективному идеализму.

Необычность, «дикий» характер, фантастичность новых научных открытий (таких, как «связывание» частицы с волной, изменение пространства и времени в зависимости от скорости движения, существование несуществующей виртуальной частицы и т. д.) создает возможность иде-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 322.



алистического истолкования природы. Критикуя кантианца Г. Когена, В. И. Ленин отмечал, что в его работах электричество «объявляется сотрудником идеализма, ибо оно разрушило старую теорию о строении материи, разложило атом, открыло новые формы материального движения, настолько непохожие на старые, настолько еще неисследованные, неизученные, необычные, «чудесные», что можно протащить толкование природы, как нематериального (духовного, мысленного, психического) движения»¹.

Теоретико-познавательные источники идеалистических концепций часто вытекают из трудностей, сопровождающих научный прогресс, из поставленных, но экспериментально еще не решенных наукой проблем. В заметках на книгу Макса Ферворна «Гипотеза о происхождении жизни» В. И. Ленин писал, что превращение химического в жизненное — это вопрос «еще темный, гипотетический». Естественник, не владеющий диалектическим материализмом, теряется в фактическом материале и может прийти к агностическим и идеалистическим взглядам. Критикуя М. Ферворна, В. И. Ленин делает примечание: «N В. К вопросу об источниках и *живых* побудительных мотивах современного „идеализма“ в физике и естествознании вообще»².

Аналогичную роль играет даже объективный процесс интеграции и взаимовлияния частных наук друг на друга, распространяющий кризисные явления с одной отрасли знания на другую и содействующий углублению всеобщего кризиса. Так, «энергетизм» из области физики проник в область генетики, где на этой основе одно время широко рекламировалась «извечность» и «духовность» генной плазмы.

Мы не можем не отметить еще одного, самого глубокого, пожалуй, теоретико-познавательного истока кризиса естествознания — отставания формы мышления от развития объективного содержания знания. Традиции и привычки превращают методологические установки в абсолютные, в должной мере неподвижные, негибкие. Этим и порождается та «прямолинейность и односторонность, деревянность и окостенелость, субъективизм и

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 300.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 354.

субъективная слепота»¹, которые В. И. Ленин квалифицировал как гносеологические корни философского идеализма. «Полнейшее», по определению В. И. Ленина, «незнакомство с диалектикой» — вот та причина причин, которая вместе с революцией в естествознании обусловила всеобщий кризис науки начала XX в.

Теоретико-познавательные причины кризиса в частных науках закреплялись и усиливались социально-экономическими и политическими условиями капиталистического строя. *Под социально-классовыми корнями* кризиса естествознания понимается совокупность конкретно-экономических условий жизни общества и определенных классовых интересов, содействующих выработке идеалистических системок в области естествознания. Классовым интересам буржуазии отвечает та философия, которая базируется на сокрытии или искажении истины; интересы реакционных классов стимулируют превращение теоретико-познавательных возможностей идеализма в целостные идеалистические концепции. «Большая фантазия... негодного продукта негодного общественного строя», — так характеризовал В. И. Ленин религиозно-идеалистические воззрения; и эта характеристика вполне применима к идеализму в сфере естественных наук. В. И. Ленин писал, что вся обстановка, в которой живут при капитализме естествоиспытатели, отталкивает их от научной философии и бросает в объятия казенной философии. Буржуазия сознательно стремится осуществить «союз» своего мировоззрения с естествознанием в борьбе против диалектического материализма, ибо в философии марксизма конденсированы все наиболее существенные интересы и стремления пролетариата. Противоестественная связь естествознания с идеализмом углубляет тенденцию к кризису современной науки, являющуюся составным элементом общего кризиса капитализма.

Рассмотрение сущности и причин кризиса естествознания подводит нас к новому вопросу, к выяснению того, *каковы следствия кризиса* для научного прогресса.

Еще задолго до открытия Дж. Дж. Томсоном электрона (1897) со стороны некоторых ученых-материалистов была выдвинута и разрабатывалась гипотеза о сложности строения атомов и их делимости. Однако Э. Мах и

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 322.

его последователи, на словах заявлявшие о своей «новой» во всех отношениях философии, фактически были консерваторами в науке и выступили против этой гипотезы. Такая позиция логически вытекала из отказа признать реальность существования атомов и молекул, из субъективно-идеалистической трактовки предметов как совокупности ощущений. А. Эйнштейн писал, что предубеждение Э. Маха и В. Оствальда против атомной теории можно несомненно отнести за счет их позитивистской философской установки. Это — интересный пример того, как философские предубеждения мешают правильной интерпретации фактов даже ученым со смелым мышлением и тонкой интуицией¹.

Концепция Маха — Оствальда отнюдь не была «нейтральной» по отношению к прогрессу науки: ее сторонники делали все возможное, чтобы не только запретить инакомыслящим проведение экспериментов, но и вообще излагать атомную теорию вещества. В таких тяжелых условиях, будучи затравлен, покончил жизнь самоубийством в 1906 г. основоположник современной теории излучения, крупнейший австрийский физик Л. Больцман. Конечно, наука не может успешно развиваться без борьбы мнений, без борьбы различных научных школ и направлений, но в вышеприведенном случае речь идет о ее крайне ненормальном обострении, приносящем только вред развитию науки. Убедительные эксперименты заставили в конце концов В. Оствальда, а также Маха признать реальность атомов. Это было тяжелое поражение «физического идеализма», свидетельство его научной несостоятельности в качестве методологии естествоиспытателей.

Кризис естествознания сковывает разум, творческие потенции ученых, мешает им выбрать правильный способ решения поставленной задачи. В работе Луи де Бройля «Польза и уроки истории науки» (1956) приводится один из случаев так называемых «несостоявшихся открытий», т. е. открытий, которые могли быть в свое время сделаны, но тем не менее оказались несделанными. Главную причину подобных фактов Луи де Бройль видит в наличии у естествоиспытателя ошибочных философско-методологических принципов, которые мешают

¹ «Эйнштейн и современная физика». М., ГИТТЛ, 1956, стр. 49.

представить ситуацию в истинном свете и сделать решающие сопоставления и обобщения. Так, Анри Пуанкаре еще до А. Эйнштейна близко подошел к идеям теории относительности, но не явился ее создателем. «Как случилось, — спрашивает де Бройль, — что Анри Пуанкаре, который серьезно размышлял об относительности физических явлений, прекрасно знал преобразования Лоренца и пользовался в 1905 году существенными результатами релятивистской кинематики и динамики, упустил возможность осуществить их великий синтез, обессмертивший имя Альберта Эйнштейна?» Дело в том, что Пуанкаре «занимал довольно скептическую позицию в отношении физических теорий, считая, что вообще существует бесчисленное множество различных, но логически эквивалентных точек зрения и образов, которые ученый выбирает лишь из соображений удобства. Этот номинализм, видимо, иногда мешал ему правильно понять тот факт, что среди логически возможных теорий имеются, однако, теории, которые наиболее близки к физической реальности, во всяком случае лучше приспособлены к интуиции физика и более пригодны содействовать его усилиям...»¹. Именно эта философская склонность к «номиналистскому удобству», указывает Луи де Бройль, и помешала Пуанкаре понять значение идеи относительности во всей ее грандиозности².

Кризис естествознания вызывает настроения смятения и пессимизма, теоретическую растерянность у специалистов. Естествоиспытатель, переживающий период замены одной истины, верной для своего времени, другой, более глубокой, может прийти и (при незнании диалектики) приходит к выводу, что все истины относительны, что нет объективной истины, что наши понятия — условности, фикции, символы, не отражающие объективной реальности. Академик А. Ф. Иоффе передает разговор с виднейшим голландским физиком Г. А. Лоренцом: «Лоренц в 1924 г., излагая ход развития своей научной деятельности, приведшей к блестяще подтвержденной электронной теории, в квантовом атоме видел неразрешимое противоречие, которое приводило его в отчаяние:

¹ Луи де Бройль. По тропам науки. М., ИЛ, 1962, стр. 306—307.

² См. там же, стр. 398.

«Сегодня утверждаешь прямо противоположное тому, что говорил вчера; в таком случае вообще нет критерия истины, а следовательно вообще неизвестно, что значит наука. Я жалею, что не умер пять лет тому назад, когда этих противоречий не было»¹. Подобные высказывания встречаются и в наши дни, хотя естествоиспытатели уже не так остро и болезненно переживают процесс перехода от одной относительной истины к другой и уже несколько «свыклись» с диалектикой познания.

Кризис естествознания, не дающий возможности науке развиваться быстрыми темпами, а потому тормозящий научный, технический и общественный прогресс, вызывает у передовых представителей науки жгучую потребность в его ликвидации.

Что же нужно предпринять, чтобы избавиться от тяжести кризисного состояния? Необходимо привести в соответствие с объективным содержанием науки всеобщую методологию, необходимо развитие теоретико-методологических основ естествознания в направлении к материалистической диалектике, т. е. сознательное овладение учеными диалектическим материализмом. Таково общее решение поставленного вопроса и Ф. Энгельсом и В. И. Лениным.

Естествознание так или иначе, но преодолет кризис, и к этой цели, к этому финишу оно идет сложным, трудным путем; теоретическая физика «идет к единственно верному методу и единственно верной философии естествознания, — отмечал В. И. Ленин, — не прямо, а зигзагами, не сознательно, а стихийно, не видя ясно своей «конечной цели», а приближаясь к ней ощупью, шатаясь, иногда даже задом»². По своему характеру общий кризис естествознания является *кратковременным*. Уклон в сторону реакционной философии отдельных школ естествоиспытателей есть лишь «временный зигзаг, преходящий болезненный период в истории науки...»³. В рамках самого кризиса нет равномерности: если в одной отрасли естествознания происходит ослабление кризиса, то в другой, наоборот, он может усиливаться. Так, во втором

¹ А. Ф. Иоффе. Развитие атомистических воззрений в XX веке. «Памяти В. И. Ленина». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1934, стр. 454.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 332.

³ Там же, стр. 323.

десятилетия нашего века в физике замечается значительное упрочение и рост материалистической тенденции, вынужденная сдача своих рубежей идеализмом; в другой же отрасли естествознания — в биологии, в учении об эволюции организмов, наоборот, можно констатировать натиск идеализма и агностицизма. Значительные усиления кризисных состояний в отдельные периоды, чередующиеся с периодами относительного «благополучия», дают некоторым исследователям право говорить о «циклическости», «периодичности» кризисов в естествознании (Ф. Р. Бородулин, Б. М. Кедров и др.). Подобная неравномерность, скачкообразность в истории кризиса естествознания — важнейшая его черта, зависящая от мобильности многих слагаемых. Неизбежность победы диалектико-материалистической тенденции в естествознании, позволяющая говорить о преходящем, временном характере всего кризиса науки, базируется в первую очередь на анализе объективных факторов естественнонаучного развития.

Процесс взаимодействия и взаимопроникновения материалистической диалектики и естествознания — это исторически неизбежное явление в развитии общества, протекающее с необходимостью естественноисторического процесса, пробивающее себе дорогу в любых неблагоприятных условиях. Как отмечал еще Ф. Энгельс, в эксплуататорском обществе диалектическая методология неизбежно вытесняет механицизм в мышлении естествоиспытателей просто благодаря напору самих естественнонаучных открытий, не уместающихся больше в старом метафизическом прокрустовом ложе и свидетельствующих о диалектичности явлений и процессов природы. Наряду с «напором» самих научных открытий вторым мощным объективным фактором, обуславливающим неизбежность проникновения материалистической диалектики в частные науки, является все усиливающаяся связь теоретического естествознания с производством, с техникой. Если идеализм разрывает единство субъекта и объекта в процессе познания (или отождествляет их), то технический прогресс показывает естествоиспытателю органическое единство человека с природой, диалектику взаимоотношений субъекта и объекта. Техника доказывает нелепость солипсизма и несостоятельность агностицизма, факт реальности внешнего мира и его познаваемость. Все более

укрепляющаяся связь производства с теоретическим естествознанием ведет к «срастанию» тончайших абстрактных положений науки с экспериментом, с техникой, с производством, ведет к «материализации» самой теории. *Прочная связь с практикой, с производством помогает теоретическому естествознанию выстоять в борьбе с идеализмом и метафизикой.*

Поступательное развитие производства, эксперимента и науки, их непрерывное взаимодействие и взаимообогащение показывают естествоиспытателю неоспоримые преимущества материалистической диалектики перед идеализмом, агностицизмом и механицизмом.

Марксистско-ленинская теория не ограничивается констатацией объективных факторов, действующих в направлении ликвидации кризиса естествознания. Не созерцание, хотя бы и глубоко проникающее в сущность процессов, а активное вмешательство, на основе этого знания, в ход событий и содействие ускорению общественного прогресса — вот чего требует весь дух революционной теории. И перед марксизмом встала новая проблема: *как помочь естествоиспытателям преодолеть кризис, что нужно сделать для этого?*

Проблема ликвидации кризиса естествознания — это в значительной степени общественно-политическая проблема, и она неразрывно связана с ходом социалистической революции. Для начала преодоления кризиса науки в целом необходима социалистическая революция, ликвидирующая в конечном счете социально-классовые истоки кризиса, нужен по крайней мере «один прорыв» в цепи повсеместного экономического и идеологического господства буржуазии. Переход власти в руки пролетариата не ликвидирует, однако, на другой же день и автоматически кризисные явления: в нашей стране после Октябрьской революции значительная часть естествоиспытателей по своим политическим убеждениям была буржуазна и мелкобуржуазна, т. е. враждебно настроена по отношению к идеологии и политике пролетариата. Естественно, что решение проблемы овладения естествоиспытателями диалектическим материализмом во многом стало зависеть от их политической эволюции.

В послеоктябрьский период своей деятельности В. И. Ленин выдвигает идею союза философии и естествознания в целях политической и мировоззренческой пе-

ределки сознания ученых, в целях оказания максимального содействия естествоиспытателям в переходе на позиции марксизма. Реализация этой ленинской идеи должна была ускорить процесс преодоления кризиса естествознания, давала в руки коммунистов нашей страны важнейший инструмент, метод ликвидации кризиса науки. Союз диалектического материализма с естествознанием был формой, при помощи которой осуществлялось партийное, методологическое руководство естествоиспытателями и философами; он позволил естественникам в сравнительно короткие сроки овладевать материалистической диалектикой, а философам — материалом конкретных наук. Интеграция диалектического материализма и естествознания утратила свою стихийность. Союз диалектического материализма и наук о природе представляет своего рода переходный этап от исторической «разорванности», «отчужденности» естествознания и диалектического материализма к осуществлению взаимопроникновения, к их единству и взаимообогащению. Ленинская идея о союзе философии и естествознания конкретизирует и развивает дальше теоретическое положение о естественно необходимом процессе перехода естествоиспытателей на диалектико-материалистические позиции и о путях выхода из кризиса естествознания. Этот союз — не произвольная выдумка марксистов; он является необходимым, исторически закономерным этапом на пути движения естествознания к диалектическому материализму в эпоху империализма и социалистического переустройства общества.

В работах В. И. Ленина «союз», противостоящий «кризису», характеризуется с трех различных, исторически и логически взаимосвязанных сторон: *политической, мировоззренческой и общеметодологической*. Последовательное выполнение первых двух задач — политической и мировоззренческой (гносеологической) — решает проблемы преодоления кризиса естествознания. Третья задача связана с первыми двумя, и ее успешное разрешение во многом содействует прогрессивной философской эволюции естественников. Завершение этого процесса эволюции делает третью задачу самостоятельной и едва ли не единственной, и с этого момента «союз» как конкретно-историческое явление исчерпывает присущие ему функции.

Понятие «союз диалектического материализма и естествознания» означает не самую взаимосвязь этих сфер научного знания. Как и понятие «кризис естествознания», оно имеет специфический смысл: взаимоотношения философов-марксистов с естествоиспытателями-некоммунистами в определенный период развития общества. Понятие «союз» не тождественно понятию «интеграция» (взаимопроникновение) естественнонаучного и философского знания; интеграция неограничена во времени.

Понятие «союз» исторично. Он развивался на базе внутренних противоречий между диалектико-материалистической методологией, являющейся ведущей стороной противоречия, и теоретико-методологическими основами естествознания, выводимого из кризиса; между научно-социалистическими идеями и буржуазными (мелкобуржуазными) политическими взглядами естествоиспытателей; естественнонаучной подготовкой марксистов-философов и уровнем развития современного естествознания и т. д. По времени существование «политического союза» пролетариата с представителями науки должно совпадать в общем с периодом функционирования диктатуры пролетариата. Глубоко проникая в сущность развития политического союза марксистов и естествовников, В. И. Ленин видел серьезные трудности, объективно не дающие возможности идеологического перевоспитания старых кадров специалистов в короткие сроки; он указывал, что эта задача будет решаться в нашей стране в период диктатуры пролетариата и будет решена не раньше уничтожения классов¹, т. е. социально-классовых препятствий на пути проникновения диалектического материализма в естествознание. Поскольку преодолевается кризис естествознания, постольку завершается начальный этап интеграции марксистской философии и естествознания и начинается новый период, который точнее квалифицировать как период «единства» (или «содружества») представителей философского и естественнонаучного знания.

В нашей стране выполнено завещание В. И. Ленина о создании и укреплении союза философов и естество-

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 54, стр. 310—311.

испытателей на основе политического и мировоззренческого единения; решена основная задача, стоявшая перед этим союзом, и именно — преодоление идеализма и кризиса естествознания. В настоящее время социально-политическое и идейное единство философов и естествовников создало все возможности для творческого развития науки; содружество ученых имеет целью преодоление пережитков позитивистского отношения к философии среди некоторой части естествовников и главное — дальнейшую конкретную разработку философско-методологических проблем естествознания.

Союз марксистской философии и естествознания стал крупным явлением в мировой науке. В некоторых социалистических и особенно капиталистических странах укрепление этого союза превращается в одну из актуальных задач коммунистических партий. Ныне, как и в первой четверти XX в., естествознание в капиталистических странах переживает кризис. Однако он протекает в существенно иных условиях и главным образом потому, что среди части ученых капиталистических стран еще с начала 30-х годов стала развиваться и быстро нарастать тенденция к сознательному переходу на позиции диалектического материализма. В настоящее время этот процесс захватывает целые группы естествоиспытателей (например, основная теоретическая школа физики во Франции, по свидетельству Ж. Коньо, вдохновляется идеями материализма и диалектики) и представляется нам совершенно закономерным. Все объективные и субъективные факторы, обеспечивающие интеграцию диалектического материализма и естествознания, вынуждают буржуазных естествоиспытателей все чаще и чаще обращаться к материализму и диалектике. Вполне естественно, что с прогрессом науки и общества будут увеличиваться и темпы перехода естествоиспытателей на диалектико-материалистические позиции. Примечателен тот факт, что многие естествовники приходят к овладению материалистической диалектикой, не будучи сторонниками коммунистов и философии Маркса. Они убеждаются в эффективности применения материалистической диалектики на конкретных исследованиях ученых СССР и стран социалистического лагеря, т. е. идя от материала науки к диалектическому материализму, а затем, возможно, и к изменению политических убеждений. (Эта

эволюция может быть половинчатой и «оборванной» в какой-то точке.)

Однако сейчас еще рано говорить о преодолении кризиса естествознания в капиталистических странах. В науке буржуазного общества преобладает реакционная тенденция, направленная к сохранению, закреплению и расширению кризисных явлений. Тем не менее соотношение сил и на этом участке классовой борьбы меняется в пользу марксизма. Вполне возможно поэтому, что при активном содействии коммунистических и рабочих партий значительная часть естествоиспытателей постепенно перейдет на позиции диалектического материализма. Этот процесс предсказывал еще В. И. Ленин. В 1918 г., в связи с согласием вице-президента Академии наук академика В. А. Стеклова сотрудничать с Советским правительством, он говорил: «Вот так, одного за другим, мы перетянем всех русских и европейских Архимедов, тогда мир, хочет не хочет, а — перевернется!»¹. Эта убежденность В. И. Ленина вполне логично вытекает из его трактовки кризиса естествознания как «временного зигзага», «кратковременной моды». «...ничего, — указывал он, — кроме *мимолетного* увлечения идеализмом небольшой доли специалистов, тут нет и быть не может»² (курсив мой. — П. А.).

В. И. Ленин неизменно верил в силу и неодолимость новых идей, новой философии.

Конечно, неопозитивистские, неотомистские и прочие спекуляции на результатах естествознания отомрут лишь с окончательной ликвидацией эксплуататорских классов и капитализма. Идеологическая борьба неизбежна, пока существует классовая борьба. Вот почему наступательный характер идеологической работы марксистско-ленинских партий является важнейшим условием упрочения «международного союза» диалектического материализма с естествознанием, важнейшим средством преодоления кризиса естествознания в капиталистических странах.

¹ Цит. по кн.: М. Горький. Собр. соч. в 30 томах, т. 17. М., Гослитиздат, 1952, стр. 32.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 327.

торой математические методы являются одним из основных средств описания и анализа объектов изучения, создает огромные возможности для автоматизации промышленности, для исследования человеческого мышления и т. д. Это лишний раз свидетельствует о перспективности математических методов исследования.

И все же, несмотря на те значительные результаты, которые принесли математические методы анализа в различных науках, их использование и внедрение не проходит гладко. Возникают важные методологические проблемы, вокруг которых идет острая борьба материализма и идеализма. Дело осложняется тем, что в самой математике, в ее основах далеко не все обстоит благополучно. Расширение сферы приложения математики, создание новых математических методов и теорий вновь и вновь заставляют возвращаться к истокам математического знания, к выяснению логической структуры и средств его построения.

Прежде чем приступить к анализу философских проблем математики, остановимся на характеристике того периода в истории ее развития, когда она переживала кризис.

В XIX в. трудами Вейерштрасса, Дедекинда, Больцано была подготовлена теоретико-множественная концепция математики. Георг Кантор в 70-е годы прошлого столетия создал общую абстрактную теорию множеств и показал, что она является достаточно естественным фундаментом всей математики.

Предварительно несколько слов об исходных понятиях теории множеств. Понятие множества является не определяемым в математике. Считается, что оно интуитивно понятно, и каждый, наверное, действительно понимает, о чем идет речь. Когда мы употребляем слово «множество», то мы можем говорить о множестве слов, написанных на этой странице, о множестве людей, находящихся в аудитории, о множестве домов в городе Москве и т. д. Множество — некоторая совокупность вещей, безразлично каких. Оно может быть образовано даже из таких вещей, как идеи, понятия. Можно сказать, например, что у такого-то человека множество идей.

К любому множеству предъявляются некоторые требования. Они заключаются в том, что множество должно состоять из элементов, которые неделимы и не

слипаются друг с другом. Если я говорю о множестве, то предполагается, что элементы его существуют как индивиды, и два или несколько индивидов не могут превратиться в один индивид того же рода, что и исходные. Пожалуй, этих требований оказывается достаточно. При оперировании множествами и их элементами предполагается также, что мы умеем различать их и отождествлять.

Различные множества можно сравнивать между собой. Так, например, я могу говорить о том, что из двух множеств одно меньше (больше) другого. Возьмем такой пример. Вы покупаете билет в театр и идете туда. Существует ваш билет и существует место в театре. У каждого посетителя свой билет и соответствующее ему место. Следовательно, между билетами (или, может быть, между владельцами билетов) и креслами в театре существует взаимно-однозначное соответствие.

Возможна такая ситуация: множество посетителей меньше, чем множество мест. Как в этом убедиться? Очень просто. Устанавливается взаимно-однозначное соответствие, исчерпываются все элементы множества посетителей, а кресла остаются свободными, тогда говорят: множество кресел больше, чем множество посетителей или множество посетителей меньше множества кресел. Если в театре нет свободных мест, но нет и оставшихся без места, то говорят, что множества равны. Следовательно, множества можно сравнивать между собой по величине, т. е. количественно.

Операция сравнения множеств оказывается возможной лишь потому, что разные множества обладают общим свойством, по которому они сравниваются. Это общее свойство в теории множеств получило название мощности. Если два множества в результате установления взаимно-однозначного соответствия оказываются равными, то говорят, что они одинаковой мощности. Иначе говоря, сравнение множеств осуществляется по их мощности (или — что то же самое — по кардинальному числу). Множества, которые рассматриваются в математике, могут содержать 1, 2, 3 и т. д. элементов. Кроме этого, вводится множество, не содержащее ни одного элемента, — пустое множество. Наконец, могут быть множества бесконечные. Теория множеств, построенная Кантором, в основном использовала бесконечные, а не

конечные множества. Для того чтобы дать определение, что такое бесконечное множество, нам нужно будет объяснить ряд других понятий.

Всякое множество может иметь подмножества. Возьмем, например, множество, состоящее из трех элементов $\{\alpha, \beta, \gamma\}$. Подмножествами данного множества будут множества: $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$, $\{\alpha, \beta\}$, $\{\alpha, \gamma\}$, $\{\beta, \gamma\}$, $\{\alpha, \beta, \gamma\}$. Кроме этого, сюда нужно включить еще пустое множество, которое является подмножеством любого множества. Естественно, что мощность множества подмножеств больше, чем мощность самого множества, так как мощность множества подмножеств данного множества, мощность которого n , равна 2^n . Для нашего случая, где n равно 3, $2^3 = 8$. Вместе с этим мощность каждого из подмножеств или меньше, или равна мощности данного множества.

Каждое подмножество данного множества может рассматриваться как часть этого множества. Различают правильные и неправильные части множества. Подмножества множества M , которые состоят из элементов множества M , но не из всех его элементов, называются правильной частью. Так, в нашем примере подмножество $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ не является правильной частью; то же самое относится и к пустому множеству.

Теперь обратимся к примеру. Возьмем множество натуральных чисел: 1, 2, 3, ..., n , ... Образует подмножество данного множества: ряд четных чисел: 2, 4, 6, ..., $2n$, ... Четные числа, как легко видеть, представляют собой правильную часть множества натуральных чисел, а потому должны, казалось бы, иметь мощность меньшую чем мощность множества натуральных чисел. Однако это не так. Мы можем установить взаимно-однозначное соответствие между числами натурального ряда и четными числами: каждому натуральному числу n соответствует четное число $2n$, а это означает, что мощности этих двух множеств равны. В этом проявляется противоречивость бесконечных множеств. Собственно, именно эта противоречивость и является средством определения бесконечного множества: множество, правильная часть которого обладает мощностью, равной мощности самого множества, — бесконечное множество.

Над множествами (как конечными, так и бесконечными) можно производить операции: объединения, пересечения, дополнения и т. д. Имея набор исходных мно-

жеств, путем некоторых операций можно строить новые множества, т. е. получать новые математические объекты.

Теоретико-множественные представления к концу XIX в. легли в основу всей математики. Теория множеств достаточно сложная и тонкая теория, хотя ее исходные предпосылки кажутся простыми и прозрачными. Исходя из теоретико-множественных представлений, можно построить натуральный ряд чисел и арифметику натуральных чисел, затем арифметику рациональных, действительных и комплексных чисел, т. е. такие разделы математики, которые давно уже не вызывают особых сомнений и истинность которых подтверждена многовековой практикой человечества.

Таким образом, создалось впечатление, что математика наконец-то обрела свой рай. До этих пор ее вообще не удавалось связать воедино, не удавалось истолковать многих результатов, достигнутых ею. Теперь, исходя из теоретико-множественной концепции, был построен весь математический анализ, теория функций действительно и комплексного переменного и т. д. В настоящее время масса теорий развивается на базе теоретико-множественных представлений.

Однако к концу XIX столетия в самом фундаменте математики — в теории множеств — обнаружились весьма неприятные явления: парадоксы. Что это за парадоксы? Один из них был уже известен Георгу Кантору — самому создателю теории множеств.

Парадокс заключается в следующем. Рассмотрим множество всех множеств M . Множество всех подмножеств множества M обозначим через $P(M)$. Мощность множеств будем обозначать так: $\overline{M}$. В силу теоремы Кантора о мощности множества M и мощности множества его подмножеств $P(M)$ получаем: $\overline{P(M)} > \overline{M}$ ¹. Иллюстрацией этой теоремы может быть приведенный выше пример с множеством $\{\alpha, \beta, \gamma\}$. Но наше множество M — особого рода. Оно есть множество всех вообще множеств, а поэтому $P(M)$ образует или часть M , или в крайнем случае совпадает с M , т. е. $P(M) \subseteq M$ ². Отсюда, в силу следствия одной из теорем Бернштейна³, мощ-

¹ См. Хаусдорф. Теория множеств. М.—Л., ОНТИ, 1937, стр. 33.

² $\subseteq$ — знак включения и равенства.

³ См. Хаусдорф. Теория множеств, стр. 26.

ность $\overline{P(M)}$ меньше или равна $\overline{M}$. Таким образом, мы получили два исключаяющих друг друга утверждения:

$$1. \overline{P(M)} > \overline{M}; \quad 2. \overline{P(M)} \leq \overline{M},$$

т. е. пришли к парадоксу. Разрешить его какими-либо средствами, не выходящими за пределы так называемой наивной теории множеств, не удастся. Иначе говоря, дело не в том, что мы как-то ошибочно, неверно рассуждаем, а в том, что объекты, которыми мы оперировали, не удовлетворяют, по всей вероятности, каким-то требованиям.

Рассел в конце XIX столетия обнаружил еще один парадокс, который носит название «парадокса Рассела» и заключается в следующем. Пусть M — множество таких множеств, которые не содержат себя в качестве своего элемента. Можно было бы привести пример: представьте себе каталог, который описывает разные каталоги, существующие на свете; внутри этого каталога есть карточка, на которой написано название этого же каталога. Тогда он содержит себя в качестве своего собственного элемента. Множество M — это множество таких множеств, которые не содержат себя в качестве своего элемента.

Возникает вопрос: а в это множество M само M должно входить или нет? Предположим, что M не должно входить в множество M , тогда оно будет множеством, не содержащим себя в качестве своего элемента, и поэтому должно входить в M , потому что M — это множество тех множеств, которые не содержат себя в качестве своего элемента. Предположим теперь, что оно содержит в себе самое себя, но тогда оно не является множеством множеств, не содержащих себя в качестве элемента.

Проще этот парадокс Рассел объясняет на примере парикмахера. В селе работает парикмахер, который бреет тех и только тех людей, которые не бреются сами. Может ли такой парикмахер существовать? Допустим, что он существует; он бреет тех и только тех, кто не бреется сам. Но тогда самого себя он бреет или нет? Если он будет бриться сам, то тогда он не будет парикмахером, который бреет только тех людей, которые не бреются сами. Следовательно, такого парикмахера не может

быть, потому что это парадоксальный парикмахер. Но тогда, вероятно, множество M парадоксальное множество, его не может существовать. Точно так же не может существовать множество всех множеств.

Как же могло получиться, что мы пользуемся объектами, которые не годны? Парадоксы, таким образом, породили два ряда собственно философских проблем. Первый ряд связан с выяснением вопросов, что такое математический объект, какова природа математики, и второй — с выяснением того, достаточно ли хороши логические средства, используемые в математике, и можно ли им безоговорочно доверять? Вот эти ми вопросами мы и займемся.

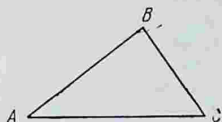


Рис. 1

Прежде всего обратимся к выяснению вопроса о предмете и природе математического знания. Вопрос этот волновал как математиков, так и философов на протяжении тысячелетий. Действительно, математика обладает несколько особым характером, отличающим ее от других областей человеческого знания. Прежде всего отметим две особенности математического знания: его абстрактность и аподиктический характер математических утверждений. Кроме того, математика оперирует некоторыми понятиями, объектами, которые в общем-то мало похожи на объекты реального мира. Если я, например, произвожу умножение, то я ведь не осуществляю каких-то материальных процедур с вещами. Я оперирую чем-то другим. Или, положим, доказывают теорему о площади треугольника, используя при этом чертеж (см. рис. 1).

Но можно ли сказать, что моя теорема относится к фигуре, начерченной на листе бумаги? Ну, конечно, нет. Теорема относится к треугольнику вообще, а треугольник, начерченный на бумаге, есть некоторое вспомогательное (наглядное) средство, которое просто помогает мне доказать теорему. Тогда возникает вопрос, чем я занимаюсь в математике?

Платон в VI книге «Государства» по этому поводу говорит, что математик на самом деле доказывает свои утверждения не относительно начерченной фигуры, а относительно вещей, образом которых является эта

фигура. Платон в данном случае под объектом математического исследования понимает идеальную сущность, которая существует в мире наряду с чувственно воспринимаемыми вещами и даже предшествует существованию последних. Мир чувственно воспринимаемых вещей — только тень, образ мира идей; истинный, действительный мир — это мир идей. У Платона между миром идей и миром чувственно воспринимаемых вещей лежали в качестве промежуточного звена математические объекты. Следовательно, математика вовсе не занимается реальным миром, а лишь исследует мир потусторонний. Такой взгляд на математику сохранялся очень долго, практически до XIX столетия, и опровергнуть его не так-то легко. Материалисты, стоящие на метафизических позициях, доказательно опровергнуть идеализм вообще не могли, потому что в теории познания они стояли на созерцательных позициях.

Несколько иной, но в конечном счете тоже идеалистической, концепции придерживался Кант. Вы открываете «Прологомены» и читаете параграф: «Как возможна чистая математика». Ответ таков: поскольку математика обладает аподиктическим характером, который не может появиться из опыта, она есть наука априорная. Аналогичной была и позиция Юма, который утверждал, что суждения необходимости не могут быть извлечены из опыта (кстати, в этом немало верного. Действительно, через простую индукцию нельзя прийти к выводу о необходимой, аподиктической достоверности знания).

Позицию кантианства поддерживает в настоящее время большинство буржуазных философов. Так, например, Гемпель в своей статье «О природе математической истины» утверждает, что математика совершенно не зависит от опыта. Карнап считает, что математика есть только совокупность формул определенного языка, не имеющая никакого отношения к реальной действительности. Рассел в своей работе «Принципы математики» говорит, что математика есть совокупность предложений, пропозиций типа p и q , которые содержат переменные — одну или больше — и которые соединены между собой логическими константами типа «и» «или», «если..., то...» и кванторами $\forall$, $\exists$ ¹, т. е. и, по Расселу,

¹ B. Russell. The principles of mathematics. Cambridge, University Press, 1903, p. 3.

математика никакого отношения к реальной действительности не имеет. Расселу же принадлежит идея (вслед за Лейбницем), что вся математика может быть выведена из чистой логики. По этому поводу он утверждает, что математика есть развившаяся логика, логика — неразвившаяся математика¹. Таким образом, взгляд на математику как на априорную науку широко распространен и поныне.

Правда, ряд математиков не очень-то соглашается с этим, но отсутствие каких-либо твердых философских позиций мешает им быть достаточно последовательными в этом отношении. В настоящее время многие ученые вынуждены признать опытный, эмпирический характер происхождения математики. Действительно, если мы обратимся к истории становления основных понятий математики, таких, как число, фигура, то мы обнаружим, что они рождены в практической деятельности людей. Первоначально люди употребляли числительные лишь в связи с конкретными объектами. Свидетельство этому — многочисленные лингвистические данные. В китайском языке, например, при подсчете вещей употребляют дополнительные слова: одно дело, если считают скот, и другое — если считают фрукты; счет будет вестись по-разному. Это говорит о том, что первоначально понятие числа было связано с вполне эмпирической процедурой: нужно было сравнивать между собой некоторые множества, совокупности вещей. Что касается основных понятий геометрии, то сейчас, пожалуй, большинство согласно с тем, что они возникли из потребностей измерения площадей.

Но математика в период ее возникновения еще не становится теорией, утверждений математики не нужно было еще доказывать. Любопытно, например, что в древнем Египте площадь четырехугольника со сторонами a , b , c , d определялась при помощи такой формулы:

$$\frac{a+c}{2} \frac{b+d}{2}.$$

Формула заведомо неправильна — она верна только в том случае, если мы имеем прямоугольник. Тем не менее

¹ B. Russell. Einführung in die mathematische Philosophie. München, 1923, S. 25.

египтяне пользовались ею во всех случаях. Причем, если фигура была близка к прямоугольнику, то при степени точности измерения, которая тогда существовала, ошибка получалась настолько незначительной, что ее не замечали. Подтверждением истинности формулы был сам эмпирический факт.

Все это означает, что утверждение Канта о том, что математика обладает аподиктическим характером, верно лишь отчасти. Свойство аподиктичности не является изначала присущим математике. Первоначально математика, как и все другие науки, была чисто эмпирической, ее утверждения носили опытный характер и не обладали свойством необходимости. Лишь впоследствии она становится аподиктической. С чем же это связано? Прежде всего с изменением объектов математического исследования. Ф. Энгельс, отмечая опытный характер происхождения математики, писал в «Анти-Дюринге»: «Чтобы считать, надо иметь не только предметы, подлежащие счету, но обладать уже и способностью отвлекаться при рассматривании этих предметов от всех прочих их свойств кроме числа, а эта способность есть результат долгого, опирающегося на опыт, исторического развития»¹.

Таким образом, предмет математики, оказывается, не просто лежит перед человеком в самом объективном мире. Человек принимает участие в его формировании всей практической деятельностью, ибо для того, чтобы считать, недостаточно иметь предметы, подлежащие счету, а нужно обладать и способностью к абстрагированию.

Необходимость оперировать с множеством вещей и сравнивать их между собой вызвала потребность выделения некоторого эталона множества. Естественное требование к нему, чтобы он был практически удобным и всегда находился под рукой. Таким эталоном оказывались, как правило, пальцы рук человека. При этом рука стала отождествляться с множеством пяти предметов. Постепенно рука уже прочно входит в обиход как эталон множества пяти предметов. Если теперь какой-то человек в результате несчастного случая потеряет, положим два пальца, то когда он скажет: «У меня рука баранов», все поймут, что у него пять баранов. Рука выступает уже

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 37.

символически, как представитель множества. Не нужно каждый раз сопоставлять элементы множества с пальцами рук. Достаточно указать на руку, ибо она выступает уже как некоторое множество. Специфические свойства руки в данном случае игнорируются и фиксируются лишь те, которые связаны с понятием множества. Конкретно-чувственный характер множества исчезает, мы начинаем оперировать им как некоторым абстрактным множеством, и совершенно безразлично, пользуемся ли мы палочками или начерченными на песке черточками.

Потребность в развитии счета порождает еще одну особенность понятийного аппарата математики. Речь идет о том, что числа имеют имя, иначе человек не мог бы оперировать ими. Но много ли имен может помнить человек? Очевидно, не так уж много. Если бы для каждого числа необходимо было создавать новое имя, то считать умели бы лишь очень немногие люди с исключительно богатой памятью, тем более что людям приходилось пользоваться довольно большими числами. Выход был найден в том, что были созданы правила, позволяющие создавать для каждого нового числа новые имена из старых. Но как только мы вместо отдельных имен чисел вводим правила их построения, в математику сразу проникает бесконечность. В таком случае принципиально не существует никакого ограничения для порождения сколько угодно большого числа. Значит, в силу того факта, что отражение реально существующих свойств объектов происходит в виде некоторого символического образа, который сначала выступает как материальная вещь (моя рука), оказывается возможным сделать предмет исследования не реально существующий, а абстрактный объект.

Математик исследует абстрактные объекты действительности. Чем же отличается реально существующий объект от абстрактного и не является ли последний некоей идеальной сущностью? Совсем нет. Абстрактным объектом может являться любой материальный предмет, который подобен оригиналу с точностью до изоморфизма. Для пояснения обратимся к несколько наивному, но верно выражающему суть дела примеру. Пусть нужно разделить пять баранов между тремя людьми. Как в таком случае следует поступить? Конечно, это можно сделать так, что не останется ни одного живого барана, т. е.

всех их перерезать, а потом уже делить. Но можно достигнуть той же цели, исследовав не баранов, а другие материальные объекты, например пять палочек из дерева. Будут ли они подобны баранам? Да, но только в одном отношении, а именно — с точки зрения их множественности. И вот тогда они выступают как абстрактные объекты. Палочки — реальные, они сделаны из какого-то материала, обладают массой свойств. Однако эти их свойства в процессе решения задачи о баранах никак не участвуют.

Итак, предметом математики являются абстрактные объекты, но отнюдь не идеальные сущности, о которых говорил Платон. Но у таких абстрактных объектов не так уж много свойств и они нам заведомо известны. И вот именно в силу этих обстоятельств появляется возможность формулировать утверждения, носящие необходимый, аподиктический характер, основанные не на выводах по индукции через простое перечисление, а на исследовании одного единственного абстрактного объекта, который представляет (с точностью до изоморфизма) бесконечное число предметов реальной действительности.

Наши рассуждения о таких объектах математики, как числа, с равным успехом можно применить и к основным понятиям геометрии, где в основе изоморфизма лежит пространственная форма. Следовательно, предметом математики являются количественные отношения и пространственные формы действительности, но, как говорил Ф. Энгельс, в «чистом виде», т. е. в виде абстрактных объектов.

Перейдем теперь к анализу некоторых логических средств построения математической теории. Всем известно, что в процессе практической деятельности мы оперируем определенными материальными вещами и объектами и можем строить из них новые материальные объекты. При этом мы поступаем таким образом, что наша деятельность соответствует естественным законам бытия самих материальных предметов.

В области математической теории мы тоже оперируем объектами, но только абстрактными. Взяв одни из них как исходные, мы можем построить новые объекты. Имеется, однако, существенная разница. В сфере практической деятельности мы не сможем получить нелепого, несуществующего объекта, ибо это будет противоречить

законам природы. Когда же мы оперируем с абстрактными объектами, используя в качестве средств оперирования логические приемы, то здесь мы вовсе не уверены, что получим такой новый объект, который не будет противоречить некоторым законам объективной реальности. Это может получиться, потому что логические средства теории извлекаются из исследования одной области действительности, а потом применяются в несколько иной области, и в результате может возникнуть объект, не адекватный действительности и ее закономерностям.

Какие же средства используются в математике для построения новых математических объектов из некоторого набора исходных? Обращаясь к истории развития математики, проследим процесс появления такого объекта, как «нуль». Число «нуль» появилось первоначально не как число, не как математический абстрактный объект, а просто как знак в системе счисления, не имеющий значения числа. При создании позиционной системы нумерации возникла потребность отличать разные числа. Ведь в позиционной системе «цена» символа зависит от того места, которое он занимает. Если мы напишем, например, XX, то «цена» каждого знака не зависит от его места в данной записи: знаки имеют одинаковую ценность и обозначают десятки. В позиционной же системе нумерации две одинаковые цифры в записи числа 101 имеют разную ценность: 100 единиц и 1 единица. И без нуля просто нельзя было бы отличить, например, 101 от 1001. Знак «нуль» и был введен, чтобы помочь определить место той или иной цифры в системе записи. Но, раз возникнув, «нуль» начинает играть такую роль, что становится сам числом. Таким образом, некоторая потребность в операции числовыми символами породила новый объект, который мы теперь называем числом 0. При этом естественно, что 0 обладает несколько иными свойствами, нежели все остальные числа. Пришлось исследовать свойства этого нового объекта.

Итак, новое число, новый объект появился не в результате непосредственного отражения самой действительности, а косвенным путем, через некоторые операции над имеющимися абстрактными объектами.

Другой пример — появление отрицательных чисел. Может, например, возникнуть такая задача: мне сейчас 34 года, моему отцу — 62; через сколько лет мой отец

будет старше меня вдвое? При решении уравнения для этой задачи мы должны из 62 вычесть 68. Наличие подобных задач, часто именно осмысленных, а не бессмысленных, вынуждало признать, что существуют и иные объекты, кроме натуральных чисел, а именно — отрицательные числа. Иначе говоря, неограниченное использование операции вычитания порождает новые объекты, которых не было среди известных нам. Приблизительно таким же путем возникли и комплексные числа.

Таким образом, применение в самой математике некоторых операций, которые уже сложились и вызвали доверие, приводило к возникновению объектов, качественно отличных от исходных. И тогда возникла задача обоснования существования этих объектов, задача специфическая именно для математики. Ведь если в результате химической реакции получается новое вещество, то перед химиком не стоит задача обосновать, что это вещество существует.

Кроме рассмотренных в математике используются и иные процедуры образования новых объектов, например определение. Все определения можно разделить на две большие группы: конструктивные и дескриптивные. Одним из видов конструктивных определений является так называемое номинальное определение. С помощью его мы можем ввести, например, новый объект: «степень». Договоримся, что $a \times a$ есть a^2 , или в более общем виде: $a \times a \times \dots \times a$ есть a^n . Мы получили новый объект — a^n .

праз

Он введен в виде некоторого сокращения, которое играет, однако, принципиальную роль в построении математической теории, в том смысле, что теперь можно записать, договорившись о сокращении, фантастически большие числа, скажем: $10^{10^{10^{10^{10}}}}$.

Для обычной записи этого числа не хватит ни бумаги, ни чернил на земном шаре, ни времени человеческой жизни. Кстати, подобные сокращения применимы не только в математике. Если мы хотим сообщить какую-либо информацию, связанную с понятием «капитал», мы ведь не излагаем каждый раз все три тома «Капитала». И просто употребляем слово «капитал» как некоторое

сокращение для обозначения того научного материала, который содержится в труде Маркса.

Надо, однако, сказать, что такие сокращения иногда чреваты большими опасностями, неприятными ситуациями в математике. Карри в комбинаторной логике показал, что чисто номинальное определение некоторых функций приводит к парадоксам, от которых нельзя избавиться в теории. Следовательно, номинальное определение надо всегда проводить осторожно, учитывая возможность возникновения парадоксов.

Второй вид конструктивных определений — это так называемые рекурсивные определения. Для них используется понятие рекурсивной функции. Представим себе, что мы знаем, что такое числа 0 и 1, и элементарную процедуру прибавления единицы (самая простая математическая операция). Оказывается, что достаточно знать, что такое 0, 1 и операция прибавления единицы, чтобы при помощи рекурсивных функций построить всю современную арифметику натуральных чисел со всеми ее операциями. Пусть операция прибавления единицы будет некоторой функцией

$$\beta(a) = a + 1.$$

Поставим задачу определить через $\beta(a) = a + 1$ новый объект в математике, новую функцию — функцию сложения. Можно ли ее свести к известной нам функции $\beta(a)$? Да, можно. Новая функция должна быть функцией от двух аргументов, иначе говоря: $a + n = \varphi(a, n)$. В таком случае функция сложения определится двумя условиями:

1. $\varphi(0, a) = a$,
2. $\varphi(n + 1, a) = \varphi(n, a) + 1$.

Теперь мы можем определить новую функцию через известную нам простейшую функцию $\beta(a)$:

1. $\varphi(0, a) = a$,
2. $\varphi(n + 1, a) = \beta(\varphi(n, a)).$

Таким образом, мы ввели новый объект в математику при помощи рекурсивной функции.

Чем удобны рекурсивные функции, в чем их преиму-

щества перед другими способами введения математических объектов? Они выделяются своей надежностью. Процесс введения нового объекта при помощи рекурсивных определений всегда приводит нас в конечном итоге к старым объектам и исходным операциям, и если старые объекты хороши, проверены на практике, то и новые объекты заведомо всегда будут хорошими. Надо сказать, что в современной вычислительной технике в первую очередь используются рекурсивные функции, так как машина не может отличать хорошие объекты от плохих. Ей нужен такой способ оперирования с объектами, чтобы он приводил к осмысленным результатам. И это достигается при помощи рекурсивных функций.

Вопрос о том, можно ли всю математику, весь современный математический анализ построить при помощи рекурсивных функций, еще не решен. Во всяком случае попытки сделать это до сих пор не увенчались успехом. Однако значительная часть современной математики может быть построена при помощи рекурсивных функций. Математика, построенная так, будет принципиально отличаться от классического анализа, который использует иные логические средства, например так называемые дескриптивные определения.

Дескриптивное определение характеризуется тем, что оно описывает объект без того, чтобы указать, как его построить. Поэтому ко всем дескриптивным определениям предъявляется требование: определение должно сопровождаться доказательством существования определяемого объекта.

Наиболее простым дескриптивным определением может служить такое: корень квадратный есть число, квадрат которого равен подкоренному выражению. Например,

$$\begin{aligned}\sqrt{170} &= x, \\ x^2 &= 170.\end{aligned}$$

На первый взгляд кажется, что это определение мало чем отличается от предыдущих. Новый объект (квадратный корень) определяется через уже известный — степень. Однако первое впечатление обманчиво. В действительности у нас нет еще средств, чтобы построить новый объект. Мало того, у нас нет даже уверенности, что он

существует. В самом деле, если нашими исходными объектами являются положительные и отрицательные действительные числа, то среди них нельзя найти объекта, который удовлетворял бы условию $x^2 = -1$, хотя по определению возможно, что $\sqrt{-1} = x^2$. Только расширение области чисел до комплексных делает осмысленным квадратный корень из отрицательного числа. Но для этого нужно предварительно доказать, что сами комплексные числа существуют. Как известно, в математике более двухсот лет шел спор о том, существуют ли мнимые числа. Следовательно, введение нового объекта при помощи дескриптивного определения не является вполне надежным и требует дополнительного обоснования.

В современной теории множеств, построенной по аксиоматическому методу, как раз и используются дескриптивные определения. Система аксиом теории множеств — это определение объектов теории множеств. То, что такие определения не всегда являются корректными, не всегда дают желательный результат, можно показать на одной из аксиом теории множеств, аксиоме свертывания. Эта аксиома формулируется так:

$$\exists x \forall y (x \in y \equiv \varphi(x))^{1}.$$

Утверждается существование некоторого объекта y такого, что для любого x принадлежность x классу y эквивалентно тому, что x обладает некоторым свойством φ . φ можно рассматривать как некоторую функцию. Казалось бы, что плохого в такой аксиоме? Тем не менее можно обнаружить, что из такого утверждения получаются парадоксы, а именно — парадокс Рассела. Для того чтобы это обнаружить, проведем такую операцию.

В исчислении предикатов, которое используется в качестве логической основы теории множества, существуют следующие правила вывода² (так называемые правила Бернайса):

$$1. \frac{\exists x F(x)}{\vdash F(r)}; \quad 2. \frac{\forall x F(x)}{\vdash F(r)}.$$

¹ Знак $\exists$ — квантор существования, который читается так: «существует x такой, что...»; знак $\forall$ — квантор общности; читается следующим образом: «для всякого x ...»; знак $\equiv$ означает эквивалентность, а знак $\in$ — принадлежность.

² См., напр., С. Клини. Введение в метаматематику. М., ИЛ, 1957, стр. 92.

Применим эти правила к нашему выражению, предварительно введя одно номинальное определение. Номинальное определение будет заключаться в следующем: предположим, что свойство φ означает по определению, что неверно будто бы $x\epsilon x$. Символически это можно записать так: $\varphi(x) =_{df} \neg(x\epsilon x)$. Это определение вполне конструктивно, и везде, где мы встретим $\varphi(x)$, мы ее будем заменять на $\neg(x\epsilon x)$. Начнем применять и то и другое. Сперва избавимся от y и получим выражение

$$\forall x (x\epsilon r \equiv \varphi(x))$$

или

$$\forall x (x\epsilon r \equiv \neg(x\epsilon x)).$$

Избавимся от x :

$$r\epsilon r \equiv \neg(r\epsilon r).$$

Мы получили заведомо парадоксальное утверждение. Таким утверждением уже нельзя пользоваться, потому что оно приблизительно такого же рода, как утверждение $1=0$. Следовательно, как будто ничего особенного не содержащее в себе дескриптивное определение некоторого множества приводит к парадоксу.

Поэтому в отношении дескриптивных определений требуется более внимательный подход и анализ.

Среди дескриптивных определений можно выделить часть определений, которые называются непредикативными. Примером такого определения может служить приведенное выше множество всех нормальных множеств, которое, в свою очередь, должно быть нормальным или ненормальным. Такие определения содержат порочный круг, но во многих случаях он совершенно не страшен, поскольку можно выявить тот объект, который определяется. Если мы оперируем конечными множествами, то непредикативные определения всегда не страшны, ибо путем перебора элементов множества можно обнаружить элемент, который определен; но если мы применяем непредикативные определения к бесконечным множествам, тогда определения могут привести к парадоксам. Действительно может случиться так, что определяемый элемент (а определение дескриптивное, а не конструктивное) вовсе даже и не существует. Установить факт его несуществования мы не можем, поскольку число элементов бесконечно, и перебрать все элементы множества невозможно. Тем не менее без непредика-

тивных определений современный математический анализ построить нельзя. Определение натурального ряда чисел в математике при помощи теоретико-множественных представлений уже непередикативно. Правда, существуют попытки ограничить применение непередикативных определений, но только ограничить: исключить их не удается.

Еще один способ введения объектов в математике — это определение через абстракцию. Что это за вид определения? Пусть нам даны множество M и множество B и пусть мы установили эквивалентность множества M множеству B , т. е. установили взаимно однозначное соответствие элементов множества M и элементов множества B и наоборот. При этом элементы множества B и множества M по своей природе различны. Установление взаимно однозначного соответствия позволяет нам утверждать, что этим множествам присуще нечто общее, одинаковое, т. е. мы абстрагируемся от ряда свойств и сохраняем только те свойства, в которых множества похожи, эквивалентны. Абстрагируя это свойство, мы превращаем его в новый объект теории и говорим, что мы будем называть его кардинальным числом. Следовательно, объект — мощность или кардинальное число — вводится в математическую теорию через абстракцию отождествления. В математике способом определения через абстракцию пользуются для введения в теорию исходных объектов.

Абстракция отождествления, или определение через абстракцию, применяется не только в математике. Так, например, Маркс, анализируя обмен товарами, обнаруживает, что пара сапог обменивается на 7 аршин холста. Сапоги и холст явно разные по своему качеству вещи, но тем не менее они эквивалентны. Обнаружение чего-то общего приводит к новому объекту экономической теории — к понятию сперва меновой стоимости, а затем и стоимости. Следовательно, понятие стоимости вводится при помощи определения через абстракцию.

И, наконец, последнее, что нам хотелось бы отметить, — это введение новых объектов путем доказательства теорем существования (эти теоремы часто называют еще чистыми теоремами существования). Разберем пример. Предположим у нас есть число π и его разложение $3,14\dots$ Докажем, что существует число, которое в

разложении π повторится бесконечное число раз. Тем самым мы обнаружим новый объект, обладающий новыми свойствами. Для доказательства используем такой способ: вместо всех чисел в разложении будем ставить единицы, пока не встретится первый 0; когда встретится первый нуль, мы поставим 0, после чего пойдут другие числа, вместо которых мы будем ставить двойки, и опять до нового 0, тогда опять поставим 0 и т. д. до бесконечности. Разложение числа π примет тогда такой вид:

$$3,11 \dots 0_1 22 \dots 0_2 3 \dots 0_3 4 \dots$$

Если нам встретится какой-то 0_k , то за 0 пойдет число $k+1$. Нетрудно сообразить, что число 0 в этом разложении будет повторяться или конечное число раз, или бесконечное — «третьего не дано». В доказательстве мы используем закон исключенного третьего.

Следовательно, число 0 повторяется или конечное число раз, или бесконечное. Предположим, что число 0 повторяется конечное число раз, т. е. k -тый нуль был последним и дальше нулей не будет. Тогда число $k+1$ будет повторяться бесконечное число раз. В обратном же случае само число 0 будет повторяться бесконечное число раз.

Теперь возникает вопрос: какое же число будет повторяться бесконечное число раз? Теорема ответа на этот вопрос не дает. Мы доказали существование объекта, а что это за объект — не знаем, не можем его найти, указать. У нас принципиально нет средств, при помощи которых мы могли бы показать, что это за объект и как его нужно искать. Таким образом, доказательство существования объекта как будто бы безупречно, но что это за объект — неизвестно. Следовательно, теоремы существования хотя и являются способом введения новых объектов в теорию, но тем не менее не могут показать, что это за объекты и где их искать. (Между прочим, теоремой такого типа является теорема Вейерштрасса о том, что ограниченная возрастающая последовательность действительных чисел имеет наименьшую верхнюю грань. Своеобразие таких теорем заключается в том, что они доказываются при помощи закона исключенного третьего, а этот закон — неконструктивный способ логического рассуждения.)

Таковы наиболее общие способы введения новых ма-

тематических объектов в теорию. Как мы видели, многие из этих способов являются вполне надежными, некоторые — ненадежны и могут приводить к парадоксам; они еще требуют уточнения, требуют рассмотрения, существует ли объект на самом деле, имеет ли он смысл.

Развитие обоснования математики и было направлено на то, чтобы проанализировать логические средства построения теории и найти такие, при помощи которых нельзя было бы получить нелепости, несуществующие объекты. Одним из таких направлений в области обоснования математики является логицизм. Родоначальником его можно считать Фреге, а в более полном виде его развивали Рассел и Уайтхед. Концепция Рассела — Уайтхеда заключается в том, что математика рассматривается как часть логики. При помощи некоторых законов логики и правил вывода строится некоторая формальная система (логическая система), которая представляет собой математическую теорию.

Вопрос о возможности сведения математики к логике обсуждался очень длительное время. Теперь большинство математиков убеждены в том, что этого сделать нельзя. Утверждение логицистов, что они выводят математику из логики, не соответствует действительности, ибо математика есть самостоятельная наука, изучающая вполне определенные закономерности объективного мира. К ней применимы законы логики — это верно. На такой основе и строилась система «Principia Mathematica». Но утверждение о том, что математика выводится из логики, явилось иллюзией для Рассела, Уайтхеда и многих сторонников логицизма.

Чтобы устранить парадоксальные объекты математической теории Рассел и Уайтхед предложили так называемую теорию типов. Содержательно эта теория может быть изложена так: существует мир индивидуальных объектов, которых бесконечно много. Они обладают какими-то свойствами и их можно группировать в классы, в множества. Принципиально важно, что свойства, которые принадлежат индивиду, не могут принадлежать классу индивидов. Поэтому строится некоторая иерархия типов: индивид — это тип № 1, классы индивидов — это тип № 2. Можно из классов составить новые классы, элементами которых будут классы второго типа, но тогда это будет класс типа № 3, затем № 4 и т. п. Таким путем

достигается исключение непредикативных определений, часто приводящих к парадоксам. Кстати сказать, та аксиома свертывания, из которой мы получили парадокс Рассела, при наличии теории типов не даст парадоксов, ибо она должна быть записана так:

$$\exists y_2 \forall x_1 (x_1 \in y_2 \equiv \varphi(x_1)).$$

В теории типов вообще исключается выражение типа $x \in x$, так как знак принадлежности может употребляться лишь в случае, когда индекс при второй переменной по крайней мере на единицу больше индекса при первой. Нельзя, например, утверждать, что существует множество всех множеств. С точки зрения теории типов такие выражения исключаются, и тем самым исключаются и парадоксы.

Казалось, теория типов вполне подходит для обоснования математического анализа и вообще всей математики. Но в дальнейшем оказалось, что это не так. Дело в том, что уже для классов типа № 3 появляются непредикативные определения. Например:

$$\exists m \exists z_1 (x_1 \in z_1 \equiv \exists z_2 \exists z_3 (z_2 \in z_3 \wedge z_3 \in m)).$$

Здесь возникает неприятность: y_2 определяется через z_2 , т. е. через тот же класс, хотя, между прочим, никаких нарушений с точки зрения теории типов нет; правила, относящиеся к индексам, соблюдены, но тем не менее определение оказалось непредикативным.

Кроме того, в теории Рассела—Уайтхеда из-за ряда трудностей пришлось ввести так называемую аксиому сводимости, смысл которой заключался в том, что для всякого утверждения относительно класса типа n имеется эквивалентное утверждение относительно класса типа № 1. Аксиома сводимости была введена потому, что без нее нельзя построить ряд разделов математики. Но если для каждого утверждения какого-либо класса есть эквивалентное утверждение относительно индивидов, то иерархия типов теряет всякий смысл. При этом никакими разумными доводами оправдать аксиому сводимости не удалось.

Таким образом, исходя из попыток построить всю математику из логики и введя как будто бы разумные ограничения, Рассел и Уайтхед не сумели обосновать мате-

матику, и дальнейшие поиски ее обоснования пошли по несколько иному пути.

Этот путь связан с именем Давида Гильберта. Гильберт явился основоположником течения, которое получило название формализма. Главная задача, которую поставил перед собой Гильберт, заключалась в том, чтобы избавиться от философских проблем в обосновании математики. Он стремился отделить проблемы математические от философских следующим образом: существует математика с развитым математическим аппаратом. В математике, исходя из каких-то посылок, при помощи логических рассуждений выводят следствия и тем самым доказывают некоторую теорему. Предпосылкой для всех этих теорий является некоторая совокупность аксиом. Исходя из этого, Гильберт предложил все аксиомы выразить с помощью некоторого символического формализма, т. е. записать в виде формул. В процессе математического рассуждения мы пользуемся правилами вывода. Например, если есть две посылки: «Если A , то B » и « A », то можно в качестве следствия вывести утверждение B . Или символически:

$$\frac{A \rightarrow B, A}{B}.$$

Это правило носит название *modus ponens*. Этим правилом часто пользуются и, чтобы не ошибиться, его следует представить в виде формулы. Когда мы запишем все аксиомы в символической форме, все правила логического рассуждения в виде формул, тогда вывод новой теоремы перестанет быть рассуждением, а станет просто-напросто механической операцией; вместо одних символов мы будем подставлять другие, из одной группы символов выводить другие группы символов по вполне определенным законам. И совершенно неважно, что все это значит. Математика превратится в совокупность знаков, которые написаны на бумаге и которыми мы можем оперировать.

Поскольку математика представляет собой лишь совокупность формул, то, естественно, возникает вопрос: как определить ее пригодность? Гильберт предложил воспользоваться критерием непротиворечивости. При этом могут существовать два разных критерия непротиворечивости формальных систем. Первый из них называется се-

мантическим. Смысл его заключается в том, что для данной формальной системы строится модель, которая должна взаимно однозначно соответствовать символизму формальной системы. Например, арифметику комплексных чисел можно интерпретировать моделью, представляющей собой преобразование векторов на плоскости. Но для Гильберта такой путь был не совсем приемлем, так как он предполагает все же умение сопоставлять математический формализм с какой-либо другой теорией, а Гильберт хотел избавиться от подобного рода задач.

Тогда он ввел некоторый синтаксический критерий непротиворечивости. Согласно этому критерию, теория непротиворечива, если в ней нельзя вывести одновременно формулу A и формулу $\neg A$. Предположим на минуту, что такое доказательство непротиворечивости теории могло бы быть проведено. Можно ли тогда математику считать вполне обоснованной? Конечно, нет. Ведь сам критерий непротиворечивости должен быть обоснован. Иначе говоря, критериальная способность непротиворечивости сама должна быть проверена в практике. В противном случае неизбежно должна быть принята кантовская концепция математики, утверждающая ее (математики) априорный характер.

Таким образом, пытаясь избавиться от философских проблем, вводя критерий непротиворечивости как критерий, не зависящий от каких-либо философских концепций, Гильберт тем не менее вынужден был встать на определенную философскую позицию, а именно: признать, что в голове человека существуют такие образы, которым ничто не соответствует в самой действительности, т. е. встать на позицию идеалистическую. В связи с этим с точки зрения теоретико-познавательной вряд ли можно признать критерий непротиворечивости в качестве основного и даже единственного критерия математического знания.

Мало того, и с технической точки зрения задачу не удалось решить. Между прочим, сам этот факт не случаен, ибо свидетельствует о несостоятельности концепций, противоречащих научному решению теоретико-познавательных проблем.

В 30-е годы анализ проблемы непротиворечивости был значительно продвинут исследованиями Гёделя. Гёделю принадлежит доказательство теоремы о неразре-

шимости достаточно сильных формальных систем, подобной системе «Principia Mathematica». Неразрешимость означает, что нельзя относительно любой формулы A , сформулированной средствами данной системы, доказать, выводима она или не выводима, истинна она или не истинна, средствами самой этой системы. Это значит, что синтаксическую непротиворечивость достаточно сильных систем доказать нельзя. Следовательно, вся программа Гильберта даже с технической точки зрения неосуществима.

Гёдель показал далее, что недоказуемое утверждение может быть доказуемо в более широкой системе. Но и в ней опять окажутся такие утверждения, которые будут истинными содержательно, но их нельзя будет доказать средствами данной формальной системы.

Какие теоретико-познавательные выводы вытекают из этой теоремы Гёделя? Человеческое мышление нельзя формализовать раз и навсегда, оно постоянно развивается и обогащается. Нельзя все его богатство втиснуть в прокрустово ложе какой-либо аксиоматической системы, ибо всегда будут появляться истинные утверждения, которые нельзя доказать средствами данной аксиоматической системы, а нужно искать иные средства доказательства.

Таким образом, попытка Гильберта избавиться от философских проблем в обосновании математики, используя лишь формализацию и критерий непротиворечивости для ее обоснования, оказалась неосуществимой. Конечно, вся работа, проделанная Гильбертом, не пропала даром, потому что формальные системы приносят значительную пользу в решении ряда научных проблем, и сам анализ формальных систем необходим, в том числе с точки зрения непротиворечивости, полноты, разрешимости и т. д. То есть вся проблематика, порожденная трудами Гильберта, имеет громадное значение в области анализа математики, аксиоматических систем. Пользу его исследований отрицать нельзя. Но не следует думать, что при помощи разработанных Гильбертом средств можно окончательно разделаться с обоснованием математики и выяснить специфические особенности ее объектов.

Кроме логицизма и формализма существует еще ряд других направлений в обосновании математики (конвен-

ционализм, интуиционизм, различные формы конструктивизма). Однако ни одно из них не решает проблему предмета математики и специфики ее объектов в полной мере. Мы не беремся дать ответы на все вопросы, связанные с обоснованием математики. Мы пытались показать только, что они не могут быть решены вне философского, теоретико-познавательного анализа.

Только тщательный гносеологический анализ (исследование сущности абстракции и абстрагирования), проведенный на основе диалектико-материалистической методологии, даст возможность справиться с трудностями в развитии математики. Конечно, нельзя ожидать от марксистской философии решения всех проблем и на все времена. Диалектический материализм должен использоваться прежде всего как метод исследования, который позволяет в новых условиях, опираясь на новые данные науки решать философские проблемы математики.

А. Р. ПОЗНЕР

ПРОБЛЕМА ПРОТИВОРЕЧИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ МИКРОМИРА И СПОСОБЫ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные достижения современной физики, прежде всего открытие противоречивой корпускулярно-волновой природы поля и вещества, взаимопревращаемости частиц, античастиц и поля, установление типов взаимодействия между материальными частицами и связи между этими взаимодействиями, — все эти открытия явились дальнейшим обогащением и подтверждением диалектико-материалистического взгляда на природу. Они, в частности, показали, как современное естествознание «впитывает диалектику» (Ф. Энгельс).

Как ни специфична новая область микроявлений, как ни необычны действующие здесь закономерности, и в этой сфере физика доказала неуничтожаемость материи, взаимопревращаемость различных форм ее движения.

Процесс познания микроявлений, их противоречивой корпускулярно-волновой природы прошел ряд этапов. Прежде всего надо отметить, что дверь в сферу микромира была приоткрыта благодаря установлению Планком новой константы. Эта константа показала, что распространение световой энергии происходит не непрерывно, как полагали раньше, а определенными порциями — квантами — мельчайшими дискретными частицами.

Вначале сам Планк называл новую константу «выскочкой», «чуждым элементом», и тут, видимо, сказалась

своеобразная диалектика познания: константа h прошла сложный путь признания, от «чуждого элемента» и «выскочки» до владычицы современной физики.

Уже первые квантовые формулы показали связь и единство противоположных корпускулярных и волновых свойств света:

$$E = h\nu,$$

$$p = h\bar{k}.$$

В этих формулах константа h выступила своеобразным звеном, связывающим корпускулярные свойства, выраженные в понятиях энергии (E) и импульса (p), и волновые свойства, характеризующиеся частотой (ν) и волновым числом (k).

Первоначально корпускулярно-волновой дуализм был установлен в отношении света. Благодаря исследованиям первого десятилетия XX в. было показано, что свет наряду с волновыми свойствами обладает и корпускулярными. Открытиями, которые подтвердили наличие двуединой корпускулярно-волновой природы света, явились следующие: открытие Планком в 1900 г. новой константы (h), а в 1905 г. — исследование Эйнштейном явления фотоэффекта и попытка объяснения этого явления с помощью выдвинутой им гипотезы световых квантов (фотонов). Исследование Эйнштейна позволило установить зависимость вырванных электронов от интенсивности светового потока и определенную связь между кинетической энергией вырванных электронов и частотой падающего света:

$$\frac{m_0 v^2}{2} = h\nu - w.$$

Кинетическая энергия оказывается равной энергии светового потока минус работа вырывания, которая затрачивается на удаление электронов из металла. С помощью гипотезы световых квантов удалось показать, что свет обладает корпускулярными свойствами.

Третьим открытием явилось исследование, проведенное американским физиком Артуром Комптоном в 1923 г. и получившее название «эффекта Комптона». Опыт заключается в том, что проводилось рассеяние рентгеновского луча свободными электронами вещества, причем

согласно классической теории следовало ожидать, что частота рассеянного рентгеновского излучения должна быть равна частоте падающего луча ($\nu' = \nu$). Но при подсчете было показано, что частота рассеянного излучения всегда меньше первоначальной частоты падающего света ($\nu' < \nu$). Это объяснялось тем, что частицы света (фотоны) вступали во взаимодействие с частицами вещества (электронами), на которых рассеивался свет. В результате этого фотоны теряли часть энергии, а электроны приобретали ее. Происходила потеря импульса фотонов за счет увеличения импульса электронов отдачи, и благодаря этому взаимодействию, т. е. импульсно-энергетическому обмену, частота рассеянного излучения оказывалась всегда меньше первоначальной частоты падающего луча.

Таким образом, в квантовой теории света на основе этих трех открытий было экспериментально показано, что свет наряду с волновыми свойствами обладает корпускулярными, т. е. имеет двуединую природу.

Еще более удивительными оказались открытия, связанные с обнаружением волновых свойств вещества, корпускулярно-волнового дуализма мельчайших частиц материи. Идея о «волнах материи» была выдвинута первоначально в виде гипотезы. В 1923—1924 гг. Луи де Бройль в докторской диссертации, выполненной под руководством выдающегося физика Ланжевена, предположил, что подобно тому, как свет обладает корпускулярными свойствами, частицы материи могут обладать волновыми свойствами, и дал формулу, которая устанавливала связь между длиной волны (λ) и импульсом (p) частиц:

$$\lambda = \frac{h}{mv}.$$

На основе новых представлений движение частиц, обладающих энергией и импульсом, связывалось с распространением монохроматической волны. Из классической волновой оптики было известно, что волновая функция выражается следующей формулой:

$$\Psi(x, t) = Ce^{i(\omega t - kx)},$$

где x — координата, t — время, а ω — циклическая частота.

Подставляя сюда значение ω и k из первых квантовых формул, можно было получить квантовомеханическое выражение волновой функции, которая имела такой вид:

$$\Psi(x, t) = Ce^{\frac{i}{\hbar}(Et - px)}.$$

Данная функция отражала связь волновых и корпускулярных свойств в движении частиц и в последующем вошла в волновое уравнение Шредингера.

Гипотетические волны, получившие название «волны де Бройля», спустя 4 года были экспериментально обнаружены в опытах Дэвисона и Джермера по дифракции медленных электронов при отражении от кристаллической решетки никеля. Сходные опыты были затем проведены английским физиком Томсоном и советским исследователем Тартаковским с быстрыми электронами на прохождение через кристаллическую решетку никеля.

В результате этих опытов было установлено, что пучок электронов, проходя или отражаясь от кристалла никеля, давал на экране типичную дифракционную картину, аналогичную той, которая наблюдалась при дифракции рентгеновского луча. Следовательно, пучок электронов в этом эксперименте ведет себя подобно рентгеновскому лучу, т. е. наряду с корпускулярными обладает и волновыми свойствами.

Следует отметить, что в дальнейшем такие опыты проводились в несколько других условиях. В частности, академик С. И. Вавилов исследовал дифракцию поочередно летящих фотонов; подобное же исследование было проведено группой советских физиков в Энергетическом институте в 1949 г. Опыты показали, что не только пучок частиц, но и одиночно, поочередно летящие частицы обладают волновыми свойствами и дают типичную дифракционную картину.

В 1927 г. было установлено соотношение неопределенностей как следствие противоречивой, корпускулярно-волновой природы микрообъектов: $\left[\Delta p \cdot \Delta q \geq \frac{\hbar}{2\pi} \right]$, что породило большую философскую дискуссию. Итоги ее примечательны: дискуссия показала, что само это соотношение может быть правильно понято в философском плане лишь при его диалектическом осмыслении. Дело

в том, что в сфере микромира устанавливаются такого рода противоречивые связи между импульсом и координатой, что, будучи сопряженными, они не могут обладать одновременно собственными значениями: чем определеннее значение координаты частицы, тем менее определенно значение импульса. Тенденция к пространственной локализации микрообъекта оказалась связанной с противоположной тенденцией выхода из точно ограниченной пространственной области в силу увеличения импульса, изменения скорости частицы за счет различного рода взаимодействий.

Таким образом, в ходе развития квантовой физики был установлен корпускулярно-волновой дуализм света и вещества.

Исследования природы света и элементарных частиц показали, что между тремя основными видами материи — частицами, античастицами и полем — существует глубокая и тесная связь, выражающаяся в их взаимопревращаемости. После 1932 г., когда была открыта первая античастица — позитрон, удалось обнаружить большую группу античастиц. В последнее десятилетие открыты антипротон, антинейтрон, большая серия антигиперонов, и эти открытия продолжают по сей день.

Было установлено, что с каждой «элементарной» частицей связана античастица, тождественная с ней по массе и противоположная по другим характеристикам, например по заряду, направлению магнитного момента и др. Из античастиц могут образовываться антиядра и антиатомы. При столкновении частиц и античастиц происходит их превращение в кванты поля или другие частицы.

Современной физикой показана глубокая связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства-времени, например закона сохранения энергии — с однородностью времени, закона сохранения импульса — с однородностью пространства. Так, в законе сохранения четности отразился тот факт, что противоположные «левая» и «правая» системы отсчета, полученные в результате зеркального отражения, симметричны и эквивалентны. Это указывает на одну из особенностей осуществления закона единства противоположностей в микромире: каждый микрообъект (частица) с определенными пространственными свойствами сопряжен с симмет-

ричным, противоположным ему микрообъектом (античастицей), являющимся его «зеркальным» отражением.

В 1956 г. было обнаружено нарушение закона сохранения четности при слабых взаимодействиях. Оказалось, что при бета-распаде ядра радиоактивного кобальта-60 в направлении магнитного поля вылетает гораздо больше электронов, чем в противоположном направлении, т. е. не выполняется требование сохранения четности.

Для объяснения этого явления советский академик Л. Д. Ландау выдвинул гипотезу «комбинированной инверсии». Она учитывает связь зарядового сопряжения с зеркальной симметрией, т. е. знака заряда частицы с областью пространства, в которой она находится. При переходе от «левой» к «правой» системе отсчета требуется замена знака заряда на противоположный. В этих условиях изменение направления координатных осей на противоположное включает одновременное изменение знака заряда частиц и соответственно переход от частиц к античастицам. Следовательно, частицы и античастицы связаны между собой не только относительно зарядового сопряжения, но и зеркальной симметрии. Поэтому зеркальным отражением распада частицы будет распад ее античастицы. Связь частиц и античастиц выступает, таким образом, как единство противоположных объектов в отношении их зарядовых и пространственных свойств.

Гипотеза Ландау интересна и в другом аспекте: она представляет один из примеров объяснения и преодоления теоретических трудностей в современной физике путем установления новых, более тесных зависимостей между различными видами материи и их свойствами. На этих примерах видно, как осуществляется в исследовании явлений микромира то, что мы называем в диалектике раздвоением единого и познанием противоречивых частей его. Открытия в физике, связанные с анализом структуры элементарных частиц, также в своеобразной форме выявили глубокую диалектику. Особо важными для рассмотрения сложного строения элементарных частиц оказались соотношение структуры и элемента, целого и части, единство сложного и элементарного.

Из анализа основных групп противоречий в современной физике следует один важный гносеологический вывод. Он заключается в том, что открытия начала XX в. и последующего периода показали сначала недостаточ-

ность, а потом и невозможность исследования специфических свойств микросубъектов теми приемами и методами, которые были выработаны классической физикой. В классической физике использовался определенный логический аппарат, тесно связанный с традиционными формальнологическими приемами исследования. Недостаточность этого аппарата была показана уже развитием физики второй половины XIX в., а в последующий период стало очевидным, что необходимо искать новые формы и методы исследования, которые бы помогли наиболее адекватно воссоздать противоречивую корпускулярно-волновую природу микросубъектов.

Не останавливаясь на всех этапах, которые прошла квантовая физика в разработке методов исследования микросубъектов, подчеркнем прежде всего, что уже начальный период был связан с большими трудностями в понимании корпускулярно-волнового дуализма. Физики не сумели адекватно объяснить механизм связи корпускулярных и волновых свойств объектов. Можно сослаться на слова Дэвисона, который первым наблюдал опыт с электронной волной. В одном из своих докладов он говорил: «Возможно ли, что мы все время ошибались, считая электроны частицами, тогда как в действительности они суть волны? Мне, конечно, незачем повторять, — что электроны действительно являются частицами»¹. Из этого высказывания видно, что экспериментатор, впервые наблюдавший электронные волны, все-таки рассматривал электроны только как частицы.

Следует отметить, что процесс расшифровки корпускулярно-волнового единства не закончен до настоящего времени. Уже очевидно, что частицы не просто образуются из волн, а волны не являются механической совокупностью частиц. Однако до конца механизм корпускулярно-волнового дуализма еще не выяснен. Отсюда понятно, какие трудности стояли на заре квантовой физики, когда естествоиспытатели впервые столкнулись с противоречивой природой микросубъектов.

О такого рода трудностях образно говорил Нильс Бор, выступая в 1961 г. перед студентами физического факультета МГУ. Он сказал, что начальный период в развитии квантовой физики можно сравнить с «путе-

¹ «Успехи физических наук», 1928, т. VIII, вып. 4, стр. 485.

шествием в страну Неведомого». И понятно, какой теоретической смелостью должны были обладать физики, чтобы выйти на поиски в эту «страну».

Трудности, которые возникли на заре атомной физики, усугублялись еще незнанием диалектики. Это был период кризиса философских, методологических основ науки, блестяще проанализированный В. И. Лениным в книге «Материализм и эмпириокритицизм». Ленин показал, что единственным выходом из кризисного состояния является сознательное овладение и применение диалектики. В этих условиях перед исследователями встала задача найти новые пути физического познания, т. е. такие приемы и средства исследования, которые помогли бы учесть противоречивую природу микрообъектов и овладеть сложными закономерностями их движения.

В связи с этим представляет интерес анализ методологической концепции дополнительности, которая была выдвинута и развита выдающимся датским физиком Нильсом Бором и стала основой его философских взглядов. Следует отметить, что эта концепция на ранних этапах развития квантовой физики возникла в связи с попытками преодоления методологических трудностей. С первых же шагов на арене науки усилия молодого Бора были подчинены тому, чтобы решить одну из основных теоретических проблем того времени: ввести новую постоянную h в рамки существующей теории или, выражаясь словами Планка, «включить новый чуждый элемент (квант действия) в рамки общепризнанной теории».

В целом решение этой проблемы было дано благодаря развитию квантовой механики, и с этим процессом связано возникновение и развитие методологической идеи Бора — идеи «дополнительности». В ходе становления концепции Бора обнаружились и положительные ее стороны, способствовавшие пониманию и освещению некоторых гносеологических трудностей, и отрицательные моменты, особенно сказавшиеся впоследствии.

Квантовая механика в своем развитии прошла два основных этапа, обусловленных исследованиями двух групп экспериментальных фактов, противоречащих классической физике. Первый этап (1913 г.) был связан с открытием (благодаря введению константы h) энергетических уровней, стационарных состояний атома в атом-

ной модели Бора, второй (1927 г.) — с объяснением опытов по дифракции электронов. Одновременно с этим развивалась философская концепция Бора. Если на первом этапе развитие идеи дополнительности шло имплицитно, в зародышевой форме, то на втором — она получила свою формулировку в явном виде.

Касаясь первого этапа развития квантовой механики, следует отметить, что благодаря введению квантовых постулатов Бору удалось совершить синтез физических представлений первого десятилетия XX в. Этот синтез состоял в своеобразном компромиссном соединении квантовых представлений, вызванных открытием Планка, и планетарной модели атома Резерфорда, в которой еще сохранились старые классические представления. С помощью постулатов Бору удалось, как говорили некоторые авторы, «обвенчать» постоянную Планка с классической моделью атома Резерфорда. Этот «брак по расчету», тщательному математическому расчету, выполненному молодым тогда физиком, оказался чрезвычайно удачным по своим последствиям; благодаря такому «бракосочетанию» удалось сделать первый реальный шаг в объяснении своеобразия свойств микрообъектов. В дальнейшем модель Бора претерпела существенные изменения и уточнения, но Эйнштейн, оценивая ее впоследствии, сказал: «Если бы не Бор, то неизвестно, как бы обстояло у нас дело с познанием атома».

В модели Бора наряду с такими аспектами, которые нашли отражение в принципе соответствия, возникли некоторые элементы будущей идеи дополнительности, которые в дальнейшем получили свое более полное развитие. В 1928 г., оценивая особенности своей модели, Бор писал: «Здесь мы сталкиваемся с взаимной дополнительностью возможностей определения, аналогичной той, которая рассматривалась в связи со свойствами света и свободной материальной частицы... Последовательное применение понятия стационарных состояний исключает всякую возможность более детального понимания поведения отдельных частиц в атоме...»¹. В период своего зарождения идея дополнительности выражала стремление сохранить старые классические представления и использовать их для анализа нового мира явлений.

¹ N. Bohr. Atomic Theory and the Description of Nature. Cambridge, 1934, pp. 77—78.

Здесь можно отметить одну особенность возникавшей идеи дополнительности по сравнению с принципом соответствия, сформулированным Бором в 1913 г. В принципе соответствия была «угадана» диалектика процесса познания и показано, что между старыми классическими представлениями и новыми, квантовыми существует своеобразная связь. Она выражалась в том, что квантовые представления не просто отбрасывают классические, но как бы содержат их в «снятом виде». Благодаря предельному переходу, т. е. при $h \rightarrow 0$, законы квантовой механики переходят в законы классической механики. В отличие от принципа соответствия, идея новой формы связи в виде дополнительности приводила к тому, что классические и квантовые представления отождествлялись непосредственно, минуя предельный переход, в результате чего они становились «дополнительными» друг к другу.

На раннем этапе в этом и заключались некоторые элементы возникавшей идеи дополнительности. Но сам термин *complementarity* появился в 1927 г. Он был впервые употреблен Бором во время его выступления осенью 1927 г. в швейцарском городе Комо на Международном конгрессе физиков. В связи с этим он сказал: «При описании атомных явлений квантовый постулат выдвигает перед нами задачу развития некоторой теории «дополнительности»»¹. Интересно отметить, что возникновение своей концепции Бор связывает не с соотношением неопределенностей, как это было сделано в последующем рядом авторов, а с квантовым постулатом, т. е. с наличием новой константы h . В последующем он еще раз подчеркнул это, отмечая в 1932 г. «существование дополнительности описания, порожденной квантом действия». Существо этого способа описания заключалось в требовании применять при анализе противоречивых квантовых явлений противоположные, взаимоисключающие и ограничивающие друг друга неадекватные классы понятий в виде дополнительных пар. Иными словами, это требование сводилось к тому, чтобы применять при анализе квантовых явлений классические понятия в виде дополнительных пар, например корпускулы и волны. Таким путем Бор рассчитывал преодолеть парадокс, воз-

¹ N. Bohr. Atomic Theory and the Description of Nature, p. 55.

никший в квантовой механике и, по мнению ряда ее создателей, заключавшийся в том, что квантовая механика, с одной стороны, устанавливала недостаточность, ограниченность классических понятий, а с другой — неизбежность их применения.

В дальнейшем развитии концепции Бора сказалось известное влияние неопозитивизма. Но, говоря об этом влиянии, следует иметь в виду высказывание Ланжевена о том, что в своих философских взглядах Бор в отличие, например, от Эддингтона проявлял «известную осторожность». Эта оценка характеризует философскую позицию Бора 30—40-х годов лучше, чем попытки сблизить взгляды Бора с воззрениями крайних позитивистов типа Иордана, которые договаривались до идеалистических выводов о «свободе воли» электрона и т. д. В последние годы в ряде статей Бор уточнил свою позицию. Он отказался от употребления ряда субъективистских терминов, наподобие «принципиальной неконтролируемости» и др., и подходил к материалистическому пониманию важнейших философских проблем квантовой механики. Анализ его последних работ показывает, что в рациональном содержании понятия дополнительности Бор стремился подчеркнуть ограниченность классических представлений и гносеологическую новизну квантовой механики; учесть противоречивый корпускулярно-волновой характер микрообъектов и их связи с макроскопическими условиями.

Следует отметить, что Бор не ограничивался применением идеи дополнительности к анализу квантовых явлений, но в ряде выступлений придавал ей всеобщий характер, подчеркивая универсальность тех логических ситуаций, для рассмотрения которых необходим метод дополнительности. Среди таких ситуаций Бором и его сторонниками указываются, например, следующие: в термодинамике — динамическое и статистическое поведение системы; в химии — химические свойства атомов и движение электронов внутри них; в биологии — механизмы и витализм, физико-химические процессы в организме и его функциональная деятельность; в психологии — разум и инстинкт, свобода воли и детерминизм, мысль и действие, размышление и принятие решения; в социологии — положение индивида в обществе, индивидуальная свобода и общественное равенство, милосердие

и правосудие; в искусстве — выбор между наслаждением музыкой и анализом ее структуры; в познании — равновесие между стремлением к всеобъемлющему взгляду на жизнь и человеческими возможностями, различие объективного значения и субъективной веры, отношение между строгим определением понятия и его практическим употреблением и др.

Возникает вопрос: каково же действительное значение «дополнительного способа описания», не является ли он формой раскрытия и познания противоречий в микромире и других областях?

В философской концепции Бора несомненны элементы диалектики и при конкретном анализе названных ситуаций в его подходе обнаруживается известное сходство с диалектическим подходом. Поэтому не случайно в некрологе, который был подписан группой выдающихся советских физиков в ноябре 1962 г., отмечалась «глубокая диалектичность мышления, отличавшая Бора на протяжении всей жизни». Мы видим, что у Бора обнаруживается стремление учесть противоречивые, противоположные стороны различного рода объектов и ситуаций. Но можно ли, исходя из этого, делать вывод, что концепция дополнительности представляет собой полное тождество с диалектикой? Такого рода высказывания были допущены рядом зарубежных авторов, которые стоят на позициях логического позитивизма. В частности, Детуш-Феврие писала: «Дополнительность представляется нам типом Бора профессор Розенфельд отмечал, что из учеников Бора профессор Розенфельд отмечал, что «диалектические отношения принимают в его уме форму отношений дополнительности...»².

Сами по себе эти свидетельства интересны, поскольку они в своеобразной форме подтверждают наличие элементов диалектического мышления у Бора. Но попытки отождествления дополнительности и диалектики тем не менее оказываются необоснованными. Прежде всего это можно видеть на примере анализа проблемы корпускулярно-волнового дуализма.

Существует ряд подходов к анализу этой проблемы. Во-первых, механистический, метафизический

¹ «Dialectica», 1948, vol. 2, n 3/4, p. 409.

² «Science Progress», 1953, vol. XLI, No. 163, p. 408.

подход, связанный с тем, что микрочастицы рассматривались или как волновые образования, когда частица отождествлялась с волновым пакетом, или как корпускулярные образования, когда частица механистически связывалась с волной («волна-пилот»), рассматривалась как пилотируемая волной. Противоположные корпускулярно-волновые свойства, таким образом, «доводились» до разных субъектов в виде различных объектов. При этом центр тяжести переносился с волновых связей этих противоречивых свойств на то, что речь идет об одном микрообъекте с противоположными свойствами в зависимости от различных условий. В данном случае образуются не противоположные свойства, а знание противоположных свойств в единстве.

Несколько иной аспект был намечен в работе М. Э. Омелянского; ее нельзя назвать метафизической, поскольку метафизика или метафизические моменты метафизики или механицизма в ней отсутствуют. М. Э. Омелянский рассматривает принцип дополнительности как бы сочетая в себе механистический и диалектический подход. Это сочетание, с одной стороны, в подчеркивании взаимной исключаемости противоположных свойств объектов, а с другой — в попытке установить связь между этими противоположными свойствами, — был бы в виде отношения «дополнительности». В понимании разнородных элементов многие сущности или концепции не могли удержаться на «третьей» позиции по существу, переходили на механистическую или механистическую позицию. В одной из своих статей, имея в виду сходство первого и третьего подходов, М. Э. Омелянский писал: «В каждой из этих интерпретаций... не устанавливая никакой реальной связи корпускулярных и волновых представлений, выражаемых в форме, неадекватной тождеству противоположностей частицы и волны»¹.

Надо сказать, что представители копенгагенской интерпретации чрезвычайно абсолютизируют противоположные свойства микрообъектов, доводят эту противоположность до несовместимости в одном объекте. Можно

¹ М. Э. Омелянский. Диалектическое противоречие в современной физике. «Вопросы философии», 1960, № 12, стр. 77.

сослаться на одно из высказываний Гейзенберга, который говорил: «Две картины являются, конечно, взаимоисключающими, потому что определенная вещь не может быть в одно и то же время частицей и волной, но они являются дополнениями друг друга»¹. Аналогичный момент применительно к употреблению понятий был подчеркнут Розенфельдом: «Противоположные классы понятий могут применяться к различным ситуациям... Если пытаются применять оба из них к одной ситуации, тогда, конечно, каждый впадает в противоречие»². Здесь видно, как дуализм субстанций — «волна или частица» — приводит к «дополнительности» описания, к дуализму картин, между которыми устанавливаются дополнительные отношения.

В работах советских физиков, особенно академика Вавилова, было показано, что диалектическое рассмотрение проблемы корпускулярно-волнового дуализма, или точнее единства, означает признание одновременного наличия этих объективных свойств микрочастицы и возможности проявления этих свойств (корпускулы или волны) в зависимости от особенностей экспериментальной обстановки. Иначе говоря, проявление этих свойств действительно может происходить по формуле «или — или» — или волна, или корпускула, — но наличие их у микрообъекта выражается формулой «и волна, и корпускула». Такие состояния наблюдаются физически. Например, академик Фок в одной из статей отмечал: «Возможны и такие условия, когда волновые и корпускулярные свойства электрона проявляются одновременно... Например, для электрона, связанного в атоме»³.

Таким образом, для метода дополнительной характерно разведение противоположностей, их абсолютизация. Если диалектика подчеркивает момент синтеза, единства, даже тождества противоположностей, то дополнительность прежде всего стремится выявить абстрактное различие, существующее в предметах, т. е. «низвести» противоположные свойства-атрибуты до уровня противоположных объектов-субстанций. Следует от-

¹ W. Heisenberg. *Physics and Philosophy*. New York, Harper, 1958, p. 49.

² «Nature», 1961, vol. 190, No. 4774, p. 385.

³ Сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1959, стр. 163.

В этой связи можно сослаться на мнение академика Фока: «Поскольку термин «принцип дополнительности» потерял свой первоначальный разумный смысл и стал употребляться как обозначение для несуществующих ограничений познания и для других неправильных понятий, лучше всего от него отказаться»¹. Эти пожелания, очевидно, не противоречат и истинному духу исследований Бора. В последнее время становилось все более очевидным, что философские высказывания Бора перерастают узкую терминологическую схему «дополнительности».

Для анализа методологической роли концепции «дополнительности» опасны, как недооценка ее логических, гносеологических нововведений, так и их абсолютизация. История естественнонаучных теорий показывает, что начальный период их развития и его конечный этап различаются степенью полноты, конкретности знания об исследуемых объектах. На заключительной стадии некоторые понятия и принципы, казавшиеся «фундаментальными», могут утратить свое бывшее значение. «Всякая форма, — писал Н. Бор, — как бы она ни была полезна в прошлом, может оказаться слишком узкой для того, чтобы охватить новые результаты»².

Сказанное не исключает, на наш взгляд, того, что некоторые выводы из рационального содержания методологической идеи Бора, в которой стихийно отразились элементы диалектики, могут оказаться полезными при разрешении трудностей, возникающих в развитии теории «элементарных» частиц (например, для понимания ограниченности квантово-механических понятий, подобно тому, как в свое время была установлена ограниченность классических понятий, или для учета при характеристике свойств микрообъектов их зависимости не только от экспериментальных макроскопических условий, но и от субквантовой обстановки).

Объективное содержание исследований Нильса Бора и выводы, логически следующие из них, обогатили научные представления о диалектическом характере процессов природы и с новой силой подчеркнули необходимость сознательного овладения и применения диалектического метода в научных исследованиях.

¹ Сб. «Философские проблемы современной физики». М., 1958, стр. 78.

² Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., ИЛ, 1961, стр. 91.

Б. Я. ПАХОМОВ, В. И. КУПЦОВ

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ И ПРИЧИННОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

1. ЛАПЛАСОВСКИЙ ДЕТЕРМИНИЗМ

История современной физики начинается с работ Галилея, открывшего эру широкого применения в науке эксперимента. Систематическое использование экспериментального метода для изучения явлений природы, начавшееся в XVII в., сразу же привело к огромным успехам в деле познания ее законов. Особенно большого успеха удалось добиться в области изучения закономерностей механического движения.

Простейшие равновесные системы, перемещение тел под действием силы тяжести или силы живой тяги, были предметом исследования еще в древнем мире, начиная с V—IV вв. до н. э. Однако относительно низкий уровень развития производительных сил обусловил вплоть до нового времени ограничение круга исследуемых проблем, связанных с перемещением тел, наиболее простыми и изолированными друг от друга задачами. Только в период бурного развития промышленности, в период становления капиталистического общества начиная с XVII в., изучение процессов, связанных с перемещением тел, становится систематическим. Быстрое развитие ремесла, военного дела, морского судоходства, строительства выдвинуло перед учеными огромное количество самых разнообразных механических задач, решение кото-

рых уже не могло быть осуществлено путем построения частных конкретных теорий и методов, предназначенных для решения каждой специальной задачи. Требовалась единая теория, которая охватывала бы все основные закономерности механического движения. К началу XVII в. усилиями таких выдающихся ученых, как Галилей, Декарт, Гюйгенс, Ньютон и др., необходимая теория, получившая название механики, была в общих своих чертах создана.

То обстоятельство, что изучение механических закономерностей было наиболее успешным, не является случайным. Как отмечал Ф. Энгельс, «изучение природы движения должно было исходить от низших, простейших форм его и должно было научиться понимать их прежде, чем могло дать что-нибудь для объяснения высших и более сложных форм его»¹.

Огромные достижения механики, успешно применявшейся для объяснения самых разнообразных явлений (тяготение, свет, звук и др.), обусловили возникновение и широкое распространение механистического мировоззрения, согласно которому в основании мира лежат некоторые частицы, природа которых «должна быть постоянной, изменения телесных вещей должны проявляться только в различных разделениях и новых сочетаниях и движениях таких постоянных частиц»². Как писал, выражая мировоззрение своего времени, Лаплас, «все действия природы не что иное, как математические результаты небольшого числа неизменных законов»³. «Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движение величайших тел Вселенной наряду с движением легчайших атомов...»⁴. Именно это последнее высказывание приводится часто в литературе, особенно в зарубежной, когда хотят охарактеризовать представления о детерми-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 391.

² И. Ньютон. Оптика. М.—Л., 1927, стр. 311.

³ Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908, стр. 187.

⁴ Там же, стр. 9.

низме, о законе, свойственные механистическому материализму.

Стало уже обычным говорить, что лапласовский, классический детерминизм устарел и что современная физика требует нового обобщения принципа детерминизма. Это стало настолько общеизвестным, что считается не обязательным вдумываться в данное утверждение. Следует, однако, вспомнить, что на базе представлений классической механики выросло величественное здание классической физики. Плодотворность этих представлений была, таким образом, убедительно доказана самой историей развития науки. И если сейчас мы говорим о необходимости отказа от лапласовского представления о детерминизме, то речь должна идти не о полном или «зряшном» отрицании концепции Лапласа и его современников, а о развитии этой концепции с удержанием всего положительного, содержащегося в ней. Прежде чем легко и просто говорить, что лапласовский детерминизм устарел и должен быть оставлен, следовало бы внимательно вдуматься в то, что собой представляет этот детерминизм и что именно в нем устарело.

Разве можем мы сегодня отказаться, например, от следующего замечания Лапласа, сделанного им в книге «Опыт философии теории вероятностей» и представляющего одно из важнейших положений лапласовского детерминизма: «Всякое имеющее место явление, — писал Лаплас, — связано с предшествующим на основании того очевидного принципа, что какое-либо явление не может возникнуть без производящей его причины»¹. Нельзя сказать, что устарело и другое фундаментальное положение, на котором базируется лапласовский детерминизм, а именно — представление об объективности законов природы. Лаплас на голову выше многих современных авторов, не признающих всеобщей причинной обусловленности явлений природы, прямо или косвенно отрицающих объективный характер законов природы.

В чем же в таком случае был неправ Лаплас? Главной его ошибкой была абсолютизация того вида детерминизма, который имел место в механических явлениях, распространение его на все явления природы. Вся вселенная представлялась Лапласу в виде механической

¹ Лаплас. Опыт философии теории вероятностей, стр. 8.

системы и в соответствии с этим предполагалось, что любые свойства материальных процессов могут быть определены исходя из законов механики.

Суть законов классической механики выявляется наиболее четко при рассмотрении изолированной системы, поведение которой однозначно определяется начальными условиями. Таким образом, два различных состояния изолированной системы связаны необходимой и однозначной связью. Наличие воздействий на систему извне, конечно, меняет вид связи ее состояний. Однако в механике предполагается, что всегда можно выделить такую более широкую систему, которая, включая эти внешние воздействия, окажется изолированной, так что новая задача в сущности редуцируется к прежней. Связь между рассматриваемыми состояниями в результате лишь несколько усложнится, не теряя, однако, однозначного и необходимого характера. Важнейшей особенностью этих закономерностей является то, что они имеют отношение ко всему процессу в целом, описывая всю его пространственно-временную характеристику.

Так, в классической механике уравнение движения материальной точки имеет следующий вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x,$$

где m — масса тела; $\frac{d^2 x}{dt^2}$ — вторая производная координаты по времени, т. е. ускорение тела; F_x — проекция действующей силы на координатную ось. Сила как причина, вызывающая изменение состояния движения (причина ускорения), определялась, например, в случае силы тяготения через массы тел и расстояния между ними. Если действующие силы известны и если заданы так называемые начальные условия, т. е. координаты данного тела и его скорость (или импульс), то, решая математически систему уравнений, мы можем вычислить траекторию тела на будущее, а если нужно — и на прошлое. Таким путем, например, рассчитывается движение ракет, запущенных к Венере, Марсу и т. д. (на самом деле более сложным образом, но в принципе исходя из этого). Зная положение и скорость ракеты в начальный момент времени, действующие на нее силы, можно предсказать ее состояние, т. е. место в пространстве, ее скорость и силы, которые будут на нее действовать в будущем.

Сегодня уже не нужно долго доказывать, что законы механики вопреки мнению Лапласа и его современников не лежат в основе всех законов природы. Развитие физики показало, что существуют качественно различные области явлений, характеризующиеся своими специфическими законами. Законы этих различных областей явлений, будучи тесно связанными друг с другом, оказываются, вместе с тем, несводимыми друг к другу. Это положение еще более очевидно для взаимоотношения законов физики с законами биологическими или общественными. Качественное различие форм движения материи и связанное с ним качественное своеобразие закономерностей каждой формы движения материи обрекают на неизбежную неудачу всякие попытки свести все законы природы к какому-либо одному виду.

Изменяя свою конкретную форму, лапласовский детерминизм просуществовал в физике вплоть до создания квантовой механики. Однако в сущности крушение лапласовского детерминизма началось с проникновением в физику статистических методов.

2. ВВЕДЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В ФИЗИКУ

Первыми задачами, решенными в физике с помощью статистических методов, были задачи объяснения тепловых свойств газа на основе представлений о теплоте как о движении молекул, составляющих газ. Успешное решение этой проблемы в середине XIX в. привело к созданию кинетической теории газов, а затем статистической физики.

Нужно сказать, что объяснение тепловых свойств тел движением большого числа микроскопических частичек, составляющих его, не было достоянием только XIX в. «Так, уже Бэкон говорил (а после него Бойль, Ньютон и почти все англичане), — пишет Ф. Энгельс, — что теплота есть движение (Бойль уже, что — молекулярное движение)»¹. Аналогичные представления о природе тепла развивали Я. Бернулли (1654—1705), И. Бернулли (1668—1748), Р. Гук (1633—1703).

Во второй половине XVII — в начале XVIII в. моле-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 594.

кулярно-кинетическое объяснение тепловых явлений было наиболее распространенным и вполне согласовывалось с расцветавшим в то время механистическим материализмом. Опираясь на опытный материал, оно, однако, носило лишь качественный характер, что находилось в соответствии с качественным изучением тепловых явлений, которое имело место в то время. Достаточно сказать, что впервые практически пригодные для количественных измерений термометры были изготовлены голландским стеклодувом Фаренгейтом только в 1714—1715 гг.

В XVIII в. в связи с потребностями производства выдвигается задача количественного изучения тепловых явлений. Развитие металлургии, химической промышленности, наконец, появление тепловых двигателей требовали точного измерения температуры, количества тепла, степени теплового расширения различных веществ и пр., требовали создания развитой количественной теории тепловых явлений. Первые попытки создания такой теории, основанной на молекулярно-кинетических представлениях, принадлежат работавшим в то время в России Герману (1678—1733) и Д. Бернулли (1700—1782). Герману удалось показать, что количество теплоты определяется произведением плотности тела на квадрат средней скорости частиц, составляющих его. Д. Бернулли, основываясь на молекулярно-кинетической модели газа, дал вывод закона Бойля — Мариотта для разреженных газов, а также указал на необходимость проверки применимости этого закона для газов значительной плотности.

Однако эти важные достижения не привели к построению законченной теории. В то время еще не было сколько-нибудь достоверных сведений о свойствах атомов, не были еще достаточно изучены термодинамические свойства тел; научная база для построения строгой количественной молекулярно-кинетической теории еще не была создана. Точка зрения, согласно которой теплота является движением некоторых частичек, господствовавшая в XVII в., не смогла оказать естествознанию XVIII в. конкретной помощи в изучении тепловых явлений. «... если я не имею ничего другого сказать о теплоте кроме того, что она представляет собой известное перемещение молекул, — писал Ф. Энгельс, — то лучше мне замолчать»¹.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 568.

Молекулярно-кинетические представления о природе теплоты в XVIII в. постепенно отступают на второй план.

Между тем оказалось возможным дать количественную формулировку многим тепловым явлениям, употребляя введенное еще И. Ньютоном понятие «количество теплоты» и трактуя теплоту как некоторую гипотетическую материю. Именно так возникла, например, калориметрия. Дальнейшее успешное применение метода гипотетической материи постепенно привело к тому, что гипотетическая материя переросла в представлении большинства естествоиспытателей в реальную тепловую субстанцию — теплород. Как пишет Ф. Энгельс, в XVIII в. во Франции выступил на сцену теплород, «и его приняли на континенте более или менее повсеместно»¹.

В это же время в науке начинают широко использоваться теории флогистона, электрических и магнитных флюидов, светового эфира, в основе которых лежали представления о различного рода специальных субстанциях. Эти теории позволяли обобщить значительный экспериментальный материал, давали возможность эффективно применять результаты экспериментов в технике, поскольку они отражали целый ряд закономерностей природы, хотя и в извращенной форме. Однако возможности этих теорий были ограничены рамками феноменологического подхода, не способного вскрыть относительный характер изолированности различных видов явлений друг от друга, что, конечно, в то время не могло еще быть замечено.

Нужен был действительно гениальный ум, чтобы выступить в то время с критикой общепринятых теорий. Необходимо было заглянуть в следующий, XIX век, и это было сделано нашим соотечественником М. В. Ломоносовым. Учению об особом рода жидкостях-субстанциях М. В. Ломоносов противопоставил последовательное атомистическое учение, в фундаменте которого лежало положение о неуничтожимости материи и движения и их неразрывном единстве. М. В. Ломоносов в своих научных исследованиях неизменно опирался на материалистическое мировоззрение, часто преодолевая его исторически обусловленную метафизическую ограниченность. Исходя из атомных представлений, он развил молекулярно-кине-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 594.

тическое учение, опередив на целое столетие своих современников.

Молекулярно-кинетические представления дали М. В. Ломоносову возможность объяснить одно из важнейших свойств нагретых тел — передачу тепла от более нагретых тел к телам менее нагретым, предсказать необходимость появления отклонения в поведении газа при достаточно больших плотностях от закона Бойля — Мариотта. М. В. Ломоносовым была разработана модель газа, весьма близкая к модели, которую стали использовать в науке лишь в середине XIX в. Качественный характер выводов этого периода был основан на верной, хотя и в значительной степени интуитивной, неосознанной идее, что свойства макроскопического объекта зависят от некоторых общих характеристик движения отдельных частиц. С одной стороны, высказывалось положение, согласно которому макроскопические свойства целиком были обусловлены движением и свойствами микрочастиц, с другой же стороны, единственно возможный в то время качественный подход принципиально игнорировал интимные стороны движения частиц и их свойства. Таким образом, все конкретные выводы, достигаемые таким подходом, основывались на общих характеристиках движения и свойств частиц.

Молекулярно-кинетическая теория М. В. Ломоносова была высшим достижением науки вплоть до середины XIX в., когда начался новый этап в развитии молекулярно-кинетических представлений, ознаменовавшийся широким применением в физике статистических методов.

В XIX в. началось широкое проникновение в науку идей атомистики. Атомистические представления о строении материи стали активно использоваться в химии для объяснения опытных данных уже в начале XIX в. Именно химия впервые нашла опору своих теоретических построений в идеях об атомистическом строении материи и впервые стала изучать сами атомы. В работах Дальтона (1766—1844) было установлено, что атомы одного и того же элемента имеют одинаковые свойства, было дано определение атомного веса элемента и установлен закон кратных отношений составных частей в химически сходных веществах. В 1811 г. А. А. Авогадро (1776—1856) открыл закон, согласно которому различные идеальные газы при одинаковой температуре и давлении

содержат в равных объемах одинаковое число молекул. А. И. Герцен, характеризуя это время, отмечал, что в 20-х годах XIX столетия «атомы составляли основание всех химических исследований»¹.

Использование атомистических представлений в физике стало необходимым после того, как опытами Румфорда и Дэви была показана полная несостоятельность теории теплорода. Развивавшаяся под непосредственным влиянием производства термодинамика должна была выяснить природу тепла, без чего ее дальнейшее развитие было просто немыслимо. Уравнения состояния, количественные значения различных термодинамических величин не могли быть выведены на основании феноменологической теории и должны были браться из опыта. Кроме того, методы термодинамики оказались совершенно бессильными при изучении скоростей различного рода процессов: химических реакций, процессов диффузии, испарения, теплопроводности и пр. В то же самое время развитие производства требовало скорейшего решения этих задач. Ответить на эти вопросы и была призвана молекулярно-кинетическая теория материи.

Появление в 1851 г. работы Джоуля «Некоторые замечания о теплоте и о строении упругих жидкостей», затем в 1856 г. работы Кренига «Очерки теории газов» и, наконец, в 1857 г. работы Клаузиуса «Кинетическая теория газов» ознаменовало начало нового этапа в развитии молекулярно-кинетических представлений, который благодаря выдающимся достижениям Максвелла, Больцмана, Гиббса, Смолуховского, Эйнштейна завершился сначала созданием кинетической теории газов, а затем статистической физики.

Этот новый этап характерен прежде всего тем, что конкретные задачи связи макроскопических свойств тел со свойствами и движением микроскопических частичек, эти тела составляющих, решаются не только на качественном, но и на количественном уровне. Успехи основателей молекулярно-кинетической теории газов в значительной степени были обусловлены тем обстоятельством,

¹ А. И. Герцен. Избр. филос. произв., т. I. М., Госполитиздат, 1948, стр. 107.

что при решении конкретных задач ими применялись вероятностные представления. Вначале они вводятся крайне неуверенно, часто неявным образом. Вероятностные предположения представляются лишь временными, использование теории вероятностей крайне ограничено, да и в таком объеме авторы молекулярно-кинетической теории всячески избегают его. Идеалом остается механическое описание явления.

Заслуги механики в деле объяснения явлений природы были столь велики, что ее методы исследования представлялись единственно верными и надежными. Однако попытки применения методов механики к рассмотрению простейших объектов изучения молекулярно-кинетической теории встретились сразу же с громадными трудностями. Дело в том, что задачей молекулярно-кинетической теории являлось выведение свойств макроскопических тел исходя из свойств и поведения микроскопических частичек. Для решения этой задачи механическими методами необходимо было знать достаточно точно свойства и законы взаимодействия частичек. Кроме того, наличие огромного числа молекул, составляющих макроскопическое тело, требовало бы при чисто механическом подходе к решению задачи интегрирования огромного числа уравнений. Так, для решения задачи молекулярно-кинетической теории о свойствах одной грамм-молекулы, воздуха, находящегося в нормальных условиях, потребовалось бы проинтегрировать такое большое число уравнений, что для одной их записи не хватило бы ни бумаги, ни чернил, ни времени жизни всего человеческого рода.

Применение вероятностных методов позволяло обойти указанные трудности, и по этому пути пошли ученые. Успехи, которые были достигнуты благодаря широкому применению статистических методов, вселяли уверенность в правильности избранного пути. Вместе с тем, все настоятельнее вставал вопрос: чем обусловлено столь успешное применение этих методов? Является ли оно временным, вызванным нашим незнанием свойств микрочастиц и математическими трудностями механического подхода, или здесь мы имеем дело с принципиально иной ситуацией?

Важнейшим методологическим принципом ученых, создававших молекулярно-кинетическую теорию газов,

было представление о механическом поведении отдельных молекул газа, нашедшее свое четкое выражение еще у Лапласа. Выдающийся французский ученый писал: «Правильность, которую обнаруживает нам астрономия, без всякого сомнения имеет место во всех явлениях. Кривая, описанная простою молекулою воздуха или пара, определена так же точно, как и орбиты планет: разницу меж ними делает только наше незнание»¹. Именно незнание, как казалось, и вызывало необходимость применения вероятностных представлений.

Между тем широкое применение статистических методов в молекулярно-кинетической теории привело к установлению новых закономерностей, которые не имели себе аналога в прежней физике. Они необходимым образом включали вероятностный элемент. Так, например, в 1860 г. Максвеллом было установлено определенное статистическое распределение скоростей молекул газа, находящегося в термодинамическом равновесии. Согласно сформулированному им закону, хотя скорости отдельных молекул из-за взаимных столкновений постоянно меняются, доля молекул, имеющих скорости, лежащие в определенном интервале, остается неизменной и может быть найдена из функции распределения скоростей.

Вероятностные элементы присутствуют здесь, во-первых, в том, что закон указывает лишь на среднее число молекул с данной скоростью, во-вторых, он не фиксирует скоростей отдельных молекул и, наконец, закон имеет место только для большого числа частиц. Если до этих пор физика имела дело с законами индивидуальных объектов или явлений, то теперь в физику вошли закономерности, относящиеся к ансамблям объектов или событий, т. е. к массовым явлениям. Таким образом, статистические законы не определяют однозначно поведение отдельных объектов или исход каждого единичного события.

Однако новые закономерности не признавались равноправными и в семье фундаментальных законов природы. Их рассматривали как неточные и временные. Считалось, что в будущем они полностью уступят свое место другим закономерностям, не содержащим вероятностных элементов.

¹ Лаплас. Опыт философии теории вероятностей, стр. 11.

Создатели молекулярно-кинетической теории уверенно шли по пути, намеченному еще И. Ньютоном, который писал: «Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы»¹. Казалось, что новая теория неопровержимо свидетельствует о правильности претензий механики. Ведь ее задача как раз и заключалась в том, чтобы, исходя из анализа поведения молекул, вывести закономерности теплового движения макроскопических тел.

А между тем появление электромагнитной теории, полностью разрушив иллюзию насчет возможности объяснить все явления природы исходя из механики, утвердило другую — мир может быть объяснен небольшим числом законов. Правда, это уже не законы механики, но их структура, тип — те же. Законы электродинамических процессов тоже устанавливали необходимую и однозначную связь между состояниями системы, менялся лишь конкретный вид связи и само понятие «состояния». Такого же типа закономерности были открыты и в других явлениях, например теплопроводности, теплопередачи. Так сформировалось представление о динамической закономерности.

До середины XIX в. естествознание не имело никаких препятствий к использованию динамических законов для объяснения явлений природы. Первые и, как потом оказалось, принципиальные трудности выявились при попытке обосновать применение в физике теории вероятностей. Проблема обоснования применения статистических методов в физике волновала физиков с самого начала использования их в этой науке. На пути ее решения прежде всего вставал вопрос о соотношении динамических и статистических закономерностей. Несмотря на то что статистические методы исследования нашли в дальнейшем самое широкое применение в различных областях науки, обоснование их применения, неразрывно связанное с философским осмыслением сущности статистических закономерностей, оставалось далеким от своего завершения. «В отличие от других архитекторов, — писал К. Маркс, — наука не только рисует воздушные

¹ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. В кн.: «Собрание трудов академика А. Н. Крылова», т. VII. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 3.

замки, но и возводит отдельные жилые этажи здания, прежде чем заложить его фундамент»¹. Именно такая ситуация возникла в физике в связи с появлением в ее арсенале статистических методов.

Вплоть до создания в первой четверти XX в. квантовой механики подавляющее большинство ученых придерживалось мнения, что статистические закономерности носят вторичный характер по отношению к динамическим, что они являются результатом нашего незнания более точных динамических закономерностей. Правда, уже тогда высказывалась точка зрения, согласно которой статистические закономерности имеют самостоятельное значение. Так, например, выдающийся польский физик М. Смолуховский писал: «... исчисление вероятностей в применении кинетической теории газов было бы полностью оправдано даже и тогда, если бы нам с абсолютной точностью были известны строение молекул, их начальные положения и т. д., и мы были бы в состоянии с математической точностью проследить их движение в каждый момент времени. Теория вероятностей осталась тогда бы, по крайней мере, настолько же рациональным математическим средством, как сокращенное умножение или пользование таблицами логарифмов (или логарифмической линейкой) наряду с обыкновенным точным умножением»². М. Смолуховский энергично отстаивал представление об объективности статистических закономерностей, однако его точка зрения не отражала мнения большинства физиков.

Создание квантовой механики, построенной на широчайшем использовании вероятностных представлений, показало, что статистические методы могут играть в физике по крайней мере не меньшую роль, чем динамические. Достижения в области изучения микропроцессов, открытие специфических статистических закономерностей в поведении микрообъектов привели к тому, что в противоположность характерному в прежний период принижению статистических закономерностей, объявлению их «второстепенными» возникло представление о первичности статистических закономерностей. Теперь

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 13, стр. 43.

² М. Смолуховский. О понятии случайности и происхождении законов вероятности в физике. «Под знаменем марксизма», 1927, № 9, стр. 152.

уже динамические закономерности объявлялись приближенными, вызванными грубым, не детальным рассмотрением явления. Если в предыдущий период отрицалась объективность статистических закономерностей, то теперь эта доля выпала динамическим закономерностям. При этом в XIX в. неправильная трактовка статистических закономерностей, сведение их к динамическим приводили к метафизической концепции механицизма. В XX в. непонимание сущности статистических закономерностей вызывало у определенной части ученых представление о крушении принципа причинности в микромире, о субъективном характере законов науки. Непонимание сущности статистических закономерностей было одной из основных причин, которые в социальных условиях буржуазного общества породили различного рода идеалистические шатания ученых-физиков.

3. О ПРИРОДЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ

Дискуссии о природе статистических закономерностей, происходившие на страницах как советской, так и зарубежной печати, показали, что в настоящее время существуют самые различные взгляды по этому вопросу. Не рассматривая нюансы в концепциях различных авторов, отметим три крайние точки зрения. Согласно первой из них, статистические закономерности рассматриваются как неполноценные, временно используемые в науке; считается, что они полностью сводимы к динамическим закономерностям, беднее их и обусловлены незнанием детального поведения элементов статистических систем. Как отмечает М. Бунге, «хотя статистическая физика имеет уже почти столетнюю историю, тем не менее еще можно встретить утверждения, что имеется неустранимая противоположность между подлинными законами природы и статистическими законами, как будто последние не могут быть законами природы и законами вообще, а являются лишь «простыми» общими регулярностями именно потому, что не позволяют нам с полной определенностью предсказывать *индивидуальные* события»¹. Критикуемая М. Бунге позиция фактически

¹ М. Бунге. Причинность. М., ИЛ, 1962, стр. 290.

сводится к отрицанию объективности статистических закономерностей.

Вторая точка зрения, противоположная первой по форме, в сущности отстаивает ту же точку зрения сводимости одних закономерностей к другим. Разница здесь заключается в том, что теперь за первичные, объективные закономерности принимаются статистические закономерности, а динамические признаются грубыми, вызванными нашим незнанием деталей поведения системы.

Наконец, третья точка зрения связана с признанием несводимости статистических закономерностей к динамическим, с признанием объективности и тех и других. Ее активно развивают советские ученые, а также ряд ученых за рубежом. Она не является завоеванием только настоящего поколения ученых, а есть результат большой работы, проводившейся как физиками, так и философами со времени первых попыток использования вероятностных представлений в физике. При этом важное значение для формирования рассматриваемой точки зрения имели работы, написанные учеными, сознательно пользующимися марксистско-ленинской методологией. Перейдем теперь к разбору этой последней точки зрения, что даст нам возможность одновременно оценить и две остальные.

Пусть мы имеем простейший объект исследования статистической физики — грамм-молекулу воздуха при нормальных условиях. Будем называть ее статистической системой. Она представляет из себя систему из 10^{23} молекул. Ее поведение замечательно прежде всего в том отношении, что оно характеризуется статистическими закономерностями. Так, например, в состоянии термодинамического равновесия скорости молекул подчиняются закону Максвелла. Газ как макроскопическая система подчиняется термодинамическим законам. Он характеризуется такими параметрами, как температура, давление, энтропия. Важнейшим его свойством является свойство релаксации: система из любого неравновесного состояния приходит через некоторое конечное время, называемое временем релаксации, в состояние термодинамического равновесия.

Можно ли вывести все эти свойства исходя из механического рассмотрения системы? В XIX в. положительный ответ на этот вопрос казался подавляющему боль-

шинству физиков несомненным. Но откуда же берутся такие специфические свойства у систем, состоящих из большого числа частиц? Ведь у обычных объектов изучения механики их не существует. Каждая молекула характеризуется с точки зрения механики лишь механическими параметрами. Для отдельной молекулы не имеют смысла понятия температуры, давления, энтропии, они не отражают никаких черт в ее поведении. Не умея понять, как могут возникать новые свойства у объектов, не зная диалектики количественных и качественных изменений, физики XIX в. не признавали за макроскопическими свойствами объектов такого же объективного значения, какое они придавали свойствам атомов. В сущности, ими отстаивались концепции сведения качественных изменений, происходящих в природе, к количественным изменениям.

Как же следует смотреть на специфические свойства статистической системы? На первый взгляд статистическая система отличается от обычной механической лишь количеством элементов, ее образующих. По мере увеличения количества частиц в заданном объеме система, как казалось, меняется лишь в количественном отношении. Однако такие представления не соответствуют действительному положению вещей. Анализ перехода механической системы в систему статистическую показывает, что здесь мы имеем дело не с количественным изменением связей в пределах одного качества, а с переходом по мере количественных изменений в другое качество. Увеличение количества частиц в заданном объеме приводит к возникновению все новых и новых внутренних связей, которые определяют структуру объекта. Вначале это ведет лишь к количественному изменению свойств объекта, но затем при достаточно большом числе частиц изменение структуры оказывается столь существенным, что возникают новые закономерности, обуславливающие новые свойства системы, которых раньше не было. Система переходит в иное качественное состояние.

Вот что пишет К. Маркс, анализируя аналогичную ситуацию, возникающую при образовании кооперации: «Подобно тому как сила нападения эскадрона кавалерии или сила сопротивления полка пехоты существенно отличны от суммы тех сил нападения и сопротивления, которые способны развить отдельные кавалеристы и пе-

хотинцы, точно так же и механическая сумма сил отдельных рабочих отлична от той общественной силы, которая развивается, когда много рук участвуют одновременно в выполнении одной и той же нераздельной операции...». И заключает: «Здесь дело идет не только о повышении путем кооперации индивидуальной производительной силы, но и о создании новой производительной силы, которая по самой своей сущности есть массовая сила»¹. При каких же условиях может возникать эта новая массовая сила? Достаточно ли просто большого количества рабочих? Нет. Возникновение новой силы возможно лишь в том случае, если много лиц планомерно и совместно участвуют в одном и том же процессе труда или в разных, но связанных между собою процессах труда². Это означает, что для возникновения нового качества необходимо взаимодействие отдельных элементов совокупности. Без взаимодействия мы не имели бы целостной системы, каким бы большим ни было число элементов совокупности. Не возникло бы и новое качество, о котором в нашем случае свидетельствуют появившиеся в результате увеличения числа элементов новые свойства совокупности. Каждое качество характеризуется специфическими, только ему присущими во всей их совокупности, связями. Но если бы элементы системы не взаимодействовали, то с увеличением их числа не могли бы возникать новые связи. Таким образом, необходимым условием возникновения нового качества является наличие достаточно большого числа элементов, существенным образом взаимодействующих между собой.

Это в полной мере относится и к рассматриваемой статистической системе. Наличие достаточно большого числа частиц является необходимым, существенным ее признаком, без которого она не может существовать как таковая. И специфические свойства системы неразрывно связаны с наличием этого признака. Так, свойство релаксации может существовать только при выполнении условий «размешивания», что оказывается, в свою очередь, возможным, как это показал Н. С. Крылов, лишь при достаточно большом числе частиц в системе.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 337.

² См. там же.

Вместе с тем, необходимым признаком статистической системы является существование взаимодействия между отдельными частицами. Именно взаимодействие обуславливает целостность системы, целый ряд фундаментальных ее свойств. Та же релаксация, например, предполагает не только большое число частиц в системе, но и необходимость взаимодействия их, в результате чего система из любого неравновесного состояния приходит в состояние статистического равновесия. Необходимость взаимодействия находит свое выражение также в том, что в статистической физике отсутствует требование сохранения энергии одной частицы, а имеется требование сохранения общей энергии всех частиц.

Переход совокупности частиц в статистическую систему сопровождается появлением целого ряда новых свойств, которые выделяют эту систему как нечто целое. Качественное изменение получают не только внешние, но и внутренние связи. Внутренние связи, определяя внешние, сами, в свою очередь, зависят от последних, существенные внешние различия свидетельствуют о существенных внутренних, и наоборот. Качественно определенные объекты всегда существуют во вполне определенных условиях. Конечно, связь между объектом и условиями его существования не является абсолютно жесткой. Данный объект может существовать не только в этих, но и в несколько иных условиях. Да и в имеющихся условиях может существовать не только этот объект, но и несколько иной. Но свобода объекта относительно условий весьма ограничена и существует лишь в пределах меры. Это обстоятельство и позволяет делать утверждения о невозможности существования определенных объектов в определенных условиях или о необходимости определенных условий для существования определенных объектов. Следует заметить, что, в то время как объект не может существовать вне своих условий, сами условия в своем существовании не обязаны объекту. Однако это справедливо лишь постольку, поскольку условия рассматриваются сами в качестве объекта. Условия же в качестве собственно условий, само собой разумеется, не могут существовать без объекта, условиями существования которого они являются. Поскольку же сами условия представляют собой, вообще говоря, совокупность объектов, то они, в свою очередь, сами в своем

существовании необходимо определены некоторыми условиями, которые также являются объектами. Объект и условия, таким образом, взаимопроникающие категории.

Части, на которые мы разлагаем систему, сами существуют в определенных условиях. При этом условия изолированной части и условия, в которых находилась часть в системе, различны. Такое различие может, конечно, находиться еще в пределах, допускающих качественную неизменность частицы в обоих случаях. На этом основании можно утверждать, что, как это имеет место в нашем случае, система состоит из частиц. Но это вовсе не означает, что мы имеем дело с абсолютно тождественными (в обоих случаях) объектами. Тождество всегда конкретно. Оно существует лишь как относительное, ограниченное тождество, тождество, предполагающее различие, а не отрицающее его. Изолированная часть и часть в составе целого и тождественны, что находит свое выражение в их принадлежности к одному качеству, и различны, поскольку они вступают в различные связи в различных условиях. И хотя новые связи не нарушают целостности отдельной частицы, а именно так обстоит дело в рассматриваемой здесь статистической системе, они могут оказаться существенными для ее поведения в системе. В таком случае поведение частицы в составе целого будет определяться связями, отличными от связей, которые характеризуют поведение ее вне целого. Эта ситуация как раз свойственна статистической системе. Игнорирование этого обстоятельства приводит к неправильным представлениям в вопросе о качественной определенности статистической системы.

Положение о качественной специфике статистических систем общепринято в советской литературе. Его отстаивают также и некоторые авторы за рубежом. Однако по вопросу о том, в чем проявляется эта специфика, существуют значительные разногласия.

Чаще всего (например, Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Я. П. Терлецкий, В. Г. Левич, Ю. В. Сачков, М. Бунге) качественную специфику статистических систем в классической статистической физике видят в том, что такие системы приобретают новые, не свойственные механическим системам термодинамические свойства, обусловленные появлением статистических закономерностей, ко-

торами подчиняются коллективы элементов, представляющих статистическую систему. Так, например, М. Бунге, возражая Нейману, утверждающему, что статистическая трактовка классических явлений является роскошью, излишеством, если могут в принципе быть известны начальные координаты и импульсы каждой частицы ансамбля, пишет следующее: «Даже если имеется в распоряжении полная информация, статистика не является излишней роскошью; статистические законы представляют собой схемы коллективного поведения, и такое поведение не менее реально и своеобразно по сравнению со случаем, когда известно детальное поведение частей»¹.

Нужно сказать, что с этим положением соглашаются все, кто стоит на позиции признания качественной специфичности статистических систем. Разногласия начинаются в вопросе о микроповедении исследуемых объектов. Согласно рассматриваемой точке зрения, статистическая система с внутренней стороны, в ее микроскопическом поведении, представляет из себя весьма сложную, но тем не менее механическую систему, характеризующуюся большим числом степеней свободы. В. Г. Левич в своей книге «Введение в статистическую физику» так и пишет: «...рассмотрим газ, состоящий из огромного числа молекул и заключенный в замкнутый сосуд. Такой газ представляет механическую систему с огромным числом степеней свободы»². В полном соответствии с такими представлениями считается, что в принципе можно совершенно точно определить микроповедение статистической системы, решая соответствующую систему уравнений. «Зная начальные условия, — пишет В. Г. Левич, — можно было бы в принципе проинтегрировать уравнения движения всех газовых молекул и найти их траектории»³. В книге Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица читаем аналогичное высказывание: «Составляя уравнения движения механической системы в числе, равном числу степеней свободы, и интегрируя их, мы принципиально можем получить исчерпывающие сведения о движении системы»⁴.

¹ М. Бунге. Причинность, стр. 362.

² В. Г. Левич. Введение в статистическую физику. М., Гостехиздат, 1954, стр. 54.

³ Там же.

⁴ Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Статистическая физика. М., Гостехиздат, 1951, стр. 11.

Таким образом, вся специфика статистических систем, по существу, сводится лишь к их поведению как целого.

Наряду с этой точкой зрения существует и другая, правда не всегда выражаемая столь же четко и определенно. В существе своем она сводится к утверждению о том, что качественная специфика статистической системы проявляется и на микроуровне. Качественный скачок от механической системы к статистической происходит не только на макроскопическом уровне (проявляясь в новых, термодинамических свойствах системы), но и на микроскопическом, что находит свое выражение в невозможности представить статистическую систему как механическую систему с большим числом степеней свободы. Такой точки зрения фактически придерживаются Я. И. Френкель, Э. Борель, А. Г. Самойлович. Она оказалась чрезвычайно плодотворной и дала возможность ее приверженцам высказать ряд весьма важных мыслей по проблемам обоснования статистической физики, раскрыть сущность статистических закономерностей.

Конечно, несводимость статистических систем (и соответственно закономерностей) к динамическим можно показать с разных позиций. Однако полностью раскрыть качественную определенность статистической системы, т. е. представить ее как единство ее существенных связей, нельзя, не учитывая ее микроповедения. Раскрытие таких связей совершенно необходимо для уяснения вопроса, при каких условиях и как формируются статистические закономерности.

Итак, мы считаем, что наличие в статистической системе большого числа взаимодействующих элементов приводит к качественно новым связям, характеризующим, с одной стороны, поведение всей системы в целом, а с другой стороны — ее микроповедение. Какие же новые связи характеризуют статистическую систему? Каков механизм их появления? Рассмотрим сначала микроскопические связи.

Наиболее характерной механической системой является изолированная механическая система, т. е. система, поведение которой определяется лишь взаимодействием ее частей. Взаимодействие такой системы с внешним миром, которое, конечно, всегда существует, полностью игнорируется, поскольку оно не имеет существенного значения для поведения системы в рассматриваемом

мом отношении. Кроме того, считается, что части системы остаются неизменными в их свойствах.

По мере перехода механической системы в статистическую возрастает число столкновений частиц системы, поскольку увеличивается их количество в заданном объеме. Именно это обстоятельство и оказывается решающим фактором, обуславливающим появление качественно новых связей. Из-за наличия огромного числа столкновений, которые испытывает каждая частица за макроскопический промежуток времени, определяющие ее поведение связи оказываются существенно иными, чем в механической системе: теперь поведение частицы определяется связями, аналогичными не только существенным, но и несущественным связям частицы в механической системе. Поведение частицы в статистической системе за макроскопическое время существенным образом зависит от поведения других частиц, от взаимодействия системы с внешним миром и от изменения частицы, происходящего в пределах ее качественной определенности. В рамках тех условий, которые фиксируются при выделении статистической системы, различные микросостояния системы не имеют динамической закономерной связи, если эти состояния разделены промежутком времени, достаточно большим по сравнению с временем свободного пробега частиц. То же относится и к состояниям отдельной частицы. Необходимая (динамическая) связь между различными состояниями существует только локально, т. е. тогда, когда эти состояния разделены малыми промежутками времени.

Здесь возникает ситуация, подобная следующей. Известно, что существует определенная статистика несчастных случаев, происшедших в результате автомобильных катастроф. Если автомобиль с большой скоростью едет на человека, находящегося на расстоянии полметра от него, то несчастный случай неизбежен. Однако если рассматривать то же явление, скажем, с момента, когда машина была еще в гараже, а человек находился дома, то никакой однозначной, необходимой связи между этими состояниями не существует. Несчастный случай, будучи неотвратимым в момент времени, близкий к моменту столкновения, не является таковым в момент времени, удаленный от этого события. Противоположное утверждение привело бы нас к фатализму.

Закон, который выражал существенное, устойчивое в поведении частицы в механической системе, уже не охватывает всего существенного в поведении ее в системе статистической. Это же относится и к микроповедению всей системы. Закон беднее действительности, он всегда игнорирует несущественное в данном отношении. Поэтому любой закон действует лишь до тех пор, пока остается неизменной субординация существенных и несущественных связей того явления, к которому он относится. В нашем случае это условие выполняется локально: для достаточно большого времени оно не имеет места. Здесь поведение системы обусловлено иными существенными связями и в соответствии с этим подчинено новой, статистической закономерности. Такой подход приводит к более правильному представлению о роли моментов необходимости и случайности в статистических системах.

Как бы мы не решали вопрос о внутреннем поведении элементов в статистической системе, ясно, что по отношению к внешней определенности системы, выражающейся в ее макроскопических свойствах, момент необходимости проявляется в факте обусловленности макроскопических свойств системы микроскопическим поведением ее элементов, а момент случайности — в том, что макроскопическое свойство не однозначно связано с движениями элементов. Так, например, постоянное давление газа в сосуде обусловлено столкновением за некоторую единицу времени огромного количества молекул со стенками сосуда. При этом давление будет оставаться неизменным вне зависимости от того, какие индивидуальные молекулы благодаря столкновению со стенками сосуда обусловили его.

Предположим теперь, что микроповедение статистической системы описывается некоторой функцией — решением системы дифференциальных уравнений. Тогда поведение отдельной частицы будет необходимо постольку, поскольку оно подчиняется динамической закономерности. Однако последняя сама — лишь выражение общей тенденции в поведении частицы, необходимость, прокладывающая себе дорогу через случайность. Момент случайности имеет свое основание в относительной изменчивости частицы как качественно определенного целого, в существовании бесчисленного множества связей

частицы с внешним миром. Если поведение частицы подчиняется некоторому динамическому закону, то это означает, что в данном отношении момент случайности не имеет существенного значения для движения частицы. Мало того, поведение отдельной частицы подчиняется вероятностному закону, выражающемуся в определенной функции распределения. В то же время в весьма широких пределах, определяемых той же функцией распределения, поведение отдельной частицы произвольно, случайно.

Согласно нашей точке зрения, микроповедение статистической системы за малые промежутки времени подчиняется динамической закономерности, за достаточно же большие временные интервалы оно подчиняется лишь статистической закономерности. Последняя выражает существенные связи системы, заключающиеся в ее определенной структуре, а также в связях, выражающих необходимую зависимость микродвижения системы как от внутренней, так и от внешней неизоляции системы, проявляющейся в случайной форме. С этой точки зрения невозможно, исходя из начальных условий, однозначно предсказать состояние системы через достаточно большой промежуток времени. Это, конечно, не свидетельствует об ограниченности наших познавательных способностей, здесь нет никакого агностицизма. Ведь между начальными условиями и интересующим нас состоянием системы действительно нет объективной, необходимой связи. Поэтому нельзя требовать предсказания, когда не существует никакого объективного основания для него. Такое требование означало бы стремление подменить случайное необходимым. Еще Гегель отмечал, что «следует также остерегаться, чтобы прекрасное само по себе стремление к разумному познанию не ввело нас в искушение попытаться показать необходимость явлений, которым на самом деле присущ характер случайности...»¹. Такие попытки основываются прежде всего на отрицании объективного характера случайности. Если для диалектического материализма этот вопрос давно решен, то в конкретных науках, в сложных теоретических проблемах представители конкретных наук, даже стоящие на позициях диалектического материализма, весь-

¹ Гегель. Соч., т. I. М., 1929, стр. 244.

ма часто трактуют случайность в субъективном плане, как малоизвестное, что в процессе познания будет снято и превратится в необходимое. «Совершенно правильно,— писал Гегель,— что задача науки, и в особенности философии, состоит вообще в том, чтобы познать необходимость, скрытую под видимостью случайности; это, однако, не следует понимать так, будто случайное принадлежит лишь области нашего субъективного представления и поэтому должно быть всецело устранено для того, чтобы мы могли достигнуть истины. Научные стремления, односторонне идущие по этому пути, не избегнут справедливого упрека в бесплодной игре ума и чрезмерном педантизме»¹.

Согласно излагаемой нами точке зрения, существует два типа связи состояний объекта, которые он может иметь в зависимости от условий его существования — динамический и статистический. Ни один из них не является определяющим, первичным. Оба они имеют место при существенно различных условиях и основаны на существенно различных абстракциях. Статистический тип связи не может рассматриваться как неполноценный, который в процессе познания будет заменен динамическим, как более «полным». Конечно, статистический тип связи предполагает неопределенность микроскопических характеристик системы. Но эта неопределенность не является результатом изъяна статистического рассмотрения явления; она существует в природе, а статистический тип связи, являясь столь же объективным, как и динамический, есть адекватное отражение действительности.

Микроскопическое поведение статистической системы носит случайный характер и, конечно, причинно обусловлено. Кроме того, оно, как и любое случайное явление, само существует на основании необходимости, не переставая от этого быть случайным. Но случайное микроповедение системы или ее отдельных частиц обладает особым свойством. «Случайность.., которая делает возможным применение теории вероятности,— писал М. Смолуховский,— отличается от случайности в широком смысле следующей существенной особенностью: известной закономерностью действия при частом повторении явления, независимо от специального характера причины»¹. Такая особен-

¹ Гегель. Соч., т. I, стр. 245.

ность и отражается в статистической закономерности. Другой закономерностью в микроповедении статистической системы за достаточно большие макроскопические времена не существует.

Задачей статистической физики является исследование поведения систем, индивидуальное же поведение отдельных частиц стоит вне ее интересов. Применение динамических методов нисколько не находится в противоречии с только что сказанным. Они необходимым образом сочетаются с вероятностными предположениями. В результате различные выводы, получаемые посредством этих методов, характеризуют не какие-либо конкретные частицы, а некоторую абстрактную частицу, представляющую любую индивидуальную. Применение динамических методов в статистической физике основано на подчинении микроповедения статистической системы динамической закономерности в «малом», но, вместе с тем, этой сферой и ограничено.

В статье, посвященной анализу соотношения закона, причинности, необходимости и случайности, С. Ф. Анисимов, приводя пример случайного явления (астероид, упавший на землю, губит растение), совершенно правильно указывает, что «не существует такого специального закона природы (кроме самого общего закона причинности), который сделал бы такое совпадение необходимым; оно случайно». И дальше он замечает: «Именно потому, что такое совпадение случайно, оно не может быть предметом научного исследования. Главной целью всякой науки служит познание закономерных, существенных связей между явлениями природы, общества или сознания»². Случайное достойно научного познания, лишь поскольку оно закономерно. Наука, которая попыталась бы проследить все причинные связи, обуславливающие случайное явление, была бы, по выражению Энгельса, «не наукой, а простой игрой». Это в полной мере относится и к случаю детального поведения частицы в статистической системе или, что принципиально то же самое, к микроповедению статистической системы.

¹ М. Смолуховский. О понятии случайности и происхождении законов вероятности в физике, стр. 153.

² С. Ф. Анисимов. Соотношение категорий закона, причинности, необходимости и случайности. «Вопросы философии», 1955, № 6, стр. 56.

Характерным моментом статистической системы является то обстоятельство, что, образуясь из изолированной механической системы, она теряет изолированность, свойственную последней. Но означает ли это, что изолированность теряется абсолютно? Разумеется, нет. Ведь любой закон так или иначе связан с изолированностью, без нее нет самой закономерности. Статистическая система теряет лишь микроизолированность за достаточно большие промежутки времени и сохраняет ее по отношению к поведению системы в короткие временные интервалы. В то же время система приобретает новый тип изолированности, не имеющий себе аналога в механических системах, — макроскопическую изолированность. Свойство статистической системы обладать одновременно рассмотренными видами изолированности наряду с наличием существенной связи с внешним миром принципиально отличает ее от системы механической.

Вместе с потерей микроизолированности за достаточно большие времена статистическая система теряет и свойственную механической системе зависимость от начальных условий. В данное микроскопически фиксируемое состояние система может прийти через определенное время из самых различных состояний. И, наоборот, из данного начального состояния система может попасть через определенное время в различные состояния. Этот факт находит свое выражение в наличии между всеми возможными для системы состояниями вероятностной связи. Отсюда вытекает невозможность описать поведение системы какой-либо однозначной функцией от микропеременных. Конечно, в принципе может быть найдена функция, апостериори описывающая поведение статистической системы за конечный промежуток времени. Однако она заведомо непригодна будет для предсказания будущего поведения системы, поскольку описывает процесс чисто внешним образом.

Наиболее характерным свойством статистической системы является ее макроскопическая выделенность, выражающаяся в наличии макроскопических свойств. Последние не имеют места в механических системах. Они не могут быть сведены к механическим свойствам и являются специфическими характеристиками статистических систем. Таковы, например, необратимость, релаксация, термодинамическое давление, температура.

Рассмотрим, например, содержание понятия «термодинамическое давление». Давление является макроскопической характеристикой статистической системы и определяется как средняя по времени величина от суммарного импульса, переданного некоторой выделенной площадке за макроскопическое время. Это свойство системы в целом, и оно не принадлежит отдельным частицам, обладая по отношению к ним относительным безразличием, выражающимся в том, что давление зависит лишь от характеристик микроповедения статистической системы. Зная состояние всех частиц в данный момент времени и учитывая, что поведение статистической системы локально подчиняется динамической закономерности, можно вычислить величину импульса, переданного некоторой площадке за микроскопическое время. Однако вычислить средний импульс за макроскопическое время, а это и дает величину давления, на основании динамической закономерности принципиально нельзя, поскольку такой закономерности в поведении частиц за макроскопические времена просто не существует. Термодинамическое давление имеет смысл лишь для статистических систем, характеризуя их отношение к среде. По отношению же к механической системе понятие давления не имеет смысла; здесь может идти речь лишь о переданном среде импульсе. Как пишет Я. И. Френкель, «согласно представлениям статистической механики температура и давление принадлежат к тем величинам, которые характерны лишь для совокупности громадного числа молекул и при переходе к отдельным молекулам вообще теряют всякий смысл»¹. То же самое можно сказать и о других свойствах статистических систем, что свидетельствует о несводимости статистических закономерностей к закономерностям динамическим.

Проведенный анализ показывает, что динамическая и статистическая закономерности отражают различные стороны действительности, понятия о них построены на существенно различных абстракциях. Динамическая закономерность имеет место там, где объекты могут быть рассмотрены как бесструктурные, где имеет место относительная изолированность явления. Процесс при этом

¹ Я. И. Френкель. Статистическая физика, ч. I. М., 1933, стр. 47.

описывается в целом и устанавливаются необходимые, однозначные связи между состояниями. Статистическая закономерность относится к массовым явлениям. Для ее наличия необходимо существование устойчивых частот появления определенных событий, и она устанавливает связь между частотами случайных событий, а также связь между частотами и условиями.

Закон беднее действительности. Он не учитывает все многообразие связей реальных объектов. Фиксируя существенные в данном отношении связи, он упускает несущественные. Однако то, что несущественно в данном отношении, может оказаться существенным в другом. Именно в этом прежде всего заложена принципиальная ограниченность любого закона. Так, динамическая закономерность, отражая те связи объекта, в которых не имеет существенного значения его структура и неизолированность, не имеет абсолютного значения. В других отношениях тот же объект ведет себя так, что его структура и реальная неизолированность оказывают существенное влияние на характер протекания процессов. Наличие динамических и статистических закономерностей в природе отражает существование устойчивых, необходимых связей, которые, однако, будучи различными по своему характеру, по своей структуре, по своей специфике, определяют и специфику законов, управляющих ими.

4. ПРОБЛЕМА ПРИЧИННОСТИ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Начало XX в. ознаменовалось подлинной революцией в физике, связанной с проникновением в структуру атома. При этом с самого начала со все большей отчетливостью стало выявляться качественное своеобразие закономерностей микромира, невозможность объяснить поведение атомных частиц в рамках основных принципов и законов классической физики.

Введение М. Планком гипотезы квантов для объяснения законов теплового излучения, успешное применение этой гипотезы А. Эйнштейном для объяснения фотоэффекта и хода изменения теплоемкости твердого тела при низких температурах были первыми признаками надвигавшихся радикальных перемен в самых основных принципах физической тео-

рии. Правда, открытие Резерфордом сложной структуры атома и создание так называемой планетарной модели атома, казалось бы, открывали простор для применения законов классической физики к поведению электронов атомной оболочки. Однако эта попытка сразу же привела к выводам, находившимся в прямом противоречии с экспериментальными данными. Так, например, классическая физика совершенно не могла объяснить устойчивость атома и дискретный характер спектра его излучения.

Только дальнейшее развитие гипотезы квантов и введение представлений о присущих микрочастицам корпускулярно-волновых свойствах позволили создать основы новой «механики», выражающие специфические законы движения атомных частиц.

В 1927 г. при обсуждении принципиальных вопросов только что родившейся в то время квантовой теории на Сольвеевском конгрессе физиков прозвучало слово «индетерминизм», и с тех пор в философских и физических журналах всего мира, в многочисленных монографиях и устных выступлениях продолжается дискуссия о том, совместима ли квантовая теория с философским принципом причинности, какова природа ее закономерностей. В силу специфичности свойств микрообъектов и трудности их познания вопросы, поставленные почти сорок лет назад, не получили исчерпывающего решения и до сих пор, хотя многое уже заметно прояснилось.

Проблема, если сказать очень коротко, состояла в том, чтобы осмыслить статистический характер законов квантовой теории, которые не определяют однозначно, а выражают лишь вероятность того или иного поведения микрочастицы. Законы статистического типа были известны в физике и раньше. Однако в рамках классической физики господствовало убеждение в том, что в основе любых явлений природы лежат законы, однозначно определяющие поведение объекта с заданными свойствами в заданных условиях, т. е. динамические законы. Такое убеждение было тесно связано с представлениями о необходимой, закономерной связи, о том, что всякое изменение в состоянии того или иного объекта имеет свою причину и, поскольку причина порождает вполне определенное следствие, каждая деталь в поведении объекта подчинена строгой закономерности.

Именно такой взгляд на статистические, «нестрогие» законы и был широко распространен, когда выяснилось, что в области квантовой механики они не могут рассматриваться как некоторая надстройка над динамическими законами, поскольку последние оказывалось невозможным ввести непротиворечивым образом. Но, так как понятие динамического закона, однозначно определяющего поведение данного объекта в фиксированных условиях, было тесно связано с представлениями о строгой, необходимой связи причин и следствий («из равных причин равные следствия»), статистический характер законов квантовой теории был истолкован как признак отсутствия причинной обусловленности явлений микромира, как крушение старых философских представлений о всеобщности причинности. Эти сомнения были широко использованы философами различных идеалистических школ для проповеди индетерминизма в применении ко всему миру, в частности для попыток разрешить «на новой основе» старую антиномию необходимости и свободы воли.

Рассмотрим несколько подробнее, в чем же состоит проблема причинности в квантовой механике.

Существенное отличие квантовой теории от классической механики очень часто иллюстрируют так называемыми мысленными экспериментами В. Гейзенберга и Н. Бора, построенными на основе одного из законов квантовой механики — соотношения неопределенностей. Однако мысленные эксперименты оставляют некоторое чувство неудовлетворенности, не являются в достаточной мере убедительными, как это видно уже из многолетних дискуссий Н. Бора и А. Эйнштейна. Нам представляется, что более правильный, более строгий подход к выяснению специфики квантовой теории должен состоять в анализе ее основных постулатов и уравнений, по отношению к которым соотношение неопределенностей является лишь одним из следствий.

Часто говорят, что в квантовой механике нельзя точно предсказать значения импульса и координаты микрочастицы, как делалось в классической механике, поскольку в силу соотношения неопределенностей $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ точные значения координаты и импульса частицы не могут быть одновременно приписаны этой частице. При этом остается в тени очень важное обстоятельство: с самого начала основные постулаты и урав-

нения квантовой механики задают состояние микрообъекта не непосредственно через импульс и координату, как это было в классической механике, а через особую функцию состояния, так называемую волновую функцию. Таким образом, квантовая механика и не ставит своей непосредственной задачей предсказание импульса и координаты частицы в последующий момент времени по их значению в начальный момент времени. Типичная постановка задачи состоит в предсказании вида волновой функции в последующий момент времени. Можно сказать, что сами способы описания объективной реальности в квантовой и классической механике специфичны, существенно различны, что, безусловно, следует рассматривать как выражение качественной специфики самих микрообъектов. Другими словами, мысленные эксперименты в их обычном изложении рассматривают квантовую механику в основном через призму представлений классической механики, что, по-видимому, является слишком односторонним.

«При чтении работ Бора,—пишет В. А. Фок,—...создается, однако, впечатление о некоторой односторонности его точки зрения. В самом деле, все усилия Бора направлены к разъяснению ограниченности старых классических понятий, а не к разъяснению новых понятий, вводимых квантовой механикой. Формальным признаком такого одностороннего подхода является то, что из всего аппарата квантовой механики Бор использует только соотношения Гейзенберга (соотношения неопределенностей. — Авт.). Это не может быть вызвано просто стремлением к элементарности изложения: даже в самом элементарном изложении можно и нужно что-нибудь сказать и о новых понятиях...»¹.

Какие же основные постулаты образуют фундамент квантовой теории?

Постулат первый

Состояние элементарной частицы характеризуется так называемой волновой функцией, которую очень часто обозначают греческой буквой пси (Ψ) и которая в связи с этим часто называется Ψ -функцией. В целом можно

¹ «Успехи физических наук», 1958, т. 66, вып. 4, стр. 599.

сказать, что вид Ψ -функции определяется природой частицы и теми взаимодействиями, в которых участвуют микрочастицы. В простейшем случае Ψ -функция имеет математически такой вид: $\Psi = e^{\frac{i}{\hbar} px}$. Тот факт, что эта функция содержит мнимую единицу, часто рассматривают как одно из выражений того, что Ψ -функцию нельзя понимать как волну в реальном пространстве, а следует придавать ей более абстрактный смысл: через волновую функцию определяется вероятность проявления тех или иных значений физических величин.

Постулат второй

Каждой физической величине соответствует определенный оператор, т. е. некоторое преобразование Ψ -функции, позволяющее найти численное значение этой физической величины.

Пример. Физической величине — импульсу сопоставляется такая операция: $\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial x}$. Иначе сказать, преобразование Ψ -функции состоит в том, что нужно взять производную Ψ -функции по координате x , полученное выражение умножить на постоянную Планка и разделить на мнимую единицу.

Рассмотрим следующий пример. Пусть Ψ -функция дается таким выражением: $\Psi = e^{\frac{i}{\hbar} px}$. Применим указанный выше оператор импульса к Ψ -функции и посмотрим, что получится после его применения:

$$\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial x} = \frac{\hbar}{i} \frac{i}{\hbar} p e^{\frac{i}{\hbar} px} = p \Psi.$$

Получилась та же самая волновая функция, только умноженная на величину p .

Этот пример помогает уяснить содержание третьего постулата.

Постулат третий

Если применение оператора ($\hat{P}$) к данной волновой функции приводит к тому, что вид волновой функции не меняется, а лишь появляется числовой множитель, т. е. $\hat{P}\Psi = a\Psi$, то в этом случае фактически выполненное из-

мерение физической величины p с достоверностью дает численное значение a .

Если выполняется соотношение $\hat{P}\Psi = a\Psi$, то принято говорить, что в этом случае волновая функция Ψ является собственной функцией данного оператора $\hat{P}$, а число a называется «собственным значением оператора». Иначе говоря, если волновая функция является собственной функцией оператора, то в этом случае измерение с достоверностью, а не с вероятностью дает определенное значение этой физической величины.

Постулат четвертый

Если микрочастица подвергается внешнему воздействию, то изменение волновой функции определяется уравнением Шредингера: $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$, где $\hat{H}$ — оператор энергии.

Таким образом, изменение волновой функции с течением времени определяется характером внешнего воздействия.

Уравнение Шредингера, куда входит производная Ψ -функции по времени, обладает такими свойствами: если мы знаем функцию Ψ в момент времени t_1 и знаем характер воздействия, которому подвергается микрочастица, то, пользуясь этим уравнением, можно совершенно однозначно предсказать вид Ψ -функции в момент времени t_2 . Как видим, это уравнение совершенно такого же типа, как и динамические уравнения классической механики.

Если бы дело ограничивалось только теми положениями, которые в явной форме высказаны выше, то, по-видимому, в квантовой механике не возникало бы никакой проблемы детерминизма. В самом деле, согласно постулату четвертому, мы можем рассчитать вид Ψ -функции для любого последующего момента времени; согласно постулату третьему, мы можем с достоверностью сказать, чему равна та или иная физическая величина, чему равны импульс, координаты, энергия и т. д. Постулаты бы возможность совершенно со вторым и первым давали так же как в классической механике, однозначно предсказывать, любой физической величины, будущее значение

Несмотря на то что основные уравнения непохожи на уравнения классической механики, несмотря на то что тут имеются совершенно новые элементы в виде операторов, которые в классической механике не применяются, совершенно новые правила для нахождения физических величин (они не прямо, а косвенно определяются с помощью волновой функции), — несмотря на все это своеобразие, в квантовой механике есть сходство с тем, что имеется в классической механике, а именно: изменение Ψ -функции во времени определяется таким уравнением, которое соответствует классическим детерминистским требованиям.

Но все дело в том, что есть сложности, мимо которых мы прошли, и именно эти сложности и рожают всю проблему детерминизма, связанную с поведением микро-частиц.

В чем же состоят эти сложности? Вернемся к третьему постулату. Мы сказали: если применение оператора к волновой функции не меняет ее вида, то тогда с достоверностью можно предсказать значение физической величины, о которой идет речь.

Но всегда ли так бывает, всегда ли вид оператора таков и всегда ли сама Ψ -функция такова, что применение данного оператора к данной Ψ -функции не меняет ее вида, а порождает только появление числового множителя? Оказывается, так бывает далеко не всегда. Например, можно доказать (мы не будем этого делать), что если Ψ -функция удовлетворяет соотношению $\hat{P}\Psi = a\Psi$ для оператора импульса, тогда она не будет удовлетворять такому соотношению для оператора координаты. Другими словами, если пси-функция такова, что импульс может быть предсказан с достоверностью, то значение координаты при этом с достоверностью предсказано быть не может. Поэтому приходится говорить, что в состоянии, определяемом заданной волновой функцией, микро-частица имеет определенное значение физической величины в том случае, если выполняется соотношение $\hat{P}\Psi = a\Psi$, и не имеет его, если такое соотношение не выполняется.

Можно допустить, что такова специфика микрообъектов. Но трудности этим не устраняются. Дело в том, что фактически выполненное измерение позволяет все-таки найти определенное знание физической величины. Отсю-

да начинаются парадоксы. Ψ -функция такова, что мы говорим: не имеет определенного значения данная физическая величина, например координата. А фактически выполненное измерение позволяет найти такое значение. Каким образом это получается? Отсюда вырастают трудности, связанные с причинностью, детерминизмом и т. д., в частности проблема роли прибора, при помощи которого производится измерение.

Чтобы выяснить, как обстоит дело в общем случае, когда волновая функция не является собственной функцией оператора данной величины, нам придется познакомиться еще с одним постулатом — с так называемым принципом суперпозиции.

Постулат пятый

Если микрочастица может находиться в состоянии Ψ_1 , в котором она с достоверностью имеет значение физической величины $p = a_1$, и если она может находиться в состоянии, характеризуемом волновой функцией Ψ_2 , в котором та же самая физическая величина p имеет значение a_2 , то она может находиться также в состоянии, характеризуемом волновой функцией вида: $\Psi = c_1 \Psi_1 + c_2 \Psi_2$.

В этом случае измерение физической величины p может дать либо значение a_1 с вероятностью $|c_1|^2$, либо значение a_2 с вероятностью $|c_2|^2$.

Этот принцип верен и для суперпозиции большего числа состояний.

Кроме того, имеется постулат М. Борна (на котором мы не будем останавливаться), дающий статистическую трактовку смысла волновой функции. В частности, квадрат модуля волновой функции, умноженный на объем достаточно малой части пространства, определяет вероятность найти микрочастицу в заданном состоянии в этом объеме:

$$dw = |\Psi|^2 dv.$$

Одним из следствий основных постулатов квантовой теории, как уже говорилось выше, является соотношение неопределенностей. Остановимся на нем несколько подробнее. Мы уже говорили, что при заданной волновой функции не все физические величины имеют определенное значение. Если две физические величины не могут одновременно иметь определенное значение (в соответ-

ствии с постулатом третьим), они называются взаимно-дополнительными. Операторы этих величин обладают той особенностью, что они не коммутируют, т. е. результат последовательного применения этих операторов к данной волновой функции зависит от того, в каком порядке они применяются. Именно для взаимнодополнительных физических величин и имеет место соотношение неопределенностей. Смысл его, коротко говоря, состоит в том, что взаимнодополнительные величины в квантовой механике не связаны между собой однозначно. Если обозначить через $x_{\text{ср}}$ и $(p_x)_{\text{ср}}$ средние статистические значения координаты и импульса в большом числе событий, а через x и p_x — значение этих величин в индивидуальных случаях (рассматривая постулат четвертый, мы видели, что измерение позволяет найти определенное значение некоторой физической величины, если даже микрочастица находится в состоянии с неопределенным значением этой величины), то средние квадратичные отклонения от среднего (статистические дисперсии) подчинены закону

$$\sqrt{(x_{\text{ср}} - x)^2} \sqrt{[(p_x)_{\text{ср}} - p_x]^2} \geq \frac{\hbar}{2}.$$

Здесь $\sqrt{(x_{\text{ср}} - x)^2}$, обозначаемое обычно как Δx , и $\sqrt{[(p_x)_{\text{ср}} - p_x]^2}$, обозначаемое как Δp_x , и есть так называемые неопределенности значений импульса и координаты. По самому определению входящих в закон величин соотношение неопределенностей представляет собой статистическую закономерность, что иногда упускают из виду, относя соотношение неопределенностей к единичному акту взаимодействия микрочастиц.

В рамках широко известной, так называемой копенгагенской интерпретации квантовой механики (Н. Бор, В. Гейзенберг) сложилось толкование соотношения неопределенностей как принципиального ограничения точности наших измерений и возможности применения понятий классической механики в сфере квантовых явлений.

Разумеется, соотношение неопределенностей как специфический закон квантовых процессов находит неизбежно свое отражение в процессах измерения, ибо само измерение в квантовой механике с необходимостью включает в себя взаимодействия, протекающие по законам квантовой теории. Верно и то, что соотношение неопре-

деленностей демонстрирует существенное отличие свойств физических величин, характеризующих микрочастицу, от аналогичных величин классической механики. И все же не в этом главный смысл соотношения неопределенностей.

В. А. Фок подчеркивает вполне справедливо, что копенгагенская интерпретация квантовой теории не уделяет внимания выявлению позитивной стороны квантовой механики как научной теории о специфических законах поведения микрообъектов. Эта односторонность становится особенно яркой, если проанализировать, как применяют физики соотношение неопределенностей в практике научного исследования. В свое время сам Гейзенберг применил соотношение неопределенностей для доказательства того, что внутри атомного ядра не могут существовать электроны, хотя с точки зрения других его высказываний следовало бы сказать, что мы принципиально ничего не можем сказать о частицах внутри атомного ядра, поскольку соотношение неопределенностей кладет этому границу. Как видим, в реальном процессе познания соотношение неопределенностей используется не отрицательной своей стороной, а позитивной, используется как объективный физический закон, которому подчинено поведение микрочастиц, независимо от того, наблюдают их или нет. Типичным для упругого рассеяния тот факт, что первичный π -мезон лишь мало отклоняется от своего начального направления полета и отдача протона очень невелика. Из соотношения неопределенностей следует, что такой процесс не может разыгрываться в очень малой области пространства (а вовсе не то, что мы ничего не можем сказать о той области, в которой он разыгрывается. — *Авт.*). Именно, если передача импульса от пиона к протону равна q , то размер пространственной области a , в которой разыгрывается этот процесс, характеризуется неравенством $a > \frac{h}{q}$.

Оценка показывает, что $a \sim 10^{-13}$ см. Эту величину и следует рассматривать как характерный размер системы пион+протон¹. Совершенно так же рассуждает В. Б. Бе-

¹ Д. И. Блохинцев. Проблемы структуры элементарных частиц. В сб.: «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 48—50.

рестецкий, обосновывая протяженность элементарных частиц¹.

Одно из важных открытий физики элементарных частиц в последние годы — обнаружение многочисленных короткоживущих частиц, так называемых резонансов. Время их жизни слишком мало, чтобы его можно было определить непосредственным измерением. Однако измерение статистической дисперсии значений энергии этих частиц позволяет в соответствии с соотношением неопределенностей для энергии — времени $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ определить среднюю продолжительность их жизни, составляющую величину порядка 10^{-22} сек. Как видим, и в этом случае соотношение неопределенностей используется физиками как объективный закон, которому подчинено поведение микрочастиц и который позволяет получить дополнительные сведения о частицах, а вовсе не как принципиальное ограничение точности наших знаний или точности наших измерений с применением приборов. Прав был Л. И. Мандельштам, подчеркивая в свое время: «Обычно говорят, что соотношение неопределенностей возникает из-за взаимодействия измерителя и измеряемого объекта. Вы видите, что это соотношение возникает с самого начала, еще до вопроса об измерении»².

Многочисленные споры возникли вокруг следствий из принципа суперпозиции. В том случае, когда волновая функция не является собственной функцией оператора данной физической величины, эта величина, как уже говорилось, не имеет определенного значения. Однако математически данная волновая функция может быть представлена как сумма некоторого числа собственных функций, т. е. данное состояние может быть представлено как суперпозиция, наложение некоторого числа состояний, в каждом из которых данная физическая величина имеет вполне определенное значение. В соответствии с принципом суперпозиции измерение должно дать только одно из этих определенных значений, связанное с одной из составляющих суперпозицию собственных функций.

¹ «Успехи физических наук», 1962, т. 76, вып. 1, стр. 32—33.

² Л. И. Мандельштам. Полн. собр. трудов, т. V. М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 358.

Именно вокруг этой особенности квантовой теории и разгорелись споры. С чем связано существование в квантовой теории суперпозиции состояний? Может быть, это связано с тем, что на самом деле частица находится точно либо в состоянии Ψ_1 , либо Ψ_2 , но мы этого в силу каких-то причин не знаем или, просто абстрагируясь от деталей, учитываем обе возможности и только поэтому пишем функцию состояния частицы в виде суперпозиции, в виде наложения двух состояний. В таком случае Ψ -функцию можно было бы рассматривать так же, как статистические функции классической физики. В результате измерения мы получаем либо первый результат, либо второй, и, таким образом, наше знание уточняется, становится более полным.

Оказывается, что дело обстоит гораздо сложнее, что мы и попытаемся показать на одном простом примере. Это известный эксперимент, который в более сложной своей форме осуществлен реально, но который в упрощенном виде излагают как мысленный эксперимент прохождения электронов через экран с двумя щелями.

Допустим, что у нас имеется экран, в котором есть две узкие щели, на этот экран падает пучок электронов; за экраном находится фотопленка, на которой можно зарегистрировать те результаты, которые получаются после прохождения электронов через две щели. Все электроны перед экраном с двумя щелями находятся в некотором состоянии, характеризуемом волновой функцией Ψ . Применяя уравнения квантовой теории, мы найдем, что после взаимодействия состояние электрона представляет собой суперпозицию двух состояний: $\Psi = c_1\Psi_1 + c_2\Psi_2$, где Ψ_1 имеет тот смысл, что электрон прошел через первую щель, а Ψ_2 — через вторую. Но общее состояние как раз таково, как если бы электрон частью проходил через первую щель, а частью — через вторую.

В чем же здесь дело? Может быть, на самом деле электрон ведет себя просто как частица: некоторые электроны проходят через первую щель, некоторые — через вторую, но мы не знаем, какой электрон через какую щель прошел, и поэтому для любого электрона после прохождения через экран пишем состояние в виде суперпозиции. Попробуем осуществить соответствующее измерение. Если мы за каждой щелью поставим счетчик частиц, то действительно обнаружим, что оба счетчика

срабатывают независимо друг от друга, т. е. регистрируют прохождение электронов именно так, как если бы один электрон проходил через первую щель, а другой — через вторую. Казалось бы, наша гипотеза о том, что мы записываем состояние электронов в виде суперпозиции двух состояний из-за недостаточности наших знаний, или абстрагирования от деталей, подтверждается.

Допустим, мы убрали оба счетчика и предоставили электронам свободно проходить через щели и попадать на фотопластинку, установленную позади экрана со щелями. Что же мы увидим на фотопластинке? Если бы электроны проходили каждый через свою определенную щель, то мы должны были бы увидеть на экране изображение этих двух щелей. На самом же деле на фотопластинке обнаруживается типичная картина интерференции: в центре — яркая полоса, потом темный промежуток, опять яркая полоса, опять темный промежуток, и так наблюдается на значительном протяжении по обе стороны от центрального пятна. Процесс протекает так, как если бы электрон проходил одновременно через обе щели, а потом за экраном от обеих щелей распространились две волны. На экране взаимное наложение этих волн и дает описанную картину интерференции. Там, где волны совпадают, они усиливают друг друга, и получается светлая полоса; там, где выпуклость волны приходится на впадину другой волны, волны взаимно гасят друг друга, и получается темный промежуток.

В одном из экспериментов, осуществленном в Советском Союзе В. А. Фабрикантом, Л. А. Биберманом и Н. Г. Сушкиным, поток электронов был столь редким, что электроны проходили, образно выражаясь, по одному. И никакого изменения картины не произошло. Этот эксперимент показал, что волны, которые здесь интерферируют, образованы не массой электронов, летящих совместно и взаимодействующих друг с другом. Все происходит так, как если бы каждый единичный электрон, проходя через щели, давал бы две волны, интерферирующие на экране.

Именно это обстоятельство и лишает нас возможности так просто и легко понимать суперпозицию состояний, как мы вначале предположили. Суперпозиция состояний оказывается связана вовсе не с тем, что мы не знаем точно, через какую щель проходил электрон, или

абстрагируемся от этих подробностей. Суперпозиция состояний имеет прямые физические следствия, а именно: она приводит к тому, что состояния Ψ_1 и Ψ_2 между собой интерферируют. Ясно, что такие физические следствия не могут быть связаны просто с тем, что наши знания в известной части недостаточны или что мы не учитывали детали. Очевидно, речь идет о том, что каждому электрону в каком-то смысле одновременно присущи оба представленные в суперпозиции состояния и что эти состояния как-то взаимодействуют между собой, дают определенные физические следствия. Но если это так, то тогда снова становится непонятным, почему же при измерении мы обнаруживаем только одно из этих состояний, а не оба; почему в том случае, когда мы хотим точно выяснить, через какую щель проходил электрон, мы находим, что он проходил не через обе щели, а только через одну? Здесь какая-то мистика, какая-то загадка.

Именно это обстоятельство породило многочисленные споры о детерминированности поведения электронов и о том, какую роль играет прибор в микромире. Одно из предложенных объяснений факта сводилось к тому, что все дело во влиянии прибора: если мы не ставим счетчики за щелью, тогда электрон ведет себя так, как если бы в нем одновременно присутствовали оба состояния Ψ_1 и Ψ_2 ; если же мы поставим за каждой щелью прибор, тогда он своим влиянием будет менять состояние электронов. Поставив прибор, мы изменили физическую обстановку, изменили характер взаимодействия, и электрон изменяет свое состояние: от состояния, представленного суперпозицией $\Psi = c_1\Psi_1 + c_2\Psi_2$, электрон перескакивает либо к состоянию Ψ_1 , либо к состоянию Ψ_2 . Все дело, таким образом, во влиянии прибора.

Однако это объяснение, хотя оно и кажется очень естественным и правдоподобным, в свою очередь, приводит к трудностям и противоречиям. Как, например, ведет себя электрон, когда есть только экран с двумя щелями, но нет ни счетчиков за этим экраном, ни фотопластинок? Будет ли он вести себя как частица или как волна? В. Гейзенберг в рамках так называемой копенгагенской интерпретации квантовой теории считает необходимым вообще отказаться от ответа на такой вопрос. Рассматривая изложенный выше пример, Гейзенберг делает вывод: «Из этого примера видно, что понятие функции

вероятности (имеется в виду волновая функция. — *Авт.*) не дает пространственно-временного описания события, происходящего в промежутке между двумя наблюдениями. Каждая попытка найти такое описание ведет к противоречиям. Это означает, что уже понятие «событие» должно быть ограничено наблюдением»¹. Но такой выход из трудностей, несомненно, представляет собой уступку философскому агностицизму: ведь должно же что-то происходить и тогда, когда микрочастицы взаимодействуют вне процесса наблюдения. Ответ Гейзенберга, что у нас просто нет языковых средств для описания ненаблюдаемого, опять-таки философски неудовлетворителен: языковые средства, особенно запас научных понятий, непрерывно обогащаются, да и более внимательное рассмотрение содержания современных научных теорий показывает, что наука обладает относительно достоверным знанием о многих явлениях и процессах, не доступных непосредственному наблюдению. Физика фактически не придерживается гейзенберговского принципа наблюдаемости в его прямом смысле.

Известный философ-позитивист Г. Рейхенбах признает, что наука имеет право говорить о явлениях, непосредственно не наблюдаемых, и что она говорит о них, считая эти явления подчиненными тем же законам, которые являются при наблюдении этих явлений. Можно говорить о поведении электрона вне процесса наблюдения, но при этом нельзя обойти так называемые «причинные аномалии». Мы можем, говорит Рейхенбах, считать, что электрон ведет себя как частица и тогда, когда нет счетчиков, регистрирующих, через какую щель он проходит, но мы не в состоянии объяснить, каким образом на его движение оказывает влияние вторая щель, через которую он не проходит («причинная аномалия»). Мы можем считать, что электрон ведет себя как волна, даже если нет фотопластинки, регистрирующей интерференционные полосы, но мы не в состоянии тогда объяснить, каким образом протяженная волна локализуется в одном месте пространства, когда электрон регистрируется счетчиком или вызывает почернение в одной точке фотопластинки (вновь «причинная аномалия»).

¹ В. Гейзенберг. Физика и философия. М., ИЛ, 1963, стр. 31—32; см. также стр. 116—117.

Подобного рода «причинные аномалии» можно отнести на том основании, что понимаемые в классическом духе образы частицы и волны просто не подходят для отображения свойств микрочастиц, и «аномалии» возникают потому, что действительному содержанию квантовой механики придается смысл, которого она не имеет. Однако определенные трудности остаются и в том случае, если держаться ближе к точному содержанию основных постулатов и уравнений квантовой теории.

Постулат четвертый определяет, каким образом меняется волновая функция в том случае, когда микрочастица подвергается внешнему возмущению. Здесь оператор $\hat{H}$ характеризует возмущение микрочастицы со стороны внешних сил. Мы уже говорили о том, что уравнение Шредингера позволяет совершенно однозначно предсказать, какой вид будет иметь функция Ψ после этого влияния. Но в том-то и дело, что уравнение Шредингера не может никоим образом объяснить переход от суперпозиции состояний к одному из них. Если мы примем уравнение Шредингера, то получим, что и после взаимодействия мы должны будем иметь суперпозицию.

Для того чтобы объяснить это несоответствие или, если хотите, противоречие, Бор, Гейзенберг и ряд других физиков выдвинули утверждение, что влияние прибора является в принципе неконтролируемым: именно потому этот переход (так называемую «редукцию волновой функции») нельзя объяснить исходя из уравнений квантовой механики, что влияние прибора неконтролируемо.

Если несколько упростить эту точку зрения, то она состоит в следующем. Для того чтобы проконтролировать то влияние, которое оказывает прибор на микрочастицу, надо поставить второй прибор, который бы это делал; но второй прибор внесет свое возмущение, и для того, чтобы учесть возмущение, вносимое вторым прибором, нужно поставить третий прибор, и так до бесконечности. Поскольку эту бесконечность нельзя исчерпать, мы должны признать, что прибор, определяя одно значение физической величины, в то же время существенно меняет состояние микрочастицы, и это изменение принципиально неконтролируемо.

Но если даже принять утверждение о неконтролируемом влиянии прибора, то и в этом случае положение

не становится лучше, поскольку можно показать противоречивость и этого истолкования, что, в частности, и было сделано в известном «парадоксе Эйнштейна».

Парадокс Эйнштейна состоит в следующем: допустим, у нас имеются две микрочастицы — первая и вторая, которые приходят во взаимодействие друг с другом и затем расходятся. Если применить к этому случаю уравнения квантовой теории (Эйнштейн показал конкретно, как это будет выглядеть), то получится, что после взаимодействия состояние обеих частиц представит собой суперпозицию, т. е. наложение нескольких определенных состояний. Общая волновая функция системы из двух микрочастиц будет включать в себя указание на волновые функции первой и второй частиц. В конкретном случае волновая функция системы двух частиц после их взаимодействия имеет такой вид: $\Psi = \Psi_1(1) \Psi_2(1) + \Psi_1(2) \Psi_2(2)$. Здесь волновая функция первой частицы Ψ_1 такова, что эта микрочастица находится в некотором определенном состоянии, которое мы обозначим как 1; она умножена на волновую функцию второй частицы, которая тоже находится в состоянии 1. Это первый член суперпозиции. Второй член суперпозиции отвечает тому случаю, когда обе частицы находятся в состоянии 2.

Допустим теперь, говорит Эйнштейн, что мы выполняем измерения над первой частицей: ставим на ее пути какой-то прибор и подвергаем ее процессу измерения. В этом случае в результате контролируемого или неконтролируемого (как угодно) взаимодействия с прибором из этой суперпозиции выделится только один член — либо первый, либо второй. Допустим, что выделился первый член. Тогда мы можем сказать, что и первая и вторая частицы находятся в состоянии 1. И здесь возникает интересный вопрос. Если для первой частицы переход ее из суперпозиции состояний в одно определенное состояние вызван влиянием прибора, то спрашивается, чем вызван переход в определенное состояние второй частицы? Ведь на нее прибор не действовал! Аналогичное положение возникает, если в результате процесса измерения над первой частицей выделится второй член суперпозиции. Описанное явление можно объяснить только в том случае, если бы была какая-то связь между первой и второй частицами и после их взаимодействия, причем

связь, которая распространялась быстрее скорости света. Однако физические процессы такого рода до сих пор еще не известны.

Вывод Эйнштейна сводился к тому, что, по-видимому, волновая функция не дает достаточно полной характеристики реального состояния микрообъекта, что все дело здесь не в том, что прибор оказывает некоторое влияние, а в том, что вначале мы просто не знали точно состояния обеих частиц. В соответствии с этим высказывалась надежда, что со временем, может быть, квантовая теория позволит более точно предсказывать поведение частиц, более точно определять их состояние, более точно предсказывать, какое именно значение физической величины мы получим при взаимодействии с прибором.

Точка зрения, согласно которой волновая функция не дает полной характеристики состояния частицы, и узнать ее состояние более точно возможно, только задавая какие-то другие физические величины, получила в литературе название теории «скрытых параметров». Позже, уже в 50-х годах, эту теорию стала развивать группа французских физиков во главе с Луи де Бройлем, одним из основателей квантовой теории. К этой группе присоединился и американский физик Давид Бом. Однако, как уже говорилось раньше, представление о том, что суперпозиция состояний связана только с недостаточностью наших знаний или абстрагированием от ряда деталей, наталкивает на серьезные возражения.

Вопрос о сущности суперпозиции состояний не решен окончательно образом и до сегодняшнего дня.

Одно из наиболее убедительных объяснений «редукции волновой функции» состоит в следующем. Волновая функция имеет статистический смысл, поэтому тот или иной конкретный исход единичного акта взаимодействия микрочастиц не определяет вида волновой функции. Подобно тому как в классической статистике вероятность выпадения герба при бросании монеты остается равной половине и вовсе не меняет скачком своего значения, если в том или ином конкретном акте бросания выпадения, или не выпадает герб, так и в квантовой механике волновая функция характеризует возможности поведения микрочастиц при многократном повторении данного взаимодействия и вовсе не меняет скачком своего значения в зависимости от конкретного исхода того или иного еди-

ничного акта взаимодействия. Эта трактовка, последовательно проводящая в жизнь статистическое толкование волновой функции, должна, однако, еще преодолеть некоторые трудности, обусловленные тем, что, как уже говорилось, реальность суперпозиции не позволяет провести достаточно далеко аналогию между волновой функцией и статистической функцией распределения в классической физике.

Однако и в такой трактовке проблема причинности продолжает оставаться острой.

Допустим, что имеются микрочастицы, например электроны, характеризуемые одной и той же волновой функцией Ψ . С точки зрения квантовой теории это означает, что электроны находятся в одном и том же состоянии. Пока физика не способна более точно определить состояние электронов. Электроны, каждый из которых находится в одном и том же состоянии, взаимодействуют с некоторым прибором B . Если этот прибор измеряет физическую величину, такую, что волновая функция не является собственной функцией оператора измеряемой величины, то измерение с той или иной степенью вероятности дает разные результаты: с некоторыми вероятностями мы получим результаты a_1, a_2, a_3 и т. д. Спрашивается, почему одни и те же частицы, находящиеся в одном и том же состоянии, взаимодействующие с одинаковым, казалось бы, прибором, дают совершенно разные физические результаты? С чем это связано?

Некоторые из физиков стали говорить, что микрочастицы не подчинены принципу причинности, что здесь не действует детерминизм. С точки зрения обычных представлений о причинности объект, находящийся в одном и том же состоянии, взаимодействующий с одной и той же вещью, должен вызывать совершенно одинаковые следствия. Для микрочастиц это старое представление не годится: в микромире может получиться так, что два электрона, находящиеся в одном и том же состоянии, взаимодействующие с одинаковым прибором, могут дать совершенно различные результаты. Отсюда вывод, что в микромире не соблюдается принцип причинности, что электрон имеет нечто вроде свободы воли обнаруживать то или иное значение физической величины при взаимодействии с прибором. Это крайняя точка зрения, которая, в сущности, не получила признания.

Несколько особняком стоит взгляд, согласно которому возможность разного поведения микрочастиц, находящихся в одном и том же состоянии, нужно понимать так, что вероятность, статистичность носят в микромире первичный характер, не может быть далее анализирована, и что поэтому вопрос о том, какими еще причинами вызываются те или иные индивидуальные отклонения, просто не имеет точного смысла. По-видимому, так надо понимать, в частности, высказывания В. А. Фока о первичном характере понятия вероятности в квантовой механике. При таком подходе, конечно, нет речи об индетерминизме: вероятность есть проявление закономерности, необходимости в поведении микрочастиц, а вовсе не хаоса и полного беспорядка, как иногда неправильно трактуют статистические законы. Речь должна идти лишь об обобщении понятия причинности: связь между причиной и следствием с этой точки зрения не обязательно однозначная, она может быть и неоднозначной (так сказать, статистическая форма причинной связи). Спорным здесь может быть только вопрос, возможно ли, чтобы неоднозначность в связи причины и следствия не имела своих причин, которые могут быть вскрыты дальнейшим углублением наших знаний о внутренней структуре микрочастиц. Не следовало бы, на наш взгляд, понимать также первичность вероятности в микромире в абсолютном смысле этого слова. Даже если действительно в микромире связь между причиной и следствием не является однозначной всегда правомерен вопрос, какими общими свойствами материи порождается статистический характер законов вообще и в микромире в частности, а это уже будет означать определенный анализ понятия вероятности, раскрытие ее основания.

Взгляды Н. Бора и В. Гейзенберга на причинность не всегда последовательны. Не имея возможности анализировать их здесь сколько-нибудь полно, отметим, что наиболее часто они высказывали следующее понимание. Во время измерения прибор вызывает не поддающееся контролю возмущение состояния частицы, и именно поэтому могут получиться различные результаты. При этом Бор и Гейзенберг выступили с утверждением, что современная физика требует пересмотра принципа причинности, принципа детерминизма. Этот взгляд мы должны рассмотреть немного подробнее.

Если понимать принцип причинности в смысле утверждения, что в мире не существует беспричинных явлений, то фактически Бор и Гейзенберг не выступают прямо против него. В самом деле, ведь ссылка на неконтролируемое возмущение со стороны прибора — это тоже попытки найти причину. Они не утверждают, что причины здесь вообще нет; то, что они объявляют устаревшим, — это убеждение, характерное для старой физики, что человек может до конца познать любые явления и, познав их, предсказать с достоверностью результаты любых событий. Они выступили с утверждением, что в микромире мы не в состоянии достоверно предсказать происходящие явления, потому что нельзя получить точные и всесторонние данные в процессе измерения. На это можно было бы ответить, что принцип причинности или принцип детерминизма не сводится только к человеческой способности предсказывать. Речь идет о том, имеются ли объективно в природе те факторы, которые определяют поведение электрона, независимо от того, умеем или не умеем мы их учитывать. Суть дела состоит в том, что Бор и Гейзенберг, находясь под определенным влиянием позитивизма, вообще снимают этот вопрос, сводя причинность только лишь к человеческой способности предсказывать будущие события по настоящим событиям.

Де Бройль, Бом, Вигнер, Я. Терлецкий и ряд других физиков считают, что электроны, характеризующиеся одной и той же волновой функцией Ψ , на самом деле не находятся в одном и том же состоянии, что они чем-то отличаются друг от друга. Именно поэтому при взаимодействии с прибором они дают различные результаты.

Мы видим, что проблема причинности очень тесно связана с проблемой тождества. Если объекты ведут себя по-разному, то как можно говорить, что они тождественны? Точка зрения «скрытых» параметров как раз и использует это обстоятельство: если электроны ведут себя по-разному, то, несомненно, они чем-то друг от друга отличаются. Такой подход приводит к необходимости анализировать внутреннюю структуру микрочастиц, выявлять более глубокие, субквантовые формы движения материи.

Есть еще одна позиция (четвертая) в этом вопросе, которая представляет собой некоторый вариант точки зрения Бора и Гейзенберга. Существо ее заключается в

несколько ином подходе к самому прибору. Обычно прибором является тело макроскопических размеров. Когда мы говорим, что микрочастицы, находящиеся в одном и том же состоянии, взаимодействуют с одним и тем же прибором, то на самом деле мы упускаем из виду то обстоятельство, что прибор, состоящий из большого числа атомов и молекул, никогда не может находиться в одном и том же состоянии, что мы никогда не можем иметь совершенно тождественные приборы, что обязательно там будут какие-то микроскопические различия, которые для самого прибора, для его работы, быть может, и не существенны, но которые при взаимодействии с микрообъектами оказываются существенными (Грин, Д. И. Блохинцев).

Каждая из этих точек зрения наталкивается на известные возражения, и поэтому проблема пока еще не имеет общепризнанного решения. В поисках решения этой проблемы не всегда учитывается очень большое своеобразие свойств самих микрочастиц. И, может быть, нам стоило бы отметить пятый возможный вариант решения проблемы, который состоит в том, чтобы решать ее с учетом очень большого своеобразия внутренних свойств микрочастиц. Разумеется, странность поведения микрочастиц ни в коем случае нельзя понимать в смысле наличия каких-то беспричинных изменений.

При этом, по-видимому, следовало бы учесть следующее обстоятельство. Ведь по самому определению закона он фиксирует только общее, существенное, повторяющееся. И нет ничего удивительного в том, что вне поля зрения может оказаться ряд случайных факторов и обстоятельств. Можно было бы провести такую аналогию. Мы не можем определить судьбу человека по его сегодняшнему состоянию, но ведь из этого нельзя сделать вывод, что будущие события в нашей жизни беспричинны. Нет, конечно, любое событие, которое произойдет в нашей жизни, несомненно будет иметь свои причины. Но так как в формировании судьбы человека участвует очень много случайных факторов, которые не связаны друг с другом необходимым образом, однозначное предсказание его судьбы невозможно.

Может быть, можно использовать эту аналогию применительно к микромиру. Мы не можем написать закон, который совершенно точно и однозначно предсказывает

поведение микрочастицы, не потому, что существуют какие-то беспричинные явления, а, может быть, просто потому, что этот закон учитывает общее и необходимое, но не учитывает целый ряд случайных факторов, в том числе и связанных с внутренним состоянием самой микрочастицы. В своих последних работах де Бройль, Бом и Вижье как раз очень большое внимание уделяют внутреннему состоянию микрочастицы. На эту их работу обратили сейчас внимание физики разных стран мира, в том числе и те, которые раньше отмахивались от идеи скрытых параметров. Речь идет о том, что выделяются две сферы, влияющие на поведение микрочастиц — внешние взаимодействия и внутренние явления, обусловленные структурой самой микрочастицы. Между этими сферами есть связь, но в то же время они являются и относительно независимыми.

Трудно пока сказать, удастся ли де Бройлю, Бому, Вижье на основе представления о внутреннем состоянии микрочастиц дать формулы, которые бы однозначно предсказывали ее поведение. Но если это и не удастся, то это не будет значить, что есть беспричинные явления, а будет означать, что не все события связаны между собой необходимым образом. Случайные же связи могут учитываться лишь косвенно, статистическим образом.

Таким образом, несомненно, что квантовая механика заострила внимание и физиков и философов на проблемах причинности и детерминизма, но в то же время серьезных оснований утверждать, что могут быть такие события, которые вообще никакими причинами не порождены, квантовая механика не дает.

Однако совершенно ясно, что квантовая теория требует существенного уточнения и углубления теории причинности, учения о причинных связях.

5. О КАТЕГОРИИ, ПРИНЦИПЕ И ЗАКОНЕ ПРИЧИННОСТИ

Философские дискуссии вокруг проблемы причинности в квантовой механике не кончены и поныне. Видимо, вопрос может проявиться в большей мере лишь с дальнейшим проникновением физики в глубины микромира, дальнейшим углублением наших знаний о сущности микрочастиц. Однако определенные итоги можно подвести и сегодня. Что именно в традиционном фило-

софском понимании причинности требует пересмотра, уточнения, обобщения и что подтвердилось в свете современной физики? Нам представляется целесообразным при ответе на этот вопрос ввести различные категории, принципы и законы причинности, хотя с самого начала ясно, что жестких разграничительных линий между ними нет.

О категории причинности. При обсуждении проблемы причинности прежде всего следует иметь в виду, что различные авторы не одинаково трактуют само понятие причинности и что поэтому, прежде чем ответить на вопрос, сохраняет ли понятие причинности свое значение в свете современной физики, необходимо более четко фиксировать содержание этого понятия.

В первую очередь следует учесть принципиальное отличие трактовки понятия причинности материализмом, с одной стороны, и различными направлениями современного субъективного идеализма — с другой.

С точки зрения М. Шлика первым и основным критерием причинной связи является возможность предсказания наблюдений, и критерием правильности таких предсказаний является наблюдение¹. Истинная сущность причинности — подтверждаемая наблюдением возможность предсказания наблюдений. В наши дни самоочевидно, пишет М. Шлик, что элементами причинного отношения являются события, но не вещи, ибо «вещи» суть просто абстракции².

Причинность для Рассела ни в коем случае не может считаться связью вещей, скорее наоборот, то, что обычно называют «вещью», может быть определено лишь при помощи понятия причинной цепи событий: «Если в определенное время дано событие, тогда во всякое несколько более раннее или несколько более позднее время в каком-то месте по соседству имеется очень похожее событие»³. Почему именно так обстоит дело? Рассел потерял объективную основу устойчивости событий, отчего его утверждение приняло мистический характер. По Расселу, причинность может быть определена как главный прин-

¹ See «The British Journal for the Philosophy of Science», 1961, vol. XII, No. 47, 48.

² Ibid., p. 178.

³ Б. Рассел. Человеческое познание, ч. V, гл. V. М., ИЛ, 1957, стр. 344.

шип, в силу которого — если имеются достаточные данные об определенной области пространства-времени — можно сделать какой-то вывод о другой его области¹.

Исторически подобные определения идут полностью в русле субъективизма Д. Юма, согласно которому причина есть объект, сопровождаемый другим, так что появление первого всегда переводит мысль ко второму (для Юма объектом является лишь восприятие).

Для всякого материалиста достаточно очевидно, что при таком подходе оказывается упущенным самое существенное — та реальная основа, которая только и дает возможность в известных случаях предсказывать явления, объективная, материальная связь вещей.

Любопытны в связи с этим некоторые отклики на книгу Марио Бунге «Причинность». По мнению М. Гесс, например, наиболее спорным у Бунге является онтологическое толкование детерминирования и его выражение понятием «производить» (to produce). Вопреки всем наследникам Юма (обратите внимание!) Бунге настаивает на существовании законов, «действующих объективно», «имманентных вещам... являющихся способами существования и изменения вещей... открываемых, но не изобретаемых»². Мнение, что М. Бунге неосновательно выступил против точки зрения Юма, мы находим и в статье Р. Шлегеля «М. Бунге о причинности»³: «В современной физике имеются яркие примеры, показывающие, насколько прав был Юм, говоря, что необходимость причинной связи содержится лишь в наших мыслях, но не в природе»⁴. И хотя М. Бунге, по выражению Р. Шлегеля, «либерализовал» понятие причинности, принял, что вовсе не везде мы имеем дело с однозначной связью событий, обобщил сообразно этому понятие детерминизма, недостаток его воззрения усматривается как раз в признании объективности причинности.

Дискуссия вокруг книги М. Бунге очень ясно показывает, что центр всей проблемы — не столько вопрос о

¹ Б. Рассел. Человеческое познание, ч. V, гл. V, стр. 344.

² «The British Journal for the Philosophy of Science», 1960, vol. X, No. 43, p. 253.

³ «The British Journal for the Philosophy of Science», 1961, vol. 28, No. 1, p. 77.

⁴ Там же.

том, является ли причинность однозначной связью явлений или нет, сколько о том, присуща ли она самим вещам, самой природе или является только связью наших мыслей, некоторым способом описания, перехода от знаний об одном к знанию о соседнем. Правомерно ли онтологическое понимание причинности — вот суть. В представлении некоторых, Юм совсем не устарел, «устарели» только те, кто во времена Юма или в наши дни отстаивают противоположный взгляд. Партийность философии проявляется здесь самым непосредственным образом — борьба двух противоположных линий не стареет.

Что причинная связь есть объективная связь взаимодействующих материальных тел и что понятие причинности есть лишь отражение, иногда более верное, иногда менее верное этой объективной генетической связи — эта мысль составляет основу диалектико-материалистического понимания причинности. Соответственно этому все свойства причинной связи выводятся не из анализа нашей способности или неспособности что-либо предсказывать, а из анализа объективных особенностей взаимодействия материальных тел.

Нам представляется, что положительному содержанию ряда последних работ, посвященных причинности в сфере естественных наук, соответствует следующее определение категории причинности. Причинная связь — связь двух объектов, при которой один объект порождает изменение другого посредством передачи соответствующего количества материи и движения. При этом сменяющие друг друга движения выступают одно — как причина, другое — как следствие. Как частный случай, одна вещь посредством причинной связи порождает другую.

«Перенос движения совершается, разумеется, лишь тогда, когда имеются налицо *все* различные условия, часто очень многообразные и сложные... Если не хватает одного условия, то переноса движения не происходит, пока это условие не осуществится. В этом случае можно представить себе дело таким образом, будто только осуществление этого последнего условия должно впервые *возбудить* силу и будто эта сила *в скрытом виде* пребывает в каком-нибудь теле — в так называемом носителе силы... Но в действительности, для того чтобы вызвать как раз этот специальный перенос движения, налицо

должно быть не только это тело, но и все другие условия»¹. Этим как раз объясняется чересчур широкое употребление понятия причины, в том числе и для обозначения таких обстоятельств, без которых данное явление не может осуществиться, но которые сами по себе не играют активной роли в процессе, не являются причиной в том смысле, в каком она определена выше. Понятно, что мы касаемся здесь вопроса чисто терминологического, однако для устранения путаницы и смещения связей, довольно различных по своему характеру, нам представляется целесообразным обозначать совокупность всех условий, необходимых для осуществления переноса движения, т. е. для осуществления причинной связи, как она определена выше, категорией основания. Встречающееся в нашей литературе сужение категории основания до уровня только логического основания неправомерно обедняет ее².

Принцип причинности. Почти во всех работах, посвященных проблеме причинности, можно найти термин «принцип причинности», однако далеко не так часто делаются попытки выяснить точно, что представляет собой этот принцип и отличается ли он чем-нибудь от категории причинности. А отличие, очевидно, должно быть, ибо принцип причинности по точному смыслу слов является некоторым утверждением относительно категории причинности. Логически возможны и встречаются два подхода: определить понятие причинности на базе предварительно сформулированного принципа причинности так, чтобы первое уже по самому своему определению удовлетворяло последнему. Другой подход состоит в том, чтобы определить понятие причины и сформулировать принцип причинности относительно независимо друг от друга, точнее — сформулировать принцип причинности на базе дальнейшего изучения и анализа понятия причинной связи. Последний путь, как менее искусственный, принят в настоящей работе.

Что понятие причинности и принцип причинности логически различны и относительно самостоятельны, так что можно принимать одно и не принимать второго, —

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 598.

² См. М. В. Эмдин. О категориях основания и обоснованного. «Вестник ЛГУ», 1959, № 23, вып. 4.

на это обратили внимание и некоторые представители позитивизма. Например, утверждения «А есть причина В» и «Всякое событие имеет свою причину» существенно различны (см. упомянутую выше статью М. Шлика). М. Шлик, в частности, и предлагает назвать утверждение о всеобщности причинного отношения принципом причинности.

Однако простое утверждение всеобщности причинного отношения недостаточно. В одном из своих выступлений папа римский Пий XII утверждал, что никакого индетерминизма в природе, в том числе и в явлениях микромира, нет и не может быть: там, где наука не обнаруживает физической причинности (как думают некоторые физики), проявляется недоступная научному познанию трансцендентная причинность (читай: сверхъестественная). Ясно, что Пий XII не только признает категорию причинности, но и исходит из того, что причинность носит всеобщий характер, что беспричинных явлений не бывает. И все-таки ни один материалист не может согласиться с подобной трактовкой вопроса.

На наш взгляд, материалистический принцип причинности следует формулировать примерно так, как это сделано во второй главе книги «Проблема причинности в современной физике»: «Наиболее общий и глубокий смысл принципа причинности заключается в том, что любое явление природы обусловлено другим природным же явлением. Материя сама в себе несет источник движения; она причина самой себя. В этом отношении принцип причинности есть лишь другое выражение принципа самодвижения материи, внутренней активности природы, не нуждающейся для своего существования и развития в сверхприродных причинах»¹. В несколько ином варианте принципу причинности можно придать следующее выражение: всякое изменение в состоянии какого бы то ни было материального тела может быть вызвано только материальным воздействием, определенным материальным процессом. Нетрудно видеть, что принцип причинности исходит из многовековой материалистической традиции, начиная с *ex nihilo nihil est* древних философов.

Принцип причинности в приведенной формулировке включает в себя два взаимосвязанных утверждения:

¹ «Проблема причинности в современной физике». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 131.

1) невозможно изменение состояния вещи без соответствующего материального воздействия — нет беспричинных явлений;

2) нет и не может быть нематериальных, сверхприродных причин.

Каждое из этих утверждений представляет собой обобщение всего многовекового опыта научного познания природы, следствие общего принципа неуничтожимости материи и движения, который, в свою очередь, является обобщением всех научных данных о вселенной. Этот принцип был бы нарушен, если бы состояние того или иного тела могло измениться без перехода некоторого количества материи и движения из одной качественно определенной формы в другую.

Поставим теперь вопрос: ставит ли современная квантовая теория под сомнение категорию и принцип причинности, как они выше очерчены? Очевидно, нет.

Одним из важных принципов, положенных в основу современной теории поля, является как раз принцип причинности. «Под причинностью мы понимаем условие того, что реакция системы на возмущение должна быть равна нулю при временах, предшествующих началу действия возмущения, т. е. «выходной сигнал не может появиться ранее входного», если говорить на языке радиотехники. В применении к задаче рассеяния (частиц. — Авт.) условие причинности утверждает, что не может быть рассеянных волн до тех пор, пока начальная волна не достигнет какой-либо части рассеивателя»¹.

Оценивая одно из предложенных обобщений квантовой теории, В. Гейзенберг, тот самый В. Гейзенберг, которому принадлежит немало высказываний о крушении принципа причинности в квантовой механике, пишет: «Одна из таких схем вела, например, когда ее пытались интерпретировать с помощью реальных процессов в пространстве и времени, к некоторого рода обращению времени; она описывала процессы, в которых в определенной точке внезапно происходило рождение нескольких элементарных частиц, а энергия для этого процесса поступала только позднее, благодаря каким-то другим процессам столкновения между элементарными частицами. Физики же на основании своих экспериментов убеж-

¹ С. Швебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. М., ИЛ, 1963, стр. 394.

дены, что процессы такого рода в природе не имеют места, по крайней мере тогда, когда оба процесса отделены друг от друга некоторым измеримым расстоянием в пространстве и во времени»¹.

В своей статье «О причинности в современной теории поля» Д. И. Блохинцев пишет: «Квантовая теория, как это ни странно (очевидно, имеются в виду дискуссии по проблеме причинности в квантовой теории. — *Авт.*), во всех основных чертах сохраняет классическую концепцию причинности. Именно, в квантовой теории распространение сигнала (или взаимодействия) также определяется функцией Грина... (которая также называется причинной функцией). Эта функция связывает квантовый переход в окрестности точки P_1 с квантовым переходом в окрестности точки P_2 »². Блохинцев, правда, рассматривает возможности обобщения или даже изменения этого принципа в будущей теории элементарных частиц, но пока это не более чем гипотезы.

Закон причинности. Ни принятие категории причинности, ни признание принципа причинности еще не предрешают вопроса о том, каким именно образом связано следствие со своей причиной, вытекает ли из действия данной причины только одно раз навсегда определенное следствие, или следствие может быть каким угодно. Всякий закон есть существенная, общая, необходимая, устойчивая, повторяющаяся связь. Следовательно, устойчивую, повторяющуюся, общую, необходимую связь причины и следствия (разумеется, если таковая есть) и должен выражать закон причинности.

Что отношение причинности содержит в себе необходимость, известно давно. На использовании этого положения построены, по существу, как учение Юма, так и учение Канта, в которых, однако, этой необходимости придается субъективный характер. В противоположность этому материалисты всегда настаивали на объективном характере необходимой связи причины и следствия. И в этом отношении современная физика микрочастиц полностью следует линии, которой придерживалась и классическая физика. Спор начинается лишь тогда, когда от общего признания причинной обусловленности явлений

¹ В. Гейзенберг. Физика и философия, стр. 134.

² «Атомная энергия», 1963, № 1, т. 14, стр. 106.

переходят к более точному, качественному и количественному, определению зависимости причины и следствия. Даже тогда, когда Н. Бор и В. Гейзенберг говорят об особой роли приборов в микромире, ограничивающей «причинное описание» микрообъектов, они в полной мере опираются на категорию и принцип причинности (влияние прибора с их точки зрения и есть причина определенных следствий). То, что действительно ставится под сомнение в затянувшейся дискуссии о причинности в микромире, — это не столько категория и принцип причинности, сколько закон причинности: равные причины порождают всегда равные следствия. Может ли так быть, чтобы две совершенно одинаковые системы, находящиеся в совершенно одинаковых условиях, подверженные действиям одинаковых причин, могли вести себя различным образом? Так, собственно, поставлен вопрос исторически. Конечно, после того как он поставлен, могут быть предложены разные варианты его решения, в том числе объяснение статистического характера движения микрообъектов за счет отказа от принципа причинности (есть беспричинные явления) или субъективистского толкования категории причинности (причинность лишь один из способов нашего описания наблюдаемых явлений) и т. п.

Можно представить себе, например, такие варианты объяснения статистического характера поведения микрообъектов.

а) Из равных причин всегда вытекают одинаковые следствия, но не все в конечном результате причинно обусловлено. Закон причинности сохраняется за счет отказа от всеобщности причинности, т. е. отказа от принципа причинности.

б) Разновидностью предыдущего объяснения является попытка Пия XII сослаться на влияние нематериальных, сверхъестественных причин. В этом случае сохраняется и закон причинности и принцип причинности, но последний претерпевает существенное изменение.

в) Закон причинности не выполняется потому, что ни этот закон, ни принцип причинности, ни категория причинности не имеют объективного значения — это лишь субъективные приемы упорядочения наших наблюдений (восприятий), опиравшиеся на привычки обыденного опыта и теряющие свое значение за его пределами.

Это — точка зрения позитивизма, которой наука на самом деле никогда не следовала и никогда не будет следовать. Тем не менее позитивизм претендует на полное согласие с методологией научного исследования.

г) Категория причинности имеет объективное значение, принцип причинности безусловно верен, закон причинности строго соблюдается во всех процессах природы, но из-за сложного переплетения большого числа причинных связей мы не в состоянии отразить этот закон во всей его полноте в своих теориях и пользуемся часто упрощенным — статистическим — расчетом.

д) Принцип причинности безусловно верен, но закон причинности требует исправлений и уточнений, так как сама объективная связь причины и следствия на самом деле оказывается гораздо сложнее, чем могли думать раньше; в частности, статистика появляется в теории потому, что связь причины и следствия объективно неоднозначна¹.

Возможно, что приведенный перечень не полон. Можно, например, предложить частичное изменение и категории, и принципа, и закона причинности и т. п. Однако мы считаем, что именно закон причинности в наибольшей степени требует уточнения в свете современной науки, тогда как понимание категории и принципа причинности едва ли сильно разойдется с материалистической традицией. Верно только, что понятию причинности давно пора придать более точное значение, чем это обычно делается.

Из перечисленных вариантов наибольшего внимания заслуживает последний, обсуждавшийся менее всего. Важно, в частности, выяснить отличие между ним и вариантом а).

С точки зрения механистической картины мира, исходящей из качественной однородности явлений, любое воздействие одного тела на другое совершается в соот-

¹ На это, в частности, обращает внимание М. Бунге, однако вызывает сомнение его предложение применять понятие причинности только в тех случаях, когда имеется однозначная связь, а при неоднозначной связи говорить о детерминировании. На наш взгляд, целесообразнее сохранить понятие причинности и для случаев неоднозначной связи явлений, обобщив соответственно закон причинности и не вкладывая в определение категории причинности указаний на закон соответствия причины и следствия.

ветствии с законами одного порядка, а потому обладает свойством непрерывности. Малейшее изменение в действующей причине вызывает строго одинаковое во всех случаях изменение в следствии. Это же убеждение лежит в основе лапласовского детерминизма, по смыслу которого любые детали будущих событий могут быть в принципе однозначно охвачены одним законом, одной математической формулой.

Дело обстоит совсем иначе, если учесть качественное многообразие форм движения материи. Наличие качественных превращений и связанных с этим прерывности, дискретности изменений значительно меняет характер причинно-следственных отношений.

Каждой форме движения свойственна устойчивость против внешних воздействий: в определенных рамках внешнее воздействие не только неспособно уничтожить данную форму движения, но даже вызвать в ней существенные изменения. Так, механические и тепловые воздействия на вещество, пока они не превышают известного уровня, не приводят к изменениям в химическом строении тела. Химические реакции с количественной стороны недостаточны для перестройки атомного ядра. В известных опытах Франка и Герца было установлено, что характер взаимодействия движущихся электронов с электронными оболочками атомов зависит от их кинетической энергии: если энергия электронов не очень велика, взаимодействие является упругим, если энергия превышает определенную величину, воздействие электронов вызывает перестройку электронной оболочки атома, т. е. изменение в состоянии качественно своеобразной формы движения материи. Нечто подобное мы имеем и в живой природе. Так, человеческий организм обладает защитными силами и в нормальном состоянии не восприимчив ко многим инфекциям. Для того чтобы произошло изменение в состоянии организма (болезнь), необходимо, чтобы уровень защитных сил («потенциальный барьер», как выразились бы физики) понизился в силу тех или иных обстоятельств (охлаждение, утомление и т. п.), либо чтобы воздействие возбудителей болезни превосходило защитные силы организма даже в нормальном состоянии.

Наличие качественно различных форм движения материи, обладающих внутренней устойчивостью, наличие

узловых точек, в которых эта устойчивость нарушается и происходит изменение качества, обуславливает своеобразную дискретность изменений, атомизм, который доставил так много хлопот физикам, но который вовсе не является исключительным достоянием микромира, хотя он и играет в микромире особую важную роль.

Если действующая причина количественно достаточна только для того, чтобы подвести данное тело к критической точке, то самые незначительные изменения как в действующей причине, так и во внутреннем состоянии тела будут резко менять характер следствия. В частности, в определении характера следствия существенное значение приобретает внутреннее состояние подвергающегося воздействию тела, так как именно от этого во многом зависит, произойдет ли качественное изменение в данном конкретном случае и в какой момент. В связи с этим одно и то же воздействие может вызвать у разных объектов одного вида различные следствия, и эта разница будет зависеть от внутреннего состояния объекта. И, наоборот, не совсем одинаковые в количественном отношении действия могут вызвать у разных объектов или в разное время у одного и того же объекта одинаковые следствия.

Для пояснения заимствуем из книги М. А. Маркова «Гипероны и К-мезоны» (1958) следующий пример. Реакция образования четырех Ξ -гиперонов при взаимодействии свободного нуклона с нуклоном ядра имеет для кинетической энергии свободного нуклона порог $12,9 + \frac{3,78}{-2,76}$ Бэв. Поправки учитывают направление движения нуклона в ядре. Если даже сильно упростить картину, отвлекаясь от наличия других возможных исходов реакции и от прочих обстоятельств, влияющих на ход взаимодействия, то и в этом случае можно видеть своеобразный статистический характер процесса. При кинетической энергии, меньшей $12,9 - 2,76 = 10,1$ Бэв, реакция не идет. При энергии от 10,1 до 16,7 Бэв реакция может произойти в некоторых случаях и может не произойти в других. Так как движение нуклона в ядре не имеет необходимой связи с движением внешнего нуклона, более того, так как эти движения в силу существенного различия условий подчинены качественно различным

закономерностям, связать эти два движения однозначно одним законом не представляется возможным. Только при энергии, большей $16,7 \text{ Бэв}$, если не принимать во внимание других усложняющих дело обстоятельств, реакция шла бы с вероятностью 1.

Таким образом, закономерная связь причины и следствия имеет место и в случае качественного изменения в состоянии одного из взаимодействующих тел, но эта связь не одинакова для разных объектов одного вида или для одного и того же объекта в разное время — связь причины и следствия в определенных обстоятельствах принимает вид статистической закономерности. Важно уяснить, что в каждом единичном случае следствие строго соответствует причине — за это ручается принцип неумничтожимости и несотворимости материи и движения. Но закон по своему своему смыслу экстрагирует общее, устойчиво повторяющееся во всех явлениях данного типа. Это общее, при наличии качественного скачка, может представлять собой не однозначную связь, а связь статистического типа, т. е. такую, которая в одном единичном случае не совсем такова, как в другом.

Классическая механика, выработав абстракцию материальной точки, к которой и относились ее законы, фактически рассматривала лишь одну форму движения — пространственное перемещение. Но определенно-го рода материальный объект неизбежно оказывается связанным не с одной какой-либо, а с несколькими качественно различными формами движения материи. А это значит, что его поведение зависит от качественно различных закономерностей, оказывающихся именно в силу этого относительно независимыми. К чему это приводит, можно видеть на следующем простом примере.

Представим себе сосуд с радиоактивным газом, движущийся в поле тяготения. Каким образом задать его состояние? Это будет зависеть от того, какие стороны его поведения являются в данном случае существенными. Ведь физическое состояние есть количественная характеристика одной из форм движения, присущих данному объекту. По отношению к движению данной массы газа в поле тяготения состояние характеризуется импульсом и координатами центра тяжести газа, так что весь объект можно представить материальной точкой. По отношению

к молекулярному движению термодинамическое состояние газа характеризуется объемом, давлением, температурой, распределением молекул по скоростям, средней длиной свободного пробега и другими величинами, которые совершенно не принимались во внимание при рассмотрении механического перемещения всего газа в поле тяготения. По отношению к процессам взаимодействия продуктов радиоактивного распада с электронными оболочками атомов приходится иметь дело с квантовыми состояниями, в то время как по отношению к самому явлению радиоактивного распада речь должна идти о квантовых характеристиках ядер. К этому можно добавить изменение химических свойств молекул в результате изменения природы ядер при их распаде и т. д. Нетрудно понять, что в данном случае ни одна из теорий с ее специфическими закономерностями не в состоянии охватить «одной формулой» все многообразие явлений, оказывающих влияние на поведение и дальнейшую судьбу объекта. Каждая из них отражает лишь отдельные стороны поведения объекта, да и то лишь при условии, что от влияния других сторон можно абстрагироваться.

Вообразим себе, что сосуд натолкнулся при движении в поле тяготения на какое-то препятствие, и его герметичность нарушилась. Термодинамическое состояние газа при этом резко изменится вне прямой связи с предыдущим его состоянием: другими словами, знание предыдущего состояния не всегда позволяет предсказать последующее благодаря вмешательству других форм движения, не затрагиваемых законами термодинамики. При узком подходе к вопросу в таких случаях может создаваться впечатление, что мы имеем дело с нарушением причинности, чего на самом деле нет.

Из этого примера ясно, что утверждение «две системы находятся в одинаковых состояниях» может рассматриваться лишь как относительное. В еще большей степени это относится и к утверждению, что эти системы находятся в одинаковых условиях, ибо одинаковые термодинамические условия — совсем не то, что одинаковые квантовомеханические условия или одинаковые условия механического перемещения в поле тяготения.

Нам представляется, что сказанное в известной мере проливает свет и на положение в квантовой теории: богатство и разнообразие свойств микрочастиц явно сви-

детельствуют о многообразии форм движения уже в рамках микромира. Одним из проявлений этого многообразия является, в частности, наличие трех качественно различных видов взаимодействия (сильного, слабого и электромагнитного) микрочастиц, так что каждый из этих видов взаимодействия подчинен достаточно своеобразным законам и фактически требует построения своеобразных теорий. Существование «субквантового уровня», о котором впервые громко сказали сторонники концепции «скрытых параметров», теперь уже явно не вызывает сомнения даже и у противников этой концепции — неисчерпаемость элементарных частиц уже не требует долгих доказательств.

Итак, имеются достаточные основания дать ответ на вопрос: может ли так быть, чтобы две системы, находящиеся в одинаковых (например, квантовомеханических) условиях и состояниях, подверженные действию одинаковых причин, вели себя по-разному? Сложность и многообразие свойств микрочастиц, обнаружение их сложной внутренней структуры, многообразие видов квантового взаимодействия — все это свидетельствует уже вполне достаточным образом, что едва ли все стороны и все детали поведения каждого микрообъекта можно охватить одной математической формулой. Лапласовский детерминизм в его узком понимании оказывается неприменимым в микромире по тем же самым причинам, по которым он оказался несостоятельным в макромире: в силу наличия качественного многообразия форм движения материи, в силу объективной диалектики необходимости и случайности, многообразия форм связей.

М. С. КРЕМЕР

К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИИ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОГОНИИ

Изучением космоса в настоящее время занимаются космология и космогония. Космология исследует вселенную как связанное физическое целое, описывает состояния и закономерности наблюдаемой части вселенной. Космогония исследует происхождение и развитие вселенной во времени и пространстве.

Следует сразу заметить, что такое разделение весьма условно и четкую границу между упомянутыми науками установить весьма затруднительно. Обе науки располагают фактическим материалом, который ограничен наблюдаемой частью вселенной. В силу преимущественно описательного характера космологии вопрос о методологии для нее стоит далеко не столь остро, как для космогонии, рассматривающей вселенную в развитии. Поэтому основное внимание мы обратим именно на методологические проблемы космогонии.

Специфика вселенной, как предмета космогонии, определяет характерные особенности этой науки. Первая особенность — невозможность, по крайней мере в настоящее время, широкого экспериментального изучения космических объектов. Вторая особенность состоит в том, что по размерам изучаемых объектов, их бесконечному качественному разнообразию, по количеству и пространственно-временной протяженности подлежащих исследованию процессов космогония неизмеримо превосходит

другие науки и в известном отношении непосредственно примыкает к науке о наиболее общих законах материального мира, т. е. к диалектическому материализму.

Идея о взаимосвязи космогонических гипотез с философскими учениями отнюдь не нова. Например, наивные космогонические гипотезы древних входили, как неотъемлемая часть, в систему их философского мировоззрения. В средние века решающее влияние на формирование учения о космосе оказала христианская идеология («Христианская топография» Козьмы Индикоплова). В начале XVI в. Коперник, опираясь на свое философское мировоззрение, сконструировал первую гелиоцентрическую модель вселенной. В XVIII в. философ Кант создал оригинальную теорию происхождения мира, развитую затем астрономом Лапласом. С другой стороны, и космогонические гипотезы всегда оказывали значительное влияние на формирование философского мировоззрения.

Даже в настоящее время существует мнение, что космогония не является естественной наукой в общепринятом смысле этого слова, а носит мировоззренческий, философский характер. Однако, хотя космогония и изучает предельно широкий круг материальных явлений, она изучает его специфически, исследует лишь определенные закономерности мира. Современная космогония опирается в своих теоретических построениях на выводы отдельных областей математики, физики, астрономии, используя в качестве теоретической основы общую теорию относительности. По нашему мнению, выводы космогонии, имея важное мировоззренческое значение, все же ограничены и не имеют всеобщности, присущей законам философии; следовательно, есть основания рассматривать космогонию как естественную науку. В качестве таковой она в свое время обособилась от философии, претендуя подобно всем другим наукам, на решение своих задач собственными силами и на основе собственного метода.

Характерной задачей современной космогонии является построение так называемых моделей вселенной, т. е. теоретических схем распределения, взаимодействия и движения масс материи, характеризующих превращения энергии, геометрические свойства пространства и их изменения во времени. Ввиду специфики предмета космогоническая модель вселенной может быть только описательной, «идеальной», и в законченном виде она пред-

стает как математическая формализация. Например, при определенных упрощениях (допущение непрерывности и равномерности распределения во вселенной космологического субстрата, имеющего всюду одинаковую плотность) возможно получить решения релятивистских уравнений тяготения. Эти решения называются релятивистскими, или однородными и изотропными, моделями вселенной. Они связывают такие параметры, как плотность космологического субстрата (ρ), постоянную кривизны пространства (k) и космологическую постоянную (λ) — величину, характеризующую гипотетические космические силы, силы, зависящие от расстояния между взаимодействующими объектами и независящие от их масс. Учение о различных вариантах релятивистских моделей вселенной было создано А. А. Фридманом.

И вот в процессе построения и исследования моделей вселенной современная космогония встречает определенные методологические затруднения. Для примера обратимся к одной из релятивистских моделей, известной под названием «расширяющейся вселенной». Ныне эта модель, дополненная и разработанная академиком Я. Б. Зельдовичем, пользуется значительной известностью, так как она теоретически объясняет факт видимого «красного смещения» в спектрах галактик, ранее истолкованный Хабблом как доказательство удаления, «разбегания» галактик от точки наблюдения.

Модель показывает, что вселенная расширяется по закону $v = Hr$, где v — скорость данного космического объекта, r — расстояние его от точки наблюдения и H — постоянная Хаббла, имеющая размерность $H = \frac{1}{\text{сек}}$, или $H = t^{-1}$, где t — время. По этому закону и скорость v и расстояние r являются функциями времени и возрастают начиная с момента $t = 0$, когда $v = 0$. Поскольку законы сохранения не ставятся под сомнение, то отсюда следует, что в начальном, «особом» состоянии, когда «возраст вселенной» t был равен 0, вся масса ее была сосредоточена в относительно небольшом шаровом образовании с плотностью порядка 10^6 г/см^3 . Расширение вселенной началось именно из этого «особого» состояния и характеризовалось стремительным ростом R — «радиуса вселенной», столь же стремительным падением средней плотности вещества вселенной (ρ). Продолже-

ние этого процесса расширения мы наблюдаем и в настоящее время. Такова картина, которую предлагает нам одна из релятивистских моделей.

Но вполне возможно сформировать вопросы, на которые в соответствии с этой моделью ответить нельзя. Например, из модели совершенно неясно, какова была вселенная до «особого» состояния, каковы были силы, выведшие ее из начального состояния. Далее, будущее вселенной ставится в зависимость от соотношения между нынешним значением H и средней плотностью вещества в мировом пространстве ρ . Предполагается, что существует некоторое критическое значение средней плотности вещества ρ_c . В случае, если $\rho < \rho_c$, т. е. фактическая средняя плотность вещества меньше критической, то силы тяготения никогда не остановят расширения вселенной, хотя и будут его неограниченно замедлять. Если же $\rho > \rho_c$, то со временем начнется «сжатие вселенной», сопровождаемое «фиолетовым» смещением и приводящее снова к образованию скопления вещества с колоссально большой плотностью.

Рассмотренные положения теории Фридмана — Зельдовича первоначально относились лишь к ограниченному, наблюдаемому объему вселенной. В дальнейшем математически было доказано, что постоянная Хаббла $H = \frac{A}{t}$, а средняя плотность вещества $\rho = \frac{B}{t^2}$, где A и B — некоторые безразмерные коэффициенты. Следовательно, H и ρ не зависят от массы M и размеров R вселенной, а являются только функцией времени ее развития. Это положение дало формальное основание обобщить данный теоретический вывод на всю вселенную вообще. Таким образом, вопрос о конечности или бесконечности вселенной ставится в зависимость от упомянутого соотношения между средней плотностью вещества в наблюдаемой вселенной ρ и критической плотностью ρ_c . Иначе говоря, если $\rho < \rho_c$, то пространство, количество вещества и вселенная в целом бесконечны; если же $\rho > \rho_c$, то все они замкнуты и конечны. При этом характер соотношения между ρ и ρ_c предполагается неизменным во времени. Решение принципиального мировоззренческого вопроса о конечности либо бесконечности вселенной предпринимается здесь исходя из конкретных, частных, локальных данных. Неправомерность такого

приема и приводит к отсутствию однозначного решения вопроса.

Мы убедились, что рассмотренная релятивистская модель имеет ряд принципиальных дефектов, присущих также и другим релятивистским моделям. В чем причины, приводящие к серьезным затруднениям при решении космогонических проблем? На наш взгляд, важнейшей причиной является здесь принципиальная ограниченность всякого математического формализма и связанная с этим формалистическая практика незаконного, некорректного экстраполирования закономерностей одной из областей материального мира на качественно отличные области.

Современная эпоха в развитии наук характеризуется усиленным проникновением математических методов исследования во все отрасли человеческого знания, в том числе и в такие традиционно далекие от математики науки, как биология, социология и т. д. Такая ступень в развитии любой науки совершенно закономерна. Но применимость математики для исследования количественных закономерностей во всех областях материального мира создает иллюзию универсальности и всемогущества математического метода. Вольно или невольно законы и категории математики начинают трактоваться как наиболее общие законы и категории материального мира, а те или иные математические формализмы — как наиболее развитое и полное отображение этого мира. Математические методы из специфических и частных орудий познания и отображения мира превращаются в основной принцип познания мира. Тем самым забывается апостериорность, выводимость из опыта всякого математического формализма и необоснованно широко декларируется его априорная достоверность для любой ситуации.

Это и приводит к существенным методологическим просчетам, ибо любой, даже самый совершенный математический формализм является лишь приближенным и односторонним описанием того или иного явления материального мира — отчасти в силу относительности человеческого знания, отчасти потому, что сам принцип формализации наличного знания предполагает определенную степень абстрагирования, упрощения, опущения ряда деталей и сторон явления, как не играющих решающей роли для его оценки с интересующей нас стороны.

Пример такого упрощения мы видели в модели расширяющейся вселенной, где в качестве объекта рассмотрения фигурирует некоторая усредненная, однородная и изотропная вселенная.

Кроме того, математический формализм по своей природе в состоянии оценить только количественную и пространственно-формальную сторону процесса или явления, взятую в отвлечении от ее содержания. Математика «имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира... Но чтобы быть в состоянии исследовать эти формы и отношения в чистом виде, необходимо совершенно отделить их от их содержания, оставить это последнее в стороне как нечто безразличное...»¹.

Конечно, выведенный из практики, апостериорно установленный формализм обладает и определенными предсказательными функциями в отношении количественных и пространственно-формальных сторон конкретного качества. В противном случае формализм лишается смысла. Но после скачка в развитии объекта, после возникновения нового качества старый формализм становится негодным, его описательная и предсказательная функции на новое качество не распространяются. Это происходит потому, что описание качественных превращений *принципиально не есть функция математического формализма*. «Переход количества в качество» зависит от природы величины, а раз в математике отвлекаются от этой природы, то в ней этот переход исчезает...»².

Математический формализм по своей природе неспособен выразить качественное превращение, скачкообразный переход к новому качеству в процессе развития. Он предусматривает непрерывное развитие функции, а качественный скачок есть разрыв постепенности, непрерывности. Далее, математический формализм в себе непротиворечив и как таковой не в состоянии описать развитие внутренних диалектических противоречий, разрешающихся в качественном скачке. Исследования австрийского математика К. Гёделя показывают, что непротиворечивость формальной системы неочевидна и недоказуе-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 37.

² А. Александров. Математика. «Философская энциклопедия», т. 3, 1964, стр. 329.

ма из самой системы. Поэтому пользование ею при отсутствии внешней критики системы способно порождать иллюзию достоверного и последовательного математического описания процесса развития. Предсказательная функция математического формализма ограничена всегда рамками данной меры, как единства количества и качества, распространяется только на количественные изменения внутри этой меры. Переход к новой мере требует учета новых закономерностей, создания новых формализмов в рамках нового качества.

Как выглядит процесс математической формализации с точки зрения марксистско-ленинского учения о познании? В. И. Ленин писал, что познание человека не есть прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен в самостоятельную, целую, прямую линию, которая (если за деревьями не видеть леса) ведет тогда в болото, в топку. Можно считать, что каждый достоверно познанный факт есть точка или ничтожно малый отрезок на этой кривой линии. Тогда обобщение и формализация ряда познанных фактов будет представлять спрямление участка спирали, подчинение ряда фактов некоторой усредняющей, упрощающей, абстрагированной от частных закономерностей.

Чем больше объем фактов претендует охватить данный математический формализм, тем больший отрезок спирали познания подвергается спрямлению, тем дальше заходит процесс абстрагирования от реальности, тем приближеннее становится математическое описание мира, тем все менее правомерной становится прогнозирующая функция данного формализма. Наконец, в процессе познания наступает скачкообразное изменение — мы переходим к познанию нового качества. Так как новое качество отрицает предыдущее, то познание этого нового качества предусматривает изменение направления спиральной линии познания. При этом линия истинного, диалектического познания окончательно расходится с прямолинейным математическим формализмом, выведенным для старого качества. Поэтому экстраполирование старого формализма на область нового качества неизбежно приводит к методологически неправильным выводам.

Оставаясь в рамках наук, где возможен эксперимент и где практика постоянно выступает как «пробный камень» теории, мы, как правило, не испытываем серьезных препятствий на пути познания нового качества. Экстраполирование здесь регулируется практикой. Убедившись практически в непригодности данного формализма, мы диалектически его отрицаем и строим новую теорию, новый формализм, пригодный как орудие познания в новых условиях. Например, когда было установлено, что уравнения, описывающие тепловое движение молекул в жидкости, непригодны для описания поведения тех же молекул в парах, термодинамика построила новую теорию, создала новые уравнения для описания качественно нового состояния вещества.

Новая формализация создает новый участок спрямления спирали познания. Так как всякое отрицание старого качества диалектично, выступает как снятие, то и новая научная теория, новый формализм включает в себя старый формализм в неявном, подчиненном виде, как частный случай. Так теория тяготения Ньютона есть частный случай теории относительности. Если вернуться к графическому изображению процесса познания, то этот частный случай предстанет как точка пересечения двух спрямленных, «формализованных», участков спирали.

Таким образом, при возможности «поправок» на практику построением теории стихийно руководит диалектика природы, в этой практике проявляющаяся. Здесь диалектика, как теория познания, может намеренно, сознательно и не применяться в конструировании теории; теория рано или поздно сама сформулируется как диалектическая и, следовательно, научно достоверная. Вероятно, такой ход событий и является основанием для иллюзий о «самостоятельности» положительного научного знания и «ненужности» для него философии. Но в силу того, что в космогонии регулирующий элемент практики фактически отсутствует, в ряде космогонических моделей закономерности, выведенные для данного состояния материи в данном объеме вселенной и выраженные в виде определенного математического формализма, совершенно некритически и неограниченно экстраполируются на всю вселенную в целом.

Одним из примеров необоснованной универсальности математических формализмов является решение вопро-

са о так называемых «мировых постоянных». Большинство космогонических теорий исходит из наличия принципиально константных величин, априорно действительных для любого процесса в любом месте вселенной. Каждая из этих постоянных считается абсолютно не связанной с другими постоянными. К их числу относят постоянную тяготения H , заряд электрона e и некоторые другие. Точка зрения незыблемости мировых постоянных подверглась научной критике уже в конце 30-х годов. Например, Дирак заключил, что и постоянная тяготения, и заряд электрона являются переменными — функциями времени. Иордан предположил, что и масса наблюдаемой вселенной M также возрастает пропорционально времени. В последнее время с поддержкой идеи о взаимосвязи и переменном характере «мировых постоянных» выступил К. П. Станюкович. Исследуя на основании законов сохранения соотношения между «мировыми постоянными», он установил взаимозависимость ряда космологических и ядерных констант, а также их общий переменный характер. Все эти константы, по Станюковичу, суть функции времени, истекшего с начала данного этапа развития наблюдаемой вселенной.

Подвергая критике необоснованно широкое экстраполирование выявленных для определенной части вселенной законов на вселенную в целом, мы обязаны решить вопрос о правомерности экстраполирования вообще как метода исследования в космогонии и определить категории, регулирующие его применение.

При познании неизученной части вселенной мы вынуждены отталкиваться от законов, установленных для изученных областей. Другого пути у нас нет. Если же на определенном уровне экстраполирования закон начинает приводить к парадоксам, неправомерным выводам, то это означает, что нами достигнута граница действия данного закона; за этой границей преимущественно действуют другие законы, свойственные другому качеству. В таком случае мы устанавливаем компрометацию старого закона для области, лежащей за определенной границей. Прекращение действия закона имеет и определенное позитивное значение: указывает границы его действия и, следовательно, дает о нем определенное положительное знание. Диалектика экстраполирования выражена во всей истории человеческого познания, которая есть не что

иное, как история экстраполирования законов на неизведанные области, с последующей их компрометацией и созданием новых теорий, отысканием новых законов для новых областей познания.

Надежность экстраполирования в космогонии возрастает, когда для распространения на неизведанные области вселенной мы используем общие теории и законы материального мира, не скомпрометированные в других, изученных областях. С этой точки зрения закон всемирного тяготения небезупречен, так как он скомпрометирован в сфере ядерных процессов. Большой интерес для проблемы научного экстраполирования представляет идея А. Л. Зельманова о неизбежности создания единой физической теории (ЕФТ), устанавливающей общие закономерности и для области квантовой механики, и для области господства законов тяготения. Такая теория стала бы основой для весьма широких и смелых экстраполяций и обобщений. Это же мнение высказывает и академик И. Тамм, который констатирует, что изучение элементарных частиц в настоящее время приближается «к новому этапу познания фундаментальных законов строения природы, из которых, как частный случай общего, должны будут вытекать и квантовая теория, и теория относительности, и теория Ньютона...»¹.

Каковы же критерии, определяющие факт компрометации теории для данной области и тем самым незаконность ее экстраполирования на эту область? Поскольку в космогонии практика и эксперимент в настоящее время в широких масштабах неосуществимы, необходимо искать другой критерий. Опыт наук показывает, что если какая-либо теория в силу тех или иных причин сама не может быть соотнесена с практикой, то истинность ее выводов может быть подтверждена или отвергнута другой, практически проверенной, более широкой и включающей в себя первую, теорией. Очевидно, выводы этой более широкой теории обязательны для теории подчиненной. Таковы взаимоотношения закона всемирного тяготения и частного закона падения тел; закона сохранения и превращения энергии и закона сохранения количества движения и т. д.

¹ И. Тамм. Физика накануне важных перемен. «Известия», 21 июня 1965 г.

Критические и контрольные функции более широкой теории повсеместно используются в науке. В математике теорема считается доказанной, если ее выводы отвечают требованиям определенных аксиом. При этом сама теорема как в процессе доказательства, так и в доказанном, окончательно сформулированном виде может быть недоступна для непосредственной практической проверки. Аксиомы истинны, многократно проверены человеческой практикой, и этого достаточно для достоверности теорем. В логике аксиоматичность логической фигуры при соблюдении определенных логических правил делает достоверным вывод по данной фигуре независимо от его конкретного смыслового содержания.

Обратим внимание еще на одну особенность упомянутых более широких теорий. И математические аксиомы, и логические фигуры не только более широкие теории по отношению к подчиненным и частным, но и *внешние* по отношению к ним. Это означает, что достоверность более широких теорий недоказуема средствами подчиненных теорий, хотя и является для последних обязательной. Эту особенность аксиом отмечал Ф. Энгельс.

Так как космогония превосходит все остальные естественные науки как с точки зрения всеобъемлющих размеров своего предмета, так и с точки зрения бесконечного разнообразия изучаемых форм существования материи и процессов, то очевидно, что по отношению к космогонической теории роль наиболее широкой и общей теории играют наиболее общие законы материального мира: законы диалектического материализма. Следовательно, ни одна космогоническая гипотеза, ни одна «модель вселенной» не может считаться достоверной, если она хоть в каком-то одном своем положении противоречит или не согласуется с диалектическим материализмом, хотя бы эта теория или модель и были выражены в совершенно безупречной математической форме.

В силу чего диалектический материализм может выступать как всеобщий критерий любой научной теории? Естественно, здесь не может быть и речи о каких-то «трансцендентальных», мистических особенностях этой науки. Мы должны рассматривать диалектический материализм, как любую другую научную теорию. Теория правомочна и действительна, когда она подтверждается определенной областью человеческой практики — имен-

но той, выводы из которой обобщает содержание диалектического материализма, — подтверждается всей совокупностью человеческой практики, областью которой является весь материальный мир, доступный человечеству на данной ступени его развития. Именно наиболее общие теоретические выводы из познания мира, аксиоматическая достоверность которых подтверждена колоссальным опытом человечества, и составляет суть, содержание и предмет диалектического материализма. Более общей, более широкой теорией мы в настоящее время не располагаем и не будем располагать никогда, ибо творчески развивающийся диалектический материализм будет и впредь пополнять себя, развиваться на основе вновь открываемых общих закономерностей материального мира, всегда будет, в соответствии со своим определением, самой широкой и всеобъемлющей научной теорией. Именно эта количественная характеристика диалектического материализма — его предельная широта как научной теории — и определяет его качественное своеобразие — способность быть всеобщим критерием всех других научных теорий.

Практика уже после открытия диалектического материализма показала, что всякий твердо установленный факт, всякая подлинно научная теория обогащает диалектический материализм и выдерживает его критику именно в силу своей истинности. С другой стороны, если теория не выдерживает философской критики диалектического материализма, если она нарушает его законы, то можно с полной уверенностью сказать, что такая теория ложна.

В свете диалектической критики релятивистские модели вселенной дефектны в том отношении, что они пренебрегают законом диалектики о переходе количественных изменений в качественные, полагая, что в сколь угодно большом объеме вселенной играют главную роль те же физические законы, что и в наблюдаемой вселенной. Совершенно упускается из виду, что изменение количественных характеристик объекта (объем, количество массы и др.) неизбежно должно привести к изменению качества объекта и что в таких случаях прежние, математически формализованные законы даже приближенно не выражают нового качества. Новое качество характеризуется другими законами и требует для своего вы-

ражения новых формализмов. Равным образом материалистическое учение о единстве материального мира, взаимосвязи и взаимообусловленности всех его звеньев неизбежно приводит к мысли о необходимости взаимосвязи так называемых «мировых постоянных», а диалектический принцип развития мира и его бесконечного качественного многообразия делает несостоятельным само понятие «мировых постоянных», этих маленьких «истин в последней инстанции», априори полагаемых для всякого места и времени достоверными.

Диалектико-материалистическая критика показывает, что всякая необоснованно широкая экстраполяция, по существу, означает разрыв между предметом и методом. Это становится особенно наглядным при оценке попыток разрешить чисто математическими методами принципиальные космогонические вопросы о конечности либо бесконечности вселенной, т. е. методами частной и подчиненной теории решить проблему теории более общей и широкой. Не удивительно, что плодом таких решений являются и учения о равной возможности «закрытой» и «открытой», т. е. принципиально конечной и принципиально бесконечной, вселенной; и вывод о начальном моменте развития вселенной, до которого материя вселенной существовала в некоем равном себе «особом» состоянии.

Недооценка критической роли диалектического материализма в данном случае открывает поле для идеалистических спекуляций на тему о «научно доказанном» сотворении мира (Леметр). Папа римский Пий XII в 1951 г. в одном из своих выступлений недаром приравнял непознаваемое «особое» состояние материи к хаосу («атому-отцу»), из которого волей творца создан ныне существующий мир.

Однако функции диалектического материализма не ограничиваются лишь оценкой и критикой космогонических теорий и «моделей вселенной». Ему присуща в этой области и важная конструктивная роль. Иногда обращают внимание в основном на то, что диалектический материализм как теория конкретизирует свои положения за счет фактов и выводов других наук, раскрывая в них по-особому проявляющиеся всеобщие законы развития. Истинность этого положения доказана. Но надо достойно ценить и другую, активную сторону

диалектического материализма как метода научного исследования.

В современной марксистской философии метод определяется как путь исследования, как форма теоретического и практического освоения действительности, исходящая из закономерностей движения изучаемого объекта, как схема регулятивных принципов практической или теоретической деятельности. В марксистской философии такой общий метод дан в единстве с теорией.

Может возникнуть сомнение — каким образом сравнительно небольшое число предельно общих положений, составляющих арсенал законов диалектического материализма, может быть методом любой конкретной науки, изучающей определенную, специальную, подчас весьма узкую область материального мира? Такого рода сомнения и питают противопоставления научного метода философскому, как положительного знания — спекуляции.

Конечно, конкретная наука не может опираться на положения философского метода. Она имеет свой, специфический метод; но именно в нем воплощаются, конкретизируются всеобщие законы диалектики, которые всюду служат и аналогом действительности, и методом познания ее и в качестве таковых применены в данной специфической области, почему и дают содержательное и достоверное знание о явлениях и процессах этой области.

Для пояснения обратимся к аналогии с математикой. Здесь весьма небольшое число общих, абстрактных и простых аксиом и правил опытного, практического происхождения служат методической основой решения разнообразнейших конкретных задач. Сами аксиомы почти никогда не используются непосредственно для решения этих задач, они присутствуют в решении в опосредствованном виде, воплощаясь в теоремах, леммах, следствиях и т. д., причем каждое такое последовательное опосредствование действительно для все более и более узкого конкретного круга задач, для все более определенных условий и только для них. Но при этом соответствие всех ступеней опосредствования требованиям высших, более общих ступеней и через них требованиям исходных аксиом остается всегда необходимым и обязательным условием (и критерием!) правильности решения.

Очевидно, у нас нет никаких оснований отказать аксиоматически достоверным положениям диалектического материализма в такой же методической роли при теоретическом решении различных задач конкретных наук. Аналогично приведенному выше примеру в конкретной науке основные положения философии облакаются во все более и более опосредствованные, конкретные, частные формы — сначала метода науки вообще, затем метода решения определенной части проблем науки и, наконец, эта цепь опосредствований и конкретизации доводится до решения данного конкретного вопроса или до построения данной конкретной теории. Как и в математике, контролируется решение данной проблемы через соотнесение его с вышестоящими общими теориями, в конечном счете — через соотнесение с основными положениями марксистской философии; соблюдение этих основных положений — неперемнное условие правильности решения. Решение, противоречащее этим положениям, принципиально не может быть верным.

Поскольку мы рассматриваем марксистский философский метод как теорию познания, мы сознательно обращаем его к практике, в данном случае к практике познания. Особую важность имеет такое использование метода там, где эксперимент и непосредственная практическая деятельность ограничены. Таким образом, мы научно экстраполируем самую широкую и общую теорию — диалектический материализм — для познания новых областей мира, конкретизируя его положения для данных областей. Неполное, непоследовательное использование положений диалектики разрушает стройность и действенность метода, влечет за собой крайнюю неэкономность мышления, создает искусственные препятствия на пути познания, заводит научную мысль в тупик и приводит к теоретическим парадоксам и неоднозначным решениям вопроса, как мы в этом уже убедились на примере космогонии.

Отсюда следует вывод, что построение космогонических моделей дает плодотворные научные результаты лишь в том случае, когда оно производится с полным применением истинно научного метода. Практически это означает, что такие модели должны стремиться показать причины данного процесса в развитии вселенной; должны вскрывать внутренние противоречия в состояниях

материи как движущие силы процессов; демонстрировать, как накопление определенных факторов качественно меняет ход процесса; обнаруживать скрытую сущность явлений; выявлять принципы перехода одних форм материи в другие; предполагать возможность других состояний вселенной и прогнозировать их основные свойства на основании законов диалектики; рекомендовать пути отыскания этих состояний и т. д.

Необходимость творческого использования марксистского диалектического метода для построения космогонических моделей становится все более ясной. Одним из интересных доказательств этой тенденции является модель наблюдаемой вселенной («Метагалактики»), предлагаемая К. П. Станюковичем.

Модель основана на предположении, что приблизительно 10^{10} лет назад произошло столкновение двух ультрарелятивистских частиц, т. е. таких частиц, которые имели скорость, близкую к световой, и соответственно массу и энергию, близкие к бесконечности. Столкновение родительской пары частиц вызвало множественное рождение дочерних частиц. Эти частицы «старели», отдавали энергию в виде гравитационных волн (гравитонов), а число дочерних частиц возрастало, так как ранее появившиеся гравитоны, в свою очередь, рождали пары новых частиц. Ввиду соблюдения законов сохранения, количество возникающего вещества (частиц) всегда соответствовало его количеству, ранее преобразованному в гравитационное излучение. Первоначально количество элементарных частиц (нуклонов) было меньше, а масса их была значительно больше, чем у современных частиц. Массивные частицы рождали гравитоны большой энергии (массы). Старение нуклонов и гравитонов происходило одинаково. Более интенсивно выделяли энергию нуклоны, поэтому они быстрее выродились: миллиарды лет назад нуклонов было значительно больше массы рождаемых ими гравитонов, а в настоящее время массы тех и других одного порядка. Это обстоятельство увеличило вероятность перехода гравитонов в другой вид материи—вещество. Сегодня в каждом кубическом сантиметре пространства рождается каждую секунду 10^{45} граммов вещества. Таким образом, обосновывается вывод Иордана о приращении массы наблюдаемой вселенной.

Столкновения древних сверхэнергичных нуклонов, близких потомков ультрарелятивистской пары, были источниками образования космических объектов нашей Метагалактики. В последующий период нуклоны уже не обладали достаточной энергией для рождения космических объектов, но их столкновения были еще достаточно энергичны для того, чтобы служить источниками космического излучения колоссальной силы. В подтверждение этого Станюкович отмечает, что все наблюдаемые сверхзвезды — результаты столкновений сверхэнергичных дочерних нуклонов — находятся от нас на расстоянии миллиардов световых лет. Следовательно, мы имеем возможность наблюдать процессы, происходившие миллиарды лет назад. Более молодых сверхзвезд мы не наблюдаем. Зарождение жизни на Земле стало возможным 2—3 млрд. лет назад, когда значительно снизился фон космического излучения.

На начальном этапе развития Метагалактики для нее в целом были более свойственны качества и закономерности микромира, теперь же, в силу вырождения нуклонов, основную роль играет гравитационное взаимодействие. Соответственно претерпевают изменения и «мировые постоянные» — уменьшается постоянная Планка h , возрастает постоянная тяготения κ , хотя это приращение почти неуловимо (10^{-10} в год).

«Метагалактика», по Станюковичу, представляет развивающееся во времени неевклидовое по метрике образование в бесконечной вселенной; метрика вселенной в целом предполагается ближе к эвклидовой.

Предложенная Станюковичем модель не противоречит общей теории относительности, при этом она базируется на теории соотношения и зависимости переменных «мировых постоянных», подчеркивая общность материального мира.

Очевидно, некоторые положения модели Станюковича могут представляться спорными. Неясен вопрос о происхождении ультрарелятивистских частиц; малая вероятность встречи и возможности взаимодействия таких частиц во вселенной придает модели нежелательные признаки случайного явления. Но модель ценна именно как опыт активного использования диалектического метода. В ней находят диалектическое истолкование известные космические явления, в том числе и расширение наблю-

даемой вселенной, выступающее здесь не как самодовлеющий факт, а как причинно обусловленное звено в цепи развития материального мира. В модели раскрывается диалектическое единство и взаимодействие противоречий — поля и вещества, описывается переход через отрицание одной формы материи к другой форме, от вещества к полю. Второе отрицание приводит вновь к возникновению вещества на качественно более развитом уровне.

Цепь развития материи последовательно ведет от элементарных ультрарелятивистских частиц к образованию космических объектов, космического излучения, к возникновению современных форм материи видимой вселенной, к созданию условий для возникновения жизни. Модель не претендует решать вопрос о конечности либо бесконечности вселенной на основании частных выводов по ограниченному объему Метагалактики.

И. А. ХАСАНОВ

О БЕСКОНЕЧНОСТИ ВСЕЛЕННОЙ

История космологических учений, призванных дать общую картину происхождения, строения и эволюции вселенной, тесно связана с многотысячелетней историей философии. Однако за последние полвека, с момента появления общей теории относительности и первых попыток применения ее для решения космологической проблемы, характер космологических исследований коренным образом изменился. Современная космология складывается в самостоятельную естественнонаучную дисциплину, опирающуюся на различные разделы физики, астрономии и математики. Необходимой основой космологии явились данные о распределении, взаимодействии и движении масс, полученные внегалактической астрономией, которая возникла в 20-х годах нашего столетия. В результате использования для наблюдений мощных телескопов был неопровержимо доказан внегалактический характер некоторых туманностей¹, и астрономия вышла за пределы нашей Галактики, представляющей собой гигантскую звездную систему с наибольшим диа-

¹ Мысль о том, что эти туманности состоят из звезд и являются такими же галактиками, как и наша Галактика, но только находятся на огромных расстояниях от нас, высказывалась еще Кантом, а до него Томасом Райтом, однако до 20-х годов нашего века это предположение никак не было доказано и поэтому наряду с ним существовало и предположение, что эти туманности состоят из газа и пыли и входят в состав нашей Галактики, т. е. находятся от нас на небольших расстояниях.

метром около 100 тыс. световых лет. Горизонт астрономических наблюдений значительно раздвинулся, и наиболее далекие галактики, доступные ныне наблюдению, находятся от нас на расстоянии примерно 5—6 млрд. световых лет.

В 20-х же годах нашего столетия было открыто такое фундаментальное свойство окружающей нас области вселенной, имеющее огромное космологическое значение, как явление «красного смещения». Это явление заключается в том, что спектральные линии в спектрах галактик смещены к красному концу спектра; причем была подмечена линейная зависимость величины этого смещения от расстояния до исследуемой галактики: чем дальше галактика, тем сильнее «красное смещение» (закон Хаббла). Такое смещение спектров можно объяснить как эффект Допплера, т. е. удалением галактик от нас. Что касается величины смещения спектра к красному концу, то она зависит от скорости удаления: чем быстрее удаляется от нас галактика, тем большим должно быть «красное смещение». Таким образом, закон Хаббла при такой интерпретации говорит о том, что чем дальше от нас галактика, тем с большей скоростью она удаляется. Скорости удаления галактик при этом оказываются поистине огромными. Так, например, сейчас уже доступны наблюдению такие галактики, «красное смещение» спектров которых соответствует скорости, превышающей 100 тыс. км/сек. Такие огромные скорости долгое время казались невероятными, однако все попытки дать этому явлению иное объяснение не увенчались успехом. К тому же открытие «красного смещения» спектров галактик в радиодиапазоне хорошо подтверждает доплеровский характер «красного смещения». И сейчас доплеровское объяснение, хотя и не может считаться абсолютно доказанным, все же является общепринятым.

Если из данных внегалактической астрономии современная космология черпает фактический материал для своих теоретических обобщений, то наиболее важной теоретической ее основой является общая теория относительности.

Как известно, специальная теория относительности установила тесную связь между пространством и временем и движением, а общая теория относительности — между материей и геометрическими свойствами про-

странства-времени. Причем оказалось, что можно получить решение релятивистских уравнений тяготения, если допустить некоторые упрощающие предположения. Так, приходится считать, что вещество во вселенной распределено непрерывно в виде некоторой идеализированной сплошной среды, часто называемой космологическим субстратом. Плотность этого субстрата приходится задавать какой-либо сравнительно простой функцией либо только от времени (t), либо от радиус-вектора (r) и времени (t).

При таких условиях оказывается возможным ввести координатную систему, покоящуюся относительно всей массы вещества, что очень упрощает решение релятивистских уравнений тяготения. Причем, если плотность (ρ) космологического субстрата считается зависящей только от времени (t), мы получаем так называемые однородные изотропные модели, если же принимается, что ρ зависит еще и от радиус-вектора (r) (в сферической системе координат), то мы имеем так называемые центрально симметрические модели.

Уравнения релятивистских космологических моделей или иначе «моделей вселенной», связывают между собой ряд параметров: плотность космологического субстрата (ρ), постоянную кривизны пространства (k), так называемую космологическую постоянную (Λ), характеризующую гипотетические космические силы, зависящие только от расстояний между взаимодействующими космическими объектами и не зависящие от их масс, и схематически описывают распределение, взаимодействие и движение масс и изменение их со временем. В зависимости от величины или знака указанных выше параметров однородные изотропные модели отличаются друг от друга как пространственной замкнутостью или разомкнутостью, так и своим поведением во времени, т. е. тем, что они или статические, т. е. неизменные во времени, или монотонно расширяющиеся, или пульсирующие, т. е. периодически расширяющиеся и сжимающиеся.

Рассмотрим основные свойства этих моделей. Исторически первой релятивистской моделью была статистическая замкнутая модель Эйнштейна. Стараясь получить пространственно замкнутую статическую, т. е. неизменную во времени (явление «красного смещения» тогда еще не было известно) космологическую модель, Эйнштейн

ввел в уравнения тяготения положительную космологическую константу (Λ), т. е. предположил существование космических сил, противодействующих силам тяготения.

Хотя вселенная, согласно этой модели, и не имеет границ, в ней существует конечное максимальное расстояние $l=2\pi R$, где R — «радиус вселенной» определяется по формуле

$R = \sqrt{\frac{2}{\kappa \rho_0}}$ (κ — релятивистская гравитационная постоянная, ρ_0 — средняя плотность космологического субстрата). Прохождение этого «расстояния» в одном «направлении» возвращает нас в исходную точку. Общий объем пространства модели $V=2\pi^2 R^3$ также конечен. Из пространственной конечности (при конечной плотности массы) вытекает вывод и о материальной «конечности» этой модели. Масса этой модели будет равна

$$M=2\pi^2 R^3 \rho_0.$$

Однако эта модель неустойчива, ибо нарушенное по какой-либо причине равновесие не будет восстанавливаться. Так, начавшееся почему-либо расширение будет продолжаться, поскольку силы гравитационного притяжения будут ослабевать, а силы отталкивания, пропорциональные расстояниям, — возрастать, и наоборот.

В дальнейшем советский математик А. А. Фридман показал, что для решения релятивистских уравнений тяготения не обязательно Λ считать больше нуля; эти уравнения можно решать и при $\Lambda=0$ или $\Lambda<0$. Однако при этом получаются нестатические модели. Нестатические модели подразделяются на монотонно расширяющиеся первого и второго рода, осциллирующие и асимптотически расширяющиеся первого и второго рода.

Эволюция монотонно расширяющейся модели первого рода начинается с особого состояния с радиусом модели $R=0$ и плотностью массы $\rho=\infty$. Состояние, принимаемое за начало отсчета времени $t=0$, покидается с бесконечно большой скоростью («взрыв»). Далее модель безгранично расширяется, но скорость расширения со временем падает, так что любое конечное значение радиуса достигается за конечное время. Однако $R=\infty$ достигается лишь при $t=\infty$. При этом модель приобретает черты пустой модели, поскольку ρ безгранично уменьшается, стремясь к 0.

У монотонно расширяющейся модели второго рода

расширение начинается не с особой точки, а с конечного минимального значения радиуса.

Эволюция осциллирующей модели, так же как и эволюция монотонно расширяющейся модели первого рода, начинается с особого состояния, т. е. $R=0$ и $\rho=\infty$. Расширение начинается с бесконечной скоростью, затем скорость постепенно падает и при некотором $R_{\max}$ достигает нуля, после чего начинается сжатие модели до особой точки, и цикл начинается сначала.

Асимптотически расширяющаяся модель первого рода начинает эволюцию с особого состояния и асимптотически приближается к статической модели Эйнштейна, а асимптотически расширяющаяся модель второго рода начинает свою эволюцию в бесконечном прошлом с модели Эйнштейна и неограниченно расширяется.

Вот краткие характеристики однородных изотропных космологических моделей¹. Однако действительно ли они описывают всю вселенную в целом, т. е. материальную систему, включающую в себя все существующее, или же объектом космологических моделей является некоторая хотя и огромная, но все же конечная часть бесконечной вселенной, а термин «модель вселенной» имеет весьма условный смысл? Тот или иной ответ на этот вопрос тесно связан, во-первых, с различным пониманием правомерности экстраполяции на всю вселенную различных физических характеристик окружающей нас области вселенной, используемых при построении этих моделей, и, во-вторых, с различным подходом к решениям проблемы конечности или бесконечности вселенной.

Точка зрения, согласно которой космологические модели описывают всю вселенную, особенно широко распространена среди зарубежных исследователей, хотя ее можно встретить и в нашей литературе. Согласно этой точке зрения, на всю вселенную вполне можно экстраполировать все использованные при построении моделей свойства и характеристики окружающей нас области (даже в том случае, если пространство модели, которая наилучшим образом соответствует действительности, окажется незамкнутым, т. е. бесконечным), а проблема

¹ Более подробную характеристику этих моделей можно найти в статье А. Л. Зельманова «Космология». «Физический энциклопедический словарь», т. 2. М., «Советская энциклопедия», 1962.

конечности или бесконечности вселенной является чисто естественнонаучной, поскольку может быть однозначно решена правильным выбором замкнутой или открытой модели. Так, например, Э. Кольман в книге «Ленин и новейшая физика», указывая на большие достижения астрономии в изучении космического пространства и, в частности, на запуски искусственных спутников Земли и космических ракет, заключает: «Поэтому (т. е. в силу указанных достижений. — И. Х.) она (астрономия. — И. Х.) несравненно успешнее, чем до сих пор, сумеет решить, какая из двух моделей — замкнутая (конечная) или открытая (бесконечная) — лучше отображает свойства реальной Вселенной. Марксистский материализм... должен предоставить решение этого вопроса астрономии и физике, которые ныне сотрудничают все теснее и плодотворнее»¹. Аналогичную мысль высказывает и известный физик А. С. Компанеец, который в брошюре «Пространство и время в теории относительности» пишет: «...сейчас нельзя сделать окончательный выбор между конечной или бесконечной вселенной. Любые другие соображения, кроме данных естественных наук, в этом вопросе по меньшей мере бесполезны»².

Согласно другой — альтернативной — точке зрения, космологические модели описывают свойства не всей вселенной, а некоторой ее конечной части, именуемой иногда Метагалактикой. Поэтому космологические модели резоннее было бы называть моделями Метагалактики, а не моделями вселенной. Таким образом, речь здесь идет не о том, какими соображениями (естественнонаучными или философскими) необходимо руководствоваться при выборе той или иной космологической модели. Ее выбор должен быть обусловлен соответствием теоретических результатов с фактическими данными наблюдательной астрономии. Речь идет о принципиальной возможности или невозможности построить какую-либо модель всей вселенной в целом, а в более узком плане — об объекте конкретных релятивистских космологических моделей. В данном случае мы имеем отрицательный ответ на вопрос о возможности построить мо-

¹ Э. Кольман. Ленин и новейшая физика, изд. 2. М., Госполитиздат, 1961, стр. 60.

² А. С. Компанеец. Пространство и время в теории относительности. М., «Знание», 1961, стр. 48.

тождественный выражениям: «достаточно далеко» или «слишком далеко», если речь идет о пространственных масштабах; «слишком велико», если речь идет о какой-либо количественной характеристике исследуемого объекта (например, о массе, плотности, силе и т. д.), или «достаточно долго» или «слишком долго», если речь идет о времени существования объекта или о длительности какого-либо процесса. В физических задачах понятие «бесконечно большого» так же условно, как и понятие «бесконечно малого», и в различных физических задачах эти понятия могут меняться местами, и то, что было в одних задачах «бесконечно большим», в других может выступать как «бесконечно малое». Иными словами, как «бесконечно большие», так и «бесконечно малые» величины физических теорий на проверке оказываются отношениями вполне конечных величин, что обнаруживается при переходе к более общим или менее общим теориям¹.

Возвращаясь к релятивистским космологическим моделям, необходимо отметить, что замкнутость (конечность) или незамкнутость (бесконечность) пространства этих моделей, а также стремление к бесконечно большим и бесконечно малым величинам некоторых характеристик этих моделей при так называемых особых состояниях получаются как результат решения определенных математических уравнений при весьма сильных упрощающих предположениях. В этом отношении релятивистская космология ничем не отличается от любой естественнонаучной дисциплины, и все сказанное об условности значения понятия «бесконечность» в физических теориях относится и к релятивистским космологическим моделям. Как справедливо замечает Г. И. Наан, «конечность» или «бесконечность» космологических моделей очевидно не могут быть противопоставляемы в том смысле, в каком данные понятия противопоставляются в философском вопросе: «конечна или бесконечна Вселенная в пространстве и во времени»².

¹ На эту особенность «бесконечно малых» и «бесконечно больших» величин физических теорий указывал еще Ф. Энгельс (см. «Диалектику природы». М., Госполитиздат, 1948, стр. 216).

² См. Г. И. Наан. Общие вопросы космологии. «Труды Шестого совещания по вопросам космогонии». М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 256.

Об этом как раз свидетельствует установленная А. Л. Зельмановым неинвариантность конечности и бесконечности пространства для простейших аналогов неоднородных анизотропных моделей. Как уже говорилось, описанные выше космологические модели получены при предположении равномерного распределения материи в пространстве и являются однородными и изотропными моделями. Однако современные наблюдения все более свидетельствуют о крайней неравномерности такого распределения. Учет неравномерного заполнения пространства материей должен привести к неоднородным и анизотропным моделям, построение которых в математическом отношении весьма сложная задача и в решении которой сделаны еще только первые шаги.

Не менее сложно обстоит дело и с вопросом о правомерности экстраполяции на всю вселенную конкретных физических характеристик доступной наблюдению области вселенной или же тех или иных физических законов. Ведь любое физическое качество или условие, действие того или иного физического закона ограничено присущей им мерой, и при экстраполяциях легко можно переступить эту меру, что неизбежно должно привести к ложным выводам и ко всякого рода логическим и фактическим противоречиям. Это, разумеется, не значит, что можно согласиться с тем, что «экстраполяция законов, попытки, так сказать, расширить круг действия закона, объяснить законом, имеющим ограниченную область своего действия, явления, относящиеся к другой качественно отличной области», означает ненаучный подход «к вопросу о соотношении законов»¹. Отрицание значения экстраполяции как научного метода, разумеется, совершенно неприемлемо. Метод экстраполяций очень часто и плодотворно применялся и применяется в различных областях науки.

Если же отрицать правомерность экстраполяций в космологии, то можно прийти к отрицанию познавательной ценности космологических моделей и даже вообще правомерности существования самой космологии как самостоятельной науки, поскольку космологические исследования и в особенности космологическое моделирование неизбежно связаны с экстраполяциями далеко за преде-

¹ В. Л. Тугаринов. Законы объективного мира, их познание и использование. Изд-во ЛГУ, 1954, стр. 140.

лы доступной наблюдению области вселенной. Это относится, во-первых, к различным данным и физическим законам, открытым в доступных наблюдению областях вселенной, во-вторых, к некоторым гипотетическим предположениям, в какой-то мере подтверждаемым наблюдениями, и, в-третьих, к различным теоретическим выводам.

Космологические экстраполяции оправданы следующими соображениями.

1) Поскольку доступная наблюдению область вселенной является частью Метагалактики, т. е. некоторого качественно определенного структурного образования, элементами которого являются галактики и в том числе наша Галактика, Метагалактика — часть еще «большей» области и т. д., постольку некоторые из характеристик, свойств и физических законов наблюдаемой области присущи также и Метагалактике, а возможно, и «более обширным» областям вселенной¹.

2) В пользу экстраполирования физических законов и теорий на все большие и большие пространственные и временные масштабы говорит и закон соответствия, т. е. наличие преемственной взаимосвязи между физическими теориями. Так, закон всемирного тяготения Ньютона является предельным случаем релятивистской теории тяготения, и поэтому использование ньютоновской теории в таких огромных масштабах, где, вообще-то говоря, необходимо было бы использовать релятивистскую теорию тяготения, может явиться первым приближением в описании свойств этой области.

3) В силу относительной истинности научных знаний область вселенной, в которой действуют объективные законы природы, и область вселенной, в которой мы применяем законы науки, являющиеся отражением упомянутых законов природы, никогда не совпадают точно. Поэтому для дальнейшего приближения к истине область применения закона науки должна быть или рас-

¹ При этом необходимо иметь в виду, что при переходе в мегамир, очевидно, должны существенным образом измениться наши представления о «более» и «менее» обширных областях вселенной, поскольку пространственные и временные характеристики, взятые в отдельности, в общем случае теряют свою однозначность; инвариантными же характеристиками большей или меньшей обширности здесь выступают единые пространственно-временные величины.

ширена, или сужена, что невозможно сделать *a priori*, не пытаясь распространять эти законы на большие и большие области вселенной, т. е. без экстраполяции¹.

4) В каждый исторический момент непосредственному наблюдению доступна лишь ограниченная область вселенной, которая, однако, постоянно расширяется благодаря техническому прогрессу. Кроме того, успехи в других областях науки обычно приводят к появлению принципиально новых методов исследования вселенной (например, спектроскопия, радиоастрономия, искусственные спутники Земли и космические ракеты), что приводит к открытию новых фактов и явлений в уже доступной наблюдению области вселенной. Новые явления в уже доступных или только что ставших доступными наблюдениям областях вселенной приходится объяснять, привлекая имеющиеся теоретические представления, опираясь на уже известные физические теории и законы, т. е. экстраполируя их на новую область исследования.

Вопрос поэтому не в том, можно ли вообще экстраполировать физические законы, качества, свойства и т. д., а в том, как далеко можно проводить такие экстраполяции, не нарушая меры экстраполируемых данных.

Результатом неправомερных экстраполяций, как известно, являются фотометрический и гравитационный парадоксы.

Так, если предположить, что 1) все бесконечное пространство равномерно заполнено светящимися объектами (скажем, галактиками), примерно одинаковыми по размерам и светимости и не обладающими какими-либо большими систематическими движениями; что 2) везде действуют известные нам физические законы и 3) плотность и светимость небесных объектов не изменяются со временем, то, согласно расчетам, яркость ночного неба должна стремиться к яркости поверхности Солнца. Поскольку же ночное небо не ослепительно ярко, то налицо расхождение теоретических выводов и фактов. Это — так называемый фотометрический парадокс, или парадокс Ольберса.

¹ Данная предпосылка экстраполяций в общем виде рассмотрена в статье М. В. Асатрянца «Проблема экстраполяции закона в свете работы Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». «Ученые записки Томского университета», 1962, № 41.

Если же предположить, что все бесконечное пространство заполнено гравитирующей материей, так что средняя по всему бесконечному пространству плотность ее отлична от нуля, и всегда и везде действует закон всемирного тяготения, то во всем пространстве гравитационный потенциал станет неопределенным. Несоответствие этого вывода действительности называется гравитационным парадоксом, или парадоксом Зеелингера—Неймана.

Одной из попыток устранить названные парадоксы была иерархическая модель вселенной, разработанная в начале нашего века Шарлье. Согласно его взглядам, вселенная представляет собой бесконечное структурное соподчинение небесных тел и их систем различной и все увеличивающейся степени сложности. Космическая система любого порядка сложности по отношению к еще большей системе есть, так сказать, лишь один из «космологических атомов», из которых состоит система на единицу более высокого порядка. Так, некоторое число (N_1) звезд составляют галактику, некоторое число (N_2) галактик составляют следующую структурную единицу, называемую обычно Метагалактикой, и т. д. без конца. При этом если выполняется условие

$$N_i < \frac{R_i^2}{R_{i-1}^2},$$

где R_i и R_{i-1} радиусы i -й и $i-1$ -й систем, то в рассмотренной модели устраняются фотометрический и гравитационный парадоксы.

Развитие наук действительно подтверждает наличие ступенчатой структуры на все большем интервале пространственных масштабов, начиная от элементарных частиц с размерами в 10^{-13} см и до доступных наблюдению огромных областей вселенной диаметром примерно в 10^{28} см (около 10 млрд. световых лет). Однако в то же время известно, что структурные образования разных масштабов качественно различаются между собой, например, преобладающими силами взаимодействия элементов системы. Кроме того, в области микромира не всегда соблюдаются положения, лежащие в основе иерархической модели вселенной. Так, по отношению к элементарным частицам не выполняется требование, согласно которому объекты более высокого порядка долж-

ны содержать в себе объекты более низкого порядка в готовом виде (как, например, галактика содержит в себе звезды).

Таким образом, иерархическая модель сама построена на неправомерной экстраполяции на всю бесконечную вселенную принципов строения (ступенчатость с непрерывным падением плотности при переходе к системе более высокого порядка) и физических характеристик (гравитационные силы взаимодействия), справедливых в конечных масштабах окружающей нас области вселенной, и основана на метафизической концепции «дурной» бесконечности. Поэтому вполне можно согласиться с мыслью А. Л. Зельманова о том, что по крайней мере первый из вышеприведенных принципов структурности (о падении плотности при увеличении порядка системы) становится, очевидно, неправильным в применении к достаточно большим космическим масштабам. «При этом теряет силу вывод, будто предел плотности массы в объектах при неограниченном увеличении их порядка непременно равен нулю. Это может быть, в частности, в случае, если на этих масштабах границы между структурными образованиями определяются не скачком в распределении плотности, а, скажем, скачком в характере их движения или состава»¹.

Решение проблемы конечности или бесконечности вселенной возможно лишь на основе последовательного проведения принципа единства количественных и качественных измерений. Любые конкретные явления и процессы действительности ограничены свойственной им мерой, и поэтому реальная бесконечность не может пониматься как безграничное увеличение и изменение качественно определенного конечного. Она представляет собой выход за границу конечного, как бесконечное движение по «узловой линии мер». Реальная бесконечность вселенной поэтому представляет собой бесконечное многообразие форм и типов пространства. В противном случае не избежать «дурной бесконечности», поскольку все пространство вселенной начинает рассматриваться как обладающее свойствами, характерными для ограниченных областей вселенной.

¹ А. Л. Зельманов. К постановке космологической проблемы. «Труды Второго съезда ВАГО», стр. 74.

При этом игнорируется один из основных законов диалектики — закон единства количественных и качественных изменений. Но на правомерность могут претендовать экстраполяции на всю бесконечную вселенную только таких положений науки, которые действуют во всех изученных областях, сферах и масштабах материального мира, а такими на сегодня являются, пожалуй, только основные законы диалектики. Это не значит, разумеется, что диалектический материализм может заменить собой космологию и дать общую картину мироздания, построить некую модель вселенной. Утверждение, что во всей вселенной действуют законы диалектики, еще не дает представления о конкретной природе процессов, имеющих место во вселенной. Их исследование — задача конкретных естественных наук, в том числе и космологии. Речь, следовательно, идет только о том, что законы диалектики должны являться методологической основой любых естественнонаучных исследований и в том числе космологических, и при решении таких проблем, как проблема конечности или бесконечности вселенной, законы диалектики никак не могут быть игнорированы.

Перейдем к рассмотрению проблем бесконечности вселенной во времени.

Открытие «красного смещения» привело к появлению так называемого экспансионного парадокса, на который очень любят ссылаться идеалисты для доказательства конечности существования вселенной во времени. Суть этого парадокса заключается в следующем. Как уже отмечалось, «красное смещение» спектров галактик свидетельствует о том, что галактики во всей доступной наблюдению области вселенной разлетаются от нас во все стороны с огромными скоростями. Если теперь проэкстраполировать это явление назад по времени, в прошлое, то получается, что примерно 10 млрд. лет назад вся доступная наблюдению материя (а иногда, экстраполируя явление «красного смещения» на всю вселенную, говорят, что и вся вселенная) находилась в одной точке, т. е. обладала бесконечной плотностью. Получается, что около 10 млрд. лет назад вся доступная наблюдению или даже вся вообще материя вселенной была как бы выстрелена из одной точки или образовалась из взрыва одного атома-отца. Этот вывод интерпре-

тируется церковниками как начало мира, момент творения богом вселенной.

Если теперь обратиться к релятивистским моделям вселенной», то и здесь мы найдем те же самые точки, которые или были в прошлом, или будут в будущем. У одной из монотонно расширяющихся периодически повторяются у так называемой модели. Эти особые состояния или характеризуются тем, что радиус модели равен нулю, а плотность материи бесконечна. теоретические модели вселенной как будто делают вывод, полученный чисто качественно, путем экстраполяции явления «красного смещения» в прошлое.

Попытаемся показать, что нельзя понимать буквально некоторые абстракции, используемые в математических по сути дела моделях. Как уже говорилось, эти модели получаются при предположении, что материя во вселенной распределена равномерно в виде некоторой жидкости или сплошной среды (так называемый космологический субстрат), и описывают они поведение среды во времени через поведение бесконечно малых элементов объема этой среды. Однако такой элемент должен быть достаточно велик, должен содержать очень большое количество молекул жидкости, чтобы можно было изучать его закономерное движение, пренебрегая случайным, хаотическим движением отдельных молекул. Таким образом, бесконечно малый элемент объема отнюдь нельзя понимать в буквальном смысле. При такой постановке задачи, как справедливо замечает Г. И. Нанан, мы вообще не можем сказать, что происходит с частицами внутри бесконечно малого элемента объема, а поэтому «если теория предсказывает, скажем, неограниченное сжатие среды, то результатам можно придать какой-либо реальный физический смысл только до тех пор (в лучшем случае), пока объем всей среды не станет сравнимым с ее бесконечно малым элементом — не дальше»¹.

Каким должен быть бесконечно малый элемент объема космологического субстрата? Молекулами (частицами) космологического субстрата должны являться (по крайней мере) галактики. Этот элемент должен содер-

¹ Г. И. Нанан. Общие вопросы космологии, стр. 251.

жать достаточно большое количество галактик и быть значительно больше местных неоднородностей в распределении галактик, поскольку распределение материи в космологическом субстрате должно быть равномерным. Местные неоднородности (скопления галактики) имеют линейные размеры в пределах от 3 млн. до 30 млн. световых лет, т. е. линейные размеры бесконечно малого элемента объема не должны быть меньше этих величин. Если теперь предположить, что наши инструменты позволяют наблюдать только $1/1000$ радиуса Метагалактики и материя всей Метагалактики когда-то была собрана или периодически собирается в объеме, пусть даже равном лишь скоплениям галактик, то и тогда средняя плотность вещества в этом объеме будет равна всего лишь 10^{-13} г/см^3 , т. е. будет далеко не бесконечной¹. И хотя плотность мала по абсолютной величине, она все же в 10^{16} раз больше современной средней плотности вещества в доступной для наблюдения области вселенной. И поэтому справедливо ожидать, что при таких сравнительно огромных средних плотностях вещества качественно изменяются многие свойства и характеристики Метагалактики.

Этот вывод, довольно очевидный с точки зрения закона перехода количественных изменений в качественные, подтверждается и некоторыми выводами релятивистской космологии. Так, например, найдено, что неоднородность и анизотропность пространства (по крайней мере по некоторым характеристикам) должны уменьшаться со временем, по мере разбегания галактик, наблюдаемого в нашей области вселенной. Таким образом, в прошлом неоднородность и анизотропность пространства были весьма значительны. Уже по одному этому современные космологические модели при экстраполировании в прошлое по мере удаления от современной эпохи все более и более должны терять под собой почву и в какой-то момент, возможно, задолго до достижения приведенной выше средней плотности вещества (т. е. 10^{-13} г/см^3) перестанут адекватно отражать действительность. Свойства пространства и времени при рассмотрении их в отдельности для неоднородных анизотропных моделей будут зависеть от выбора координат, от того,

¹ См. Г. И. Наан. Общие вопросы космологии, стр. 252.

с какой материальной системой мы свяжем эти координаты, так как движение масс в различных областях пространства в различных системах будет иметь разный вид. А свойства пространства и времени зависят, в частности, от движения тяготеющих масс. Инвариантными, т. е. независимыми от выбора системы координат, будут только свойства единого пространства-времени. Поэтому, по мере того как однородные изотропные модели при продвижении в прошлое перестают отражать действительность, становится неправомерным и рассмотрение поведения Метагалактики во времени этих однородных изотропных моделей. Это время однородных изотропных моделей будет становиться неопределенным по мере того, как Метагалактика будет становиться неоднородной и анизотропной.

Таким образом, возникающие в некоторых космологических моделях особые точки при удалении в прошлое совсем не свидетельствуют о том, что до этого не было вообще ни вселенной, ни времени, а только о том, что состояния Метагалактики, бывшие раньше, чем несколько (некоторые считают пять) миллиардов лет назад, не отражаются адекватно современными однородными изотропными релятивистскими моделями.

А. Я. ИЛЬИН

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ БОРЬБЫ МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА В БИОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

По мере развития естествознания и общественных наук находит все более полное выражение тенденция к выработке целостной, единой картины мира. Процесс интеграции различных, ранее отделенных друг от друга наук, быстрое развитие новых отраслей знания, стоящих на стыках между отдельными науками, отражают в конечном счете материальное единство мира. Именно это объективное обстоятельство лежит в основе внутреннего единства различных областей знания. В силу этого единство присуще самому процессу развития естествознания, что не исключает факта неравномерности этого развития.

Так, великое открытие Ч. Дарвина, которое, по словам В. И. Ленина, впервые поставило биологию на научную почву, оказало существенное влияние на развитие других естественных наук. Диалектическая идея единства и становления явлений природы, нашедшая свое ясное выражение в дарвинизме, получила также — в значительной степени благодаря его прямому или косвенному влиянию — право гражданства в физике, химии и других науках о природе.

С началом XX столетия роль лидера естествознания взяла на себя физика, успехи которой революционизировали все естествознание нашего времени и оказали

серьезное влияние на развитие философии. У физики и связанных с ней математики и химии основанные на этом достижения техники создали посылки для качественного скачка в развитии биологии. Старая биология с ее по преимуществу описательными методами исследования была бессильна решить проблему внутренней регуляции жизненных процессов. Решение этой основополагающей проблемы упиралось в задачу раскрытия молекулярной организации живой клетки и, в частности, механизма синтеза белка — основы всех жизненных процессов. Создание электронного микроскопа и растущее применение методов физики, химии и математики сделали возможным исследование внутреннего строения клетки, непосредственное наблюдение биохимических процессов внутри клетки. Успехи биохимии, биофизики, молекулярной биологии и генетики в изучении нуклеиновых кислот и механизмов биосинтеза белков позволили вплотную подойти к познанию материальной природы наследственности и изменчивости и открыли путь к пониманию других важнейших проблем биологии (рост и развитие, синтез ферментов, происхождение приспособительных реакций и т. д.).

Возрастание роли биологии в жизни человеческого общества является объективной тенденцией в его развитии. По мере превращения биологии из описательной науки в точную, вооруженную новейшими методами физики, химии, математики, кибернетики, в гигантской степени увеличиваются возможности познания основ жизненных процессов и управления ими в интересах человека. Это, в свою очередь, создает условия для коренного решения таких кардинальных проблем, как отыскание радикальных путей к излечению заболеваний и продление жизни человека, направленное изменение наследственности, принципиально новое решение ряда технических задач, связанное с бурным развитием бионики, и т. д. и т. п. Многие ученые считают, что биология стоит на пороге новых великих открытий, значение которых для развития человеческого общества будет не меньшим, чем достижения в области физики атомного ядра. Поэтому есть все основания полагать, что грядущая эпоха в развитии естественных наук будет в значительной мере «веком биологии».

Классики марксизма-ленинизма предвидели наступление нового этапа в развитии биологии. В. И. Ленин подчеркивал, что лишь на основе диалектико-материалистического подхода возможно преодоление тех методологических трудностей, которые неизбежно возникают на новом уровне развития науки. Поэтому переход естествоиспытателей-биологов на позиции диалектического материализма является объективной исторической необходимостью, вытекающей из характера развития самой науки.

Предвидя этот неизбежный процесс, Ф. Энгельс в «Диалектике природы» указывал на два возможных пути перехода ученых к материалистической диалектике. С одной стороны, этот процесс «может проложить себе путь стихийно, просто благодаря напору самих естественнонаучных открытий, не уместающихся больше в старом метафизическом прокрустовом ложе»¹. Этот процесс, как заметил Ф. Энгельс, является «длительным и трудным». Поэтому другой путь — путь сознательного усвоения диалектико-материалистической методологии — открывает перед естествоиспытателями огромные возможности.

Победа социалистической революции в СССР, возникновение и развитие мировой социалистической системы создали необходимые социальные предпосылки для перехода ученых на позиции диалектического материализма. Исторический опыт стран социалистической системы убедительно показывает, как может быть облегчен и ускорен процесс перехода ученых-естествоиспытателей на позиции научной философии и методологии науки. Усвоение естествоиспытателями передовой философии, в свою очередь, сказывается самым благотворным образом на развитии самих естественных наук.

Известно, например, какие большие методологические трудности в 20-х годах нашего века переживала такая быстро развивающаяся отрасль биологии, как генетика. Внедрение новых физико-химических приемов исследования, а также успешное применение методов

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 369.

моделирования и статистического метода («математизация» генетики) открыли новую страницу в развитии этой науки. Однако, как отмечал В. И. Ленин, «реакционные поползновения порождаются самим прогрессом науки»¹. Успехи в использовании новых методов привели к появлению механистических тенденций, тормозивших дальнейшее проникновение в интимные механизмы наследственности. В этот трудный период развития генетики именно советские ученые первыми сумели преодолеть методологические затруднения, порожденные недостаточностью механистической интерпретации полученных данных.

Так, крупнейший советский ботаник, генетик и растениевод Н. И. Вавилов пришел к глубоким теоретическим обобщениям в генетике, сознательно отыскивая пути применения методологии диалектического материализма к проблемам своей науки. Сформулировав основополагающий закон гомологических рядов в наследственной изменчивости видов (сравниваемый по своему значению с периодическим законом химических элементов Д. И. Менделеева), Н. И. Вавилов раскрывал при его помощи глубокую внутреннюю связь генетических явлений, казавшихся до этого разрозненными и случайными. Именно широта теоретического кругозора позволила ему оценить значение опытов И. В. Мичурина и привлечь тем самым внимание научной общественности к работам великого селекционера.

Н. И. Вавилов с гордостью отмечал в 1939 г.: «Все развитие генетики в нашей стране относится к советскому периоду... Советская наука на этом участке выросла настолько, что основные ведущие доклады на всех трех последних генетических конгрессах (имелись в виду международные конгрессы генетиков. — *А. И.*) поручались, как правило, советским исследователям»².

Замечательные открытия были сделаны выдающимся советским генетиком Н. П. Дубининым. Установление им факта делимости гена — основной «единицы» наследственности — пробило важную брешь в механистических представлениях в генетике, что было сравнимо по значению с открытием факта деления атомного ядра. Не

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 326.

² «Под знаменем марксизма», 1939, № 11, стр. 128.

меньшее значение для преодоления старых метафизических концепций имело открытие Н. П. Дубининым так называемого «эффекта положения гена» («эффекта Дубинина»), благодаря чему было доказано, что передача наследственной информации зависит от того положения, которое занимает ген в хромосоме.

Одной из важных причин быстрого развития фундаментальных биологических исследований в Советском Союзе было то обстоятельство, что именно в эти годы успешно развивалась интенсивная работа по проведению в жизнь завета В. И. Ленина о необходимости всемерного развития союза между естествоиспытателями и философами-марксистами. Путь действительного, а не словесного, внедрения методологии диалектического материализма в научные исследования по конкретным наукам не был легким и безошибочным. Естествоиспытатели на своем собственном опыте убеждались, что усвоение принципов марксистской философии является сложной творческой задачей, требовавшей зачастую перестройки многих «привычных» концепций. Однако этот путь, будучи трудным и противоречивым, оказался в то же время исключительно плодотворным, ибо только на нем можно было найти решение многих проблем, вставших перед естествознанием и, в частности, перед биологией.

Ныне нельзя написать историю биологии XX в., претендующую хотя бы на видимость объективности, где бы не заняли почетного места Н. И. Вавилов, И. В. Мичурин, В. В. Кольцов, Н. П. Дубинин, В. Л. Комаров, А. Н. Северцов, И. П. Павлов, Л. А. Орбели, В. А. Энгельгардт и многие другие. Советской биологической науке принадлежит историческая заслуга открытого восстановления авторитета материализма во всех отраслях биологии. В период кризиса философских установок естествознания, в тот момент, когда на быстро растущем и здоровом дереве биологической науки пытались паразитировать пустоцветы неомальтузианства, расизма, евгеники, различных школок «социального дарвинизма» и прочих форм буржуазного извращения данных биологии, — именно в это время советская биологическая наука открыто выступила за утверждение диалектико-материалистических принципов научного исследования, отбрасывая с порога все и всякие идеалистические ухищрения.

Сознательный диалектико-материалистический подход советских ученых сыграл основополагающую роль в становлении и развитии новых биологических и смежных с другими науками дисциплин. В качестве примера можно сослаться на развитие таких отраслей, как биогеохимия, рождение которой было связано с деятельностью В. И. Вернадского, и эволюционная физиология. Остановимся кратко на последней.

Известно, что физиология долгое время оставалась вне прямого влияния дарвинизма и привнесенного им исторического метода, хотя уже во второй половине XIX в. имели место замечательные сравнительно-физиологические и эмбрио-физиологические исследования А. О. Ковалевского, И. И. Мечникова, Ж. Леба и др.

Советский ученый Л. А. Орбели, явившийся одним из основоположников эволюционной физиологии, справедливо указывал, что для возникновения эволюционной физиологии как самостоятельной дисциплины были необходимы соответствующие исторические условия, а именно: замена стихийного материализма сознательным использованием диалектико-материалистической методологии и связанный с этим переход от аналитического подхода к аналитико-синтетическому¹. Такие условия, обеспечившие бурное развитие материалистического учения И. П. Павлова и его многочисленных учеников, были созданы в социалистическом обществе.

Однако впоследствии на развитии биологии в Советском Союзе отрицательно сказалось монопольное положение группы ученых, возглавляемых академиком Т. Д. Лысенко. Эта группа отрицала ряд важнейших направлений биологической науки и навязывала свои взгляды, часто не соответствовавшие современному уровню науки и данным эксперимента. Наиболее ярко эти взгляды были выражены на августовской сессии ВАСХНИЛ в 1948 г., где отрицались важнейшие достижения генетики, достигнутые учеными как в Советском Союзе, так и за рубежом. В результате этого, как отметил президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш, «в течение последних десятилетий у нас задерживалось практическое использование крупнейших завое-

¹ См. Л. А. Орбели. Избр. труды, т. I. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1961, стр. 280.

ваний советской науки, в частности достижений агрохимии и ряда достижений генетики»¹.

Создавшееся ненормальное положение сильно задерживало получение и практическое использование высокопродуктивных форм сельскохозяйственных культур, использование полиплоидии и других новых средств селекции.

Однако, несмотря на все трудности и помехи, вызванные монопольным положением группы догматически мыслящих биологов, развитие генетики и других важных биологических дисциплин не могло быть остановлено. Так, были созданы полиплоидные формы ряда сельскохозяйственных культур (гречихи, пшеницы, свеклы), успешно развивалась радиационная генетика и т. д.

Нормализация положения в советской биологической науке создает все необходимые условия для быстрого преодоления отставания в некоторых отраслях этой науки и выбивает почву из-под ног хулителей советской науки и марксистской философии, всех и всяких любителей спекулировать на временных трудностях развития, порожденных не природой нового общественного строя, а грубыми ее искажениями. Антикоммунистические нападки на марксистскую философию строятся, как правило, на нехитрой основе отождествления положений какой-либо естественнонаучной теории (в данном случае теории Т. Д. Лысенко) с диалектическим материализмом, после чего последнему приписываются все недостатки и слабости, присущие одной естественнонаучной теории. Далеко не случайным является то обстоятельство, что буржуазные идеологи, выступающие в качестве «специалистов по русским делам», игнорируют существование в советской биологической науке на протяжении всей ее истории различных школ и направлений, многие из которых, несмотря на неблагоприятные внешние условия, продолжали тем не менее развиваться.

Теории Т. Д. Лысенко, не отличающейся стройностью научной концепции, свойствен отпечаток неоламаркизма, что не могло, в свою очередь, не вести к уступкам телеологии. Многие положения «нового учения о виде и видообразовании» (например, тезис о внезапном скачкооб-

¹ М. В. Келдыш. Советская наука: итоги и перспективы. «Правда», 5 февраля 1965 г.

разном превращении одного вида в другой) вступили в явное несоответствие с диалектико-материалистической концепцией развития. С этой точки зрения характерно то обстоятельство, что сторонники Т. Д. Лысенко наиболее сильный огонь своей «критики» обрушивали против тех ученых, которые в своей практической деятельности стремились творчески применить принципы марксистской философии (Н. И. Вавилов, Н. П. Дубинин, И. И. Шмальгаузен, Л. А. Орбели и др.). В действительности ни одна естественнонаучная теория не может претендовать на роль «единственной носительницы» принципов диалектического материализма в рамках данной науки, в то время как сама марксистская философия отнюдь не выступает в качестве средства прямого решения конкретных проблем специальных наук.

Следование ленинскому принципу партийности в науке предполагает свободу мнений и дискуссий в науке. «В руководстве научной работой, — говорится в Программе КПСС, — будет возрастать роль научной общественности. Необходимым условием развития науки являются свободные товарищеские дискуссии, содействующие творческому решению назревших проблем»¹. О том, что это так, лишний раз свидетельствует развернувшееся в последнее время плодотворное обсуждение проблем биологической науки, в котором принимают активное участие представители как науки, так и практики. Творческий подход, демократический характер обсуждения — залог нахождения правильных решений.

* *

*

Рассуждения о существовании двух биологий — советской и буржуазной, основанные на концепции «классовости науки», означают грубое нарушение ленинского принципа партийности в науке. Так, применительно к теоретическим спорам в области генетики сторонники «классовой биологии» утверждали, что «борьба сторонников «классовой биологии» с морганизмом — это не борьба мичуринской науки с морганизмом — это не борьба двух точек

¹ «Материалы XXII съезда КПСС». М., Госполитиздат, 1961, стр. 418.

зрения в единой системе, это классовая борьба двух систем, двух идеологий». Применение этих ложных принципов принесло с собой немало путаницы как в биологию, так и философию.

Биология, в отличие от общественных наук, не является классовой. Тезис, согласно которому биология всегда была и остается ареной идеологической борьбы, будучи правилен в целом, нуждается тем не менее в уточнении. Споры нет, развитие биологии, в особенности теоретической, сопровождалось всегда ожесточенной идейной борьбой. Достаточно напомнить о спорах вокруг учения Ч. Дарвина во второй половине XIX и начале XX в. Однако следует различать борьбу теоретическую, идущую внутри самой науки, и борьбу идеологическую, выходящую за рамки науки и связанную, как правило, с мировоззренческим, философским истолкованием тех или иных концепций конкретной науки. Понятно, что не всегда легко и просто провести четкую грань между теоретическим и идеологическим аспектами идейной борьбы. История науки показывает, что многие крупные ученые, вносящие большой вклад в развитие науки, делали из своих открытий неправильные выводы философского характера.

Для нас исключительно важное значение имеет указание В. И. Ленина о том, что *«ни единому из этих профессоров, способных давать самые ценные работы в специальных областях химии, истории, физики, нельзя верить ни в едином слове, раз речь заходит о философии»*. ...Задача марксистов и тут и там суметь усвоить себе и переработать те завоевания, которые делаются себе и «приказчиками»... — и *уметь* отсечь их реакционную тенденцию, уметь вести *свою* линию и бороться *со всей линией* враждебных нам сил и классов»¹.

В. И. Ленин дал классические образцы критики идеалистических концепций в естествознании, основанной на глубоком изучении действительного положения дел в науке и непримиримом отношении ко всякого рода идеалистическим вывертам, под влияние которых попадал тот или иной естествоиспытатель. Так, в работе «Материализм и эмпириокритицизм» Ленин подробно рассмотрел ошибочные философские взгляды великого немецкого

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 363—364.

физика и физиолога Г. Гельмгольца, который как агностик истолковывал данные физиологии органов чувств. «Гельмгольц, крупнейшая величина в естествознании,— писал В. И. Ленин,— был в философии непоследователен, как и громадное большинство естествоиспытателей»¹. «Теория символов» Г. Гельмгольца не была, как показал Ленин, экспериментально подтверждена, а явилась продуктом философской интерпретации новых данных естествознания.

В. И. Ленин указывал на философский источник воззрений великого ученого: «Гельмгольц вслед за Кантом покушается провести подобие принципиальной грани между «явлением» и «вещью в себе». Против прямого, ясного, открытого материализма Гельмгольц питает непреодолимое предубеждение»².

Но В. И. Ленин не делает на этой основе вывода об идеализме Гельмгольца, не причисляет его к лагерю реакционеров в науке. Подробно анализируя всю совокупность воззрений ученого, Ленин раскрывает их непоследовательность, ведущую несмотря на предубеждение к открытому материализму, к фактическому, к стихийному, «стыдливому» материализму. «Агностицизм Гельмгольца,— заключает В. И. Ленин,— тоже похож на «стыдливый материализм» с кантианскими выпадми...»³.

* *
*

Ленинская критика современного ему идеализма в естествознании сохраняет свое непреходящее значение и для нашего времени. В. И. Ленин разработал значение и принципы решения основных методологических исходные естествознания. Его идеи дают отправные проблематические установки для ориентации в той сложной идеологической борьбе, которая идет в нашу эпоху вокруг новейших открытий естествознания и в особенности биологии.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 245.
² Там же, стр. 247.
³ Там же, стр. 247—248.

Усиление идеологической борьбы вокруг новейших достижений современной биологии объясняется как растущим значением всего комплекса биологических дисциплин в жизни современного общества, так и особой ролью биологии в формировании идейных основ мировоззрения современного человека.

Отношение буржуазии к прогрессу естествознания остается двойственным. С одной стороны, дальнейшее возрастание роли науки в современном производстве принуждает буржуазию способствовать развитию естествознания, а, с другой стороны, классовые интересы буржуазии все более вступают в противоречие с диалектико-материалистическим духом науки. Каждый новый успех естествознания подрывает устои буржуазной идеологии, основанной на принципах идеализма и фидеизма, и, напротив, подтверждает, обогащает основные принципы марксистской философии. Сама наука выступает, таким образом, в роли могучего духовного союзника прогрессивных сил общественного развития.

В. И. Ленин в свое время указывал на то, что прогресс науки неизбежно ведет к развитию диалектико-материалистической концепции природы. Тенденция к постоянному укреплению диалектических и материалистических основ естествознания выступает как объективная закономерность в развитии современной науки. Этот процесс нельзя, однако, понимать упрощенно, как своего рода «автоматический крах» идеализма и метафизики. В условиях эксплуататорского общества, в котором продолжает господствовать идеология реакционного класса, кровно заинтересованного в сохранении идеализма и религии, прогрессивной тенденции развивающегося естествознания противостоит стремление к идеалистической интерпретации новых данных науки, усиливающееся по мере дальнейшего углубления общего кризиса мировой системы империализма. Усиление реакционных тенденций определяет значительное повышение активности буржуазных идеологов, стремящихся найти «новейшие» пути для протаскивания идеализма в естествознание.

Буржуазия не жалеет сил и средств для того, чтобы сохранить и укрепить ту консервативную духовную атмосферу, в обстановке которой формируются, живут и работают ученые и которая, по выражению Ленина, «отталкивает их от Маркса и Энгельса, бросает в объятия пош-

лой казенной философии»¹. В капиталистическом обществе интеллигенция неоднородна как по своему классовому положению, так и по политическим взглядам. Как общественный слой она, по словам В. И. Ленина, занимает при капитализме «переходное, неустойчивое, противоречивое положение», что способствует распространению в ее среде «половинчатых, эклектических воззрений». Ленин подчеркивал, что «идеалистические философы ловят малейшую ошибку, малейшую неясность в выражении у знаменитых естествоиспытателей, чтобы оправдать свою подновленную защиту фидеизма»². И ученых-естествоиспытателей, самой логикой науки понуждаемых к правильному философскому истолкованию результатов науки, подстерегают на этом пути многочисленные преграды и ловушки. Ленинские идеи дают ту ариаднину нить, которая позволяет разобраться в сложных перипетиях идейной борьбы между материализмом и идеализмом в современном естествознании, в частности в биологии.

В нашу эпоху — эпоху борьбы двух противоположных мировых систем — ни один социальный процесс не может быть правильно понят, если не учитывать факта растущего воздействия мировой системы социализма, в том числе влияния марксистско-ленинской идеологии, на материальные и духовные процессы в современном мире. Империализм не может уйти от факта растущего исторического превосходства сил социализма на мировой арене во всех областях общественной жизни. В любом, даже самом «локальном» конфликте находят свое проявление элементы этого неблагоприятного для империализма соотношения сил. Эта борьба двух систем проникает во все поры современного мира, ставит перед мыслящим человечеством вопрос о выборе пути. Интеллигенция Запада не может не ощущать — и притом более остро, чем другие общественные классы и слои — нарастающую деградацию идеологии мира капитализма и притягательную жизненную силу идеологии нового мира — мира коммунизма. Лучшие ее представители стремятся понять смысл этой борьбы и занять в ней определенную позицию.

Неоднородность интеллигенции обуславливает про-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 279.

² Там же, стр. 300—301.

цесс идейного размежевания в стане биологов крупнейших буржуазных стран. Среди них довольно крупную и влиятельную группу, широко поддерживаемую буржуазной пропагандой, составляют видные ученые-биологи, путающиеся в философии и стремящиеся к созданию своих собственных философско-биологических систем, состоящих, как правило, из эклектической мешанины господствующих философских учений. Сюда относится, в частности, так называемый «трансгуманизм» известного английского биолога Дж. Хаксли, защищающего новую, «гуманную» разновидность философии религии. Такие известные американские биологи, как С. Дарлингтон, Ф. Добжанский, Г. Дж. Меллер, отстаивают различные формы «социального неодарвинизма», неомальтузианства и евгеники, пытаясь объяснить проблемы общественного развития различного рода биологическими (генетическими) факторами. Этим естествоиспытателям, выходящим за рамки экспериментальной науки, свойственны различные антимарксистские и антикоммунистические предрассудки, которые поддерживают и поощряют философы-идеалисты.

Поддерживая старый миф о «независимости» ученых от общества, буржуазные идеологи в то же время подталкивают их к прямому участию в идеологической борьбе. Спекулируя на авторитете того или иного ученого в сфере конкретной науки, буржуазия умеет — от «имени науки» — проводить свою линию идеологической обработки сознания масс. Подобно тому как имя какой-либо знаменитости из области искусства или спорта на упаковке продаваемых изделий помогает мастерам буржуазной рекламы сбывать свои залежалые товары, авторитет крупного ученого служит для буржуазных идеологов прикрытием для протаскивания подновленных реакционных идей. При этом не имеет значения то обстоятельство, что сами ученые нередко субъективно убеждены в том, что высказываемые ими общие философские соображения действительно вытекают из сферы их непосредственной экспериментальной деятельности, не сознавая того, что эти соображения (или идеи) взяты ими не из области их научных изысканий, а заимствованы из обрывков «пошлой и казенной философии».

Философы-идеалисты всегда спешат объявить своим союзником любого видного ученого-естествоиспытателя,

допускающего в своих высказываниях те или иные уступки идеализму и религии. Классики марксизма-ленинизма показали, что, непримиримо борясь против реакционных философских взглядов отдельных ученых, нельзя в то же время зачислять их в лагерь воинствующей реакции только на основе отдельных неправильных общетеоретических высказываний и наличия тех или иных антимарксистских предрассудков. Крупные ученые, решительно выступая против идеализма в самой биологии, оказываются в области понимания общественных явлений в роли жалких философов, объективно способствующих сохранению и развитию различных форм буржуазного извращения биологии путем переноса ее закономерностей на общественную жизнь. Все и всякие «биологические» теории в социологии находятся в русле худших образчиков идеализма и метафизики. В. И. Ленин убедительно показал, что никакая «биологическая терминология» ни на шаг не продвигает вперед исследование социальных явлений. «На деле никакого исследования общественных явлений, никакого уяснения метода общественных наук *нельзя* дать при помощи этих понятий, — писал В. И. Ленин. — Нет ничего легче, как наклеить «энергетический» или «биолого-социологический» ярлык на явления вроде кризисов, революций, борьбы классов и т. п., но нет и ничего бесплоднее, схоластичнее, мертвее, чем это занятие»¹.

Вторую группу составляют ученые-естествоиспытатели, принимающие непосредственное участие в идеологической борьбе против передового мировоззрения путем соответствующего истолкования философской проблематики биологии. Это довольно многочисленная группа биологов, отстаивающая в наши дни философские позиции витализма — современного «биологического» идеализма. Для современных виталистов в биологии, таких, как Э. Синнот, Г. Вандеброк, И. Хаас, Портман, философия стала как бы их второй специальностью. К ним примыкает немало профессиональных философов и теологов, открыто защищающих позиции неовитализма и телеологии. К таковым, в частности, относятся сторонники «клерикального» витализма Г. Корнелиус-Мартиус, Г. Веттер, О. Шпюльбек, известный холист А. Мейер-Абих в

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 348.

ФРГ и многие другие. Весь сонм этих идеологов, как и раньше, стремится дать «новую» идеалистическую интерпретацию последних достижений науки.

Эта извращенная интерпретация имеет место прежде всего в таких сложных и требующих для своего решения диалектико-материалистического подхода вопросах, как проблема прогресса и направленности в развитии органического мира (на чем спекулируют сторонники различных телеологических течений финализма), проблема происхождения биологической саморегуляции (здесь находят свое проявление «новейшие» формы витализма И. Хааса и Г. Корнелиус-Мартиуса), проблема целостности живых систем, вопрос о факторах эволюции и образовании новых видов (проблема детерминистского объяснения скачков в процессе эволюции) и т. д. В разработке этих проблем, само содержание которых предполагает наличие тех или иных философских установок, и разворачивается современная борьба материализма и идеализма в биологии. Было бы ошибкой недооценивать агрессивность идеалистических вылазок, как и полагать, будто идеализм способен завоевывать ту или иную область биологии.

История биологии последних десятилетий явилась свидетельницей многочисленных попыток возродить под новыми вывесками различные идеалистические школы и школки. Однако материалистическая волна сметала и сметает все и всякие попытки создать на основе тех или иных идеалистических шатаний отдельных ученых-биологов сколько-нибудь влиятельную школу «биологического» идеализма. «Проиграно дело основателей новых философских школок, сочинителей новых гносеологических «измов», — проиграно навсегда и безнадежно. Они могут барахтаться со своими «оригинальными» системами, .. могут создавать даже обширную «специальную» литературу подобно «имманентам», — ход развития естествознания, несмотря на все его шатания и колебания, несмотря на всю бессознательность материализма естествовников, несмотря на вчерашнее увлечение модным «физиологическим идеализмом» или сегодняшнее — модным «физическим идеализмом», отбрасывает *прочь* все системки и все ухищрения, выдвигая снова и снова «метафизику» *естественноисторического материализма*»¹.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 372—373.

Естественноисторический материализм естествоиспытателей является, по определению Ленина, тем идейным устоем, который «становится все шире и крепче и о который разбиваются все усилия и потуги тысячи и одной школки философского идеализма...»². Идеализм в биологии, выступавший обычно в форме той или иной разновидности витализма, потерял ныне кредит среди естествоиспытателей не только в связи с замечательными успехами самой биологии, все более проникающей в тайну живого, т. е. в ту область, на неразработанности которой спекулировал витализм. Сознательное усвоение философии, методологии диалектического материализма учеными в СССР и странах народной демократии, а также наиболее передовыми естествоиспытателями в странах капитализма лишило виталистов возможности выступать в качестве «единственных защитников» качественной специфики биологии как науки.

Внедрение диалектического материализма в биологию обнажило всю ложность старой альтернативы: механицизм или витализм, показав, что невозможность «сведения» органических процессов к элементарным физико-химическим процессам отнюдь не означает невозможности материалистического объяснения сущности жизненных явлений. Преодоление метафизического этапа в развитии материализма в биологии означало устранение реальной почвы для построения различного рода виталистических спекуляций. Процесс осознания учеными слабостей механицизма в биологии, что было ранее предпосылкой для виталистских шатаний, стал отныне отправным пунктом для движения в сторону диалектико-материалистического метода мышления.

В этом отношении очень характерными являются признания одного из немногих современных виталистов — немецкого цитолога И. Хааса. Он отступает далеко от позиций своего предшественника Г. Дриша, утверждавшего, что материализм в биологии не может играть сколько-нибудь плодотворной роли. В наши дни виталист вынужден признать, что только материализм может составить методологическую основу биологических исследований. Хаас пишет: «Ввиду изучения в жизненных процессах лишь материальной стороны удобно на-

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 372.

звать этот принцип исследования «методическим материализмом». Его успех доказывает, что он прекрасно оправдал себя в биологии. Благодаря его последовательному применению стал возможным поразительный прогресс. Методическому материализму, ввиду его большой плодотворности в биологии, не может быть отказано в праве гражданства»¹. И. Хаас признает, что среди самих биологов почти не осталось сторонников витализма, в отличие от времен Г. Дриша и М. Гартмана. «Напротив, в многочисленных учебниках, монографиях, статьях как бы мимоходом разбросаны замечания, свидетельствующие о том, что их авторы стоят, как это само собой разумеется, на почве биологического материализма»². Признания И. Хааса — это признание исторического краха витализма в биологии.

Развитие научного познания, изменение его содержания по мере прогресса естествознания обуславливает и развитие самого естественноисторического материализма естествоиспытателей. Будучи базой для проникновения диалектики в мышление естествоиспытателей, естественноисторический материализм сам не может не претерпевать развития в сторону диалектического материализма. Этот процесс совершается более интенсивно в новых отраслях биологии, само развитие которых связано с преодолением старых перегородок между отдельными биологическими дисциплинами, и не столь заметен в «классических» разделах биологии. Однако неравномерность процесса не может затушевывать его всеобщего характера.

Среди биологов капиталистических стран, как и раньше, преобладающую по численности группу составляют ученые, чужающиеся философии и придерживающиеся «традиционной» позитивистской точки зрения, согласно которой наука — сама себе философия. Однако внешняя «позитивистская оболочка» в наши дни уже скрывает за собой прямое отрицание идеализма в биологии (что во все не было характерным для многих позитивистски настроенных биологов недавнего прошлого и о чем сожалеет И. Хаас).

Ф. Энгельс в свое время заметил, что процесс перехода на позиции диалектики в естественных науках про-

¹ J. Haas, *Biologie und Gottesglaube*. (West) Berlin, Morus — Verlag, 1961, S. 707.

² Ibid, S. 19.

явился раньше всего в биологии. Так, уже возникновение учения Ч. Дарвина означало великую победу стихийной диалектики в науке о живой природе. В наше время — время бурного развития биологии — этот процесс не может не углубляться. Несмотря на все препятствия, порождаемые социальной и идеологической атмосферой буржуазного общества, естественноисторический материализм естествоиспытателей все более обнаруживает тенденцию к перерастанию в материализм диалектический. Объективно-диалектический характер самих изучаемых объектов заставляет естествоиспытателя мыслить стихийно-диалектически. «В современном естествознании исследователь, овладевший техникой изучения сущности все более усложняющихся явлений, хорошо осваивает основные принципы диалектики естествознания, возникновения нового качества из сочетаний и увеличивающихся наборов отдельных элементов»¹.

Развитие и укрепление стихийно-диалектического метода мышления в биологии показывает, однако, что он все же недостаточен при переходе к более широким обобщениям. Путь к последовательной, осознанной диалектической методологии для естествоиспытателей в этих условиях остается сложным и противоречивым. Как и физика, биология в условиях капитализма идет к единственно верному методу и единственно верной философии «не прямо, а зигзагами, не сознательно, а стихийно, не видя ясной своей «конечной цели», а приближаясь к ней ощупью, шатаясь, иногда даже задом»².

Возрастание роли теоретического мышления, научной методологии, обусловливаемое самим процессом развития науки, заставляет ученых, стоящих на позициях стихийного, неформального материализма, самим задумываться над философскими проблемами, ища ответа не в готовых «рецептах» идеалистической философии, а на путях самостоятельного развития естественноисторического материализма. Дарвинистская основа современной биологии помогает при этом ученым-биологам преодолевать метафизическую ограниченность «традиционных»

¹ Г. М. Франк и В. А. Энгельгардт. О роли физики и химии в исследовании биологических проблем. Сб. «Философские проблемы современного естествознания». М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 298.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 332.

воззрений. Ученые, выросшие в духовной атмосфере буржуазного общества, как правило, не знают философского материализма, помимо тех извращенных его образцов, которые преподносятся профессорами казенной идеалистической философии. Это не может не затруднить процесса движения к осознанной материалистической теории познания, но не может и остановить его.

В этом отношении показательной является точка зрения выдающегося американского палеонтолога, одного из создателей так называемой «синтетической теории эволюции», Дж. Симпсона. Говоря о своем философском кредо (и избегая при этом самого слова «материализм»), Дж. Симпсон выдвигает «животную веру» в существование вне нас объективной действительности как единственную основу для предположения о том, что мы на самом деле можем получить знания о внешнем мире. «Факт состоит в том, — говорит Дж. Симпсон, — что человек появился в результате медленного процесса эволюции, управляемого естественным отбором. На каждой стадии этого долгого процесса наши предки обладали необходимыми приспособительными реакциями к окружающему миру. Хотя поведение и органы чувств становились все более сложными, восприятия, даваемые этими органами чувств, сохраняли, очевидно, реалистическое отношение к окружению... Обезьяна, не имевшая реалистического восприятия той ветки дерева, на которую она прыгала, была бы очень скоро мертвой и не смогла бы стать одним из наших предков. Наши восприятия дают истинные, хотя и неполные, образы внешнего мира, ибо это было и остается биологической необходимостью»¹.

Этот фактически осознанный материалистический подход служит Симпсону как для опровержения идеализма в биологии, выступающего в облике витализма или телеологии, так и для преодоления механистических упрощений в понимании сущности жизненных процессов. Так, рассматривая проблему происхождения жизни, Симпсон утверждает следующее: «Но что я не имею в виду сказать, это то, что материальная причинность была превзойдена или же в развивающихся системах вступил в действие таинственный виталистский элемент. Все

¹ G. Simpson. Biology and the Nature of Science. «Science», vol. 119, 1963.

должно было совершиться без нарушения физических и химических принципов. Но эти принципы должны были действовать теперь по-другому, ибо они включились в целостные, органические, комплексные мультимолекулярные системы, растущая сложность которых далеко переступила границы простых химических соединений... Здесь перестает действовать тот взгляд, согласно которому расчеты и экстраполяции химика выступают как само собой разумеющиеся. Получение дальнейших знаний возможно здесь только от биолога как такового, т. е. того, кто изучает целостные организмы в том виде, как они существуют в размножающихся популяциях и сообществах, приспособленных к окружению»¹.

Объективное диалектико-материалистическое содержание исследуемых процессов оказывается более важным и существенным, чем публично выраженное философское кредо Симпсона, считающего себя «реалистом». Конкретное проникновение ученого в сущность изучаемой проблемы, схваченные им черты и закономерности природных процессов раскрывают такие, диалектические в своей сущности, моменты действительности, которые во всем своем значении еще не осмыслены самим ученым, а иногда и данной наукой в целом.

Поиски методологии и философии науки, адекватной современному уровню естествознания, заставляют наиболее крупных естествоиспытателей все чаще прямо обращаться к материалистической философии, отыскивая, в частности, в истории диалектики ответы на современные проблемы науки. Ф. Энгельс указывал в «Диалектике природы», что изучение античной диалектики может помочь естествоиспытателям найти путь к сознательному усвоению диалектико-материалистической философии. Предвидение Ф. Энгельса оказалось правильным и в новых исторических условиях. Для буржуазных естествоиспытателей неприемлем путь прямого усвоения марксистской философии, поскольку они субъективно настроены против нее. Но поскольку сознательное усвоение диалектики является необходимостью для построения методологических принципов, соответствующих новому содержанию естествознания, оказывается, что изу-

¹ G. Simpson. The Nonprevalence of Humanoids. «Science», 1964, vol. 143, p. 772.

чение античной диалектики помогает в деле создания современной методологии.

Очень показательной в этом отношении является эволюция философских взглядов одного из крупнейших современных биологов-теоретиков Л. Берталанфи, работающего сейчас в США. Как известно, Л. Берталанфи в 30—40-х годах сформулировал свою философскую концепцию в биологии — органицизм (органимизм), которая в то время носила в сильной мере выраженные виталистические и холистические черты. В последующие годы, в ходе своих практических и теоретических исследований, ученый все более отходил от идеалистических положений своей первоначальной философской концепции, объективно приближаясь к диалектико-материалистическому пониманию основных проблем биологии.

В результате многолетнего исследования теоретических проблем биологии и изучения философии, в частности учения Гераклита, Л. Берталанфи разработал четыре основных принципа своего «организмического воззрения»: принципы организации, целостности, динамики и единства противоположностей. Первый принцип исходит из наличия внутренней организационной структуры всех уровней живого, начиная от молекулы органических соединений и кончая жизненными сообществами. «Мы видим, как на каждой ступени этой организации проявляются новые закономерности, глубже проникнуть в которые стремится современное исследование»¹. Принцип целостности у Берталанфи направлен как против механицизма («машинной теории жизни»), так и против виталистского признания нематериальных факторов целостности. Берталанфи видит ключ к преодолению трудностей в решении проблемы целостности в идее материального взаимодействия. «Во всех областях биологии приходят к выводу, — пишет он, — что функционирование отдельных частей в большой мере зависит от организма в целом, и с успехом стремятся к тому, чтобы проникнуть в те законы, которые управляют порядком событий в организме, вытекающем из взаимодействия»². Третий принцип — принцип динамики — дает, по мнению Берталанфи, «основу для понимания как раз тех явле-

¹ L. von Bertalanffy. Auf den Pfaden des Lebens. Wien, 1951, SS. 230—231.

² Ibid., S. 231.

ний, которые рассматривались как таинства жизни, неразрешимые естественнонаучными средствами». Согласно этому, «формы живого не суть нечто данное (sind nicht), а суть нечто совершающееся, как выражение непрерывного потока материи и энергии, который протекает через организм и в то же время его образует»¹.

Разработав учение об организмах как подвижных открытых системах, Берталанфи использует его для борьбы против виталистских и телеологических спекуляций на трудностях решения проблемы целесообразности поведения живых организмов. Целенаправленность в органических процессах (Берталанфи называет ее «эквивинальностью») «является не виталистской мистерией, а физически необходимым следствием того факта, что организмы суть открытые системы, которые сохраняют себя в текучем равновесии. Целенаправленность живого, или финальность, оказывается доступной естественнонаучному объяснению»². Наконец, четвертый принцип своего воззрения ученый формулирует как «борьбу противоположностей»: «...развитие идет вперед, ко все более высоким ступеням, на основе борьбы противоположностей со своей внутренней логикой и на основе законов, которые могут быть познаны»³.

Анализ четырех основных принципов «организмического воззрения» Берталанфи убедительно свидетельствует о том, как многолетние теоретические поиски большого ученого с неизбежностью ведут его в сторону признания диалектического материализма как единственно верной философии и методологии науки. Берталанфи не случайно избегает терминов «материализм» и «диалектика», оставаясь субъективно чуждым марксистской философии. Его «организмическая концепция» в некоторых отношениях сохраняет черты механицизма. Ближе подходя к диалектическому материализму в понимании природы, Берталанфи не приемлет материалистического понимания истории. Однако, несмотря на все это, эволюция теоретических взглядов Л. Берталанфи подтверждает марксистское положение о том, что переход ученых на позиции диалектического материализма является объективной и неодолимой тенденцией, вы-

¹ L. von Bertalanffy. Auf den Pfaden des Lebens, S. 235.

² Ibid., S. 231.

³ Ibid., S. 195.

растающей из внутренних потребностей самой развивающейся науки.

Ученые-биологи стран социалистической системы образуют многочисленную группу естествоиспытателей, сознательно идущих по линии применения методологии диалектического материализма. Это плодотворное сотрудничество демонстрирует перед лицом ученых всего мира те огромные возможности, которые открывает перед развивающейся наукой творческое осуществление ленинского завета о необходимости всемерного укрепления творческого союза естествоиспытателей и философов-марксистов.

По этому пути следуют и наиболее передовые ученые-биологи в капиталистических странах (Дж. Бернал, Дж. Холдейн и др.). Число прогрессивных ученых, открыто переходящих на сторону марксистской философии, растет и будет расти, ибо этот путь является единственным путем, соответствующим объективным потребностям развития естествознания.

Л. А. ЕРМОЛОВА

О ПРИРОДЕ ЖИВОГО

Проблема сущности жизни — одна из самых трудных и, несомненно, самых актуальных проблем современной биологии. Выяснение природы живого предполагает установление не только общего между живым и неживым, но и того особенного, что их отличает, раскрытие качественной специфики живого, решение вопроса о происхождении жизни, проблемы синтеза живого. Только тогда, когда мы сможем создать живое в эксперименте, можно будет утверждать, что его сущность вскрыта, понята. Так, Ф. Энгельс пишет, что «если химии удастся изготовить... белок... то диалектический переход будет здесь доказан также и реально, т. е. целиком и полностью. До тех пор дело остается в области мышления, *alias* гипотезы»¹.

Здесь — океан гипотез, постоянное столкновение материалистического и идеалистического подходов. Идеалисты видят сущность жизни не в материальных явлениях, а в духовном — в «жизненной силе», «энтелехнии», «доминанте». Материалисты прошлого подходили к решению проблемы с правильных позиций, но низкий уровень развития естественных наук не позволил им достигнуть научного понимания природы живого. Большинство из них отождествляли живой организм со сложным механизмом (Ламеттри и др.). И методологическая слабость этих

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 571.

теорий была результатом, в частности, и недостаточного развития естественных наук. Отсутствие удовлетворительного ответа на вопрос о природе живого оставляло лазейку для идеализма, спекулировавшего, как правило, на трудностях в развитии науки.

Научное, диалектико-материалистическое определение жизни дал Ф. Энгельс, учтя и обобщив новейшие открытия в области естественных наук. *«Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел»*¹.

Единая проблема жизни имеет две стороны: вопрос о материальном субстрате живого и о специфике той формы движения, которая характерна для данного материального субстрата. Перефразируя известную мысль В. И. Ленина, можно сказать, что материальный носитель жизни не может существовать иначе как в движении. Жизнь не есть статическое состояние, она — «сам себя осуществляющий перманентный химический процесс...»².

Стремительное развитие естествознания, в том числе всего комплекса биологических наук, поставило во весь рост вопрос о природе живого, сделав его «проблемой № 1» в биологии. Над решением этой задачи работают большие коллективы ученых. Данные вирусологии, молекулярной биологии, биохимии, современной генетики и других наук дают богатейший экспериментальный материал, позволяющий вскрыть глубокие закономерности жизни. По мнению многих ученых, наука уже близка к тому рубежу, где осуществляется скачок от неживого к живому.

В биологии создалась такая ситуация, когда ряд открытий последнего времени вызвал подлинный революционный переворот в науке. Это связано прежде всего с установлением важной роли нуклеиновых кислот в осуществлении жизненных функций. Ценнейший материал для анализа роли дезоксирибонуклеиновой (ДНК), рибонуклеиновой (РНК) кислот и белков предоставляет современная вирусология. «...Вирусы дают нам единственный в своем роде ключ к пониманию функции нуклеино-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 82.

² Там же, стр. 571.

вой кислоты, а возможно, и к пониманию природы самой жизни»¹. Наука о вирусах не только помогла раскрыть огромную роль нуклеиновых кислот в биосинтезе белков, но и заставила поставить древнюю загадку жизни в несколько ином аспекте: что такое вирус? Существо или вещество? Живое или неживое?

Современное естествознание не может предложить однозначного ответа на вопрос о происхождении вирусов. Утверждается, например, что вирусы не являются результатом эволюционного развития, что их происхождение носит эндогенный характер. Вирусы — частица вещества, образующаяся в самом организме в результате того или иного отрицательного влияния со стороны внешних условий. Считают также, что предками вирусов были очень простые, но более сложные, чем вирусы, живые существа типа бактерий или простейших. Эти живые существа обладали запасом различных ферментов, при помощи которых синтезировались необходимые органические вещества. Но в силу определенных причин, приспособляясь к паразитическому существованию в организме и получая органические вещества в готовом виде, они теряли способность их синтезировать. Осуществилось превращение паразитирующих организмов в вирусные частицы.

Есть и другая, более распространенная гипотеза, которая сводится к тому, что вирус — «потомок самых примитивных форм жизни». Эту гипотезу разделяют В. М. Жданов и др., считающие, что вирусы — это возникшие до клеток, а затем приспособившиеся к паразитированию внутри них частицы².

Итак, есть ученые, считающие, что вирус никак не укладывается в эволюционное развитие материи. Это точка зрения тех, кто вообще не считает вирус живым (академик А. И. Опарин). Вирусологи же (В. Л. Рыжков, В. М. Жданов) считают правильной гипотезу, утверждающую эволюционное происхождение вирусов. На наш взгляд, правы те, кто рассматривает вирусные частицы как результат длительной эволюции органической материи.

¹ У. Стэнли, Э. Вэлленс. Вирусы и природа жизни. М., ИЛ, 1963, стр. 228.

² См. Ф. И. Ершов. Проблема «вирус—клетка». М., «Знание», 1963.

Химически относительно простые вирусы, например вирус табачной мозаики (ВТМ) — «дедушка всех вирусов», как его называет Стэнли, — суть нуклеопротеиды, т. е. сложные соединения белка и нуклеиновой кислоты. Нуклеиновая кислота и белок вируса образуют строго упорядоченную систему, в которой на долю каждого элемента выпадает выполнение точно определенных функций. Белок, образуя оболочку, как панцирем окружающую нуклеиновую кислоту, осуществляет прежде всего защитную функцию. Тело вируса составляет нуклеиновая кислота. Существуют также вирусы животных, человека, которые имеют более сложное строение. Кроме белка и нуклеиновой кислоты они включают в себя углеводы, липоиды, ферменты; можно обнаружить даже сочетания обеих кислот — ДНК и РНК. Некоторые вирусы, например бактериофаги, имеют специализированные структуры — хвостовой отросток и отходящие от него «усики», «жгутики».

В свободном состоянии, вне клетки, у вируса не обнаруживаются никаких признаков жизни. Он «оживает», только проникнув в ту или иную восприимчивую клетку: начинает размножаться, расти, передает по наследству свои признаки, обладает специфическим обменом веществ, т. е. всем вирусам, находящимся в клетке хозяина, присущи признаки, которые характеризуют живое. Один из крупных вирусологов В. Л. Рыжков называет вирус вне клетки «вироспорой», подчеркивая этим, что вирусы только временно находятся в «жизнеспособном» состоянии, но, попав в благоприятные условия, они, как бы пробуждаясь от «спячки», начинают проявлять все названные признаки.

Процесс репродукции вируса, активный период его жизни, изучен на бактериофагах, вирусах бактерий. Бактериофаг прикрепляется к поверхности клетки своим хвостовым отростком. Затем вирусная частица, просверлив отверстие в клеточной оболочке, сокращением «хвоста» впрыскивает ДНК внутрь клетки хозяина. В клетку проникает только нуклеиновая кислота, а белковая оболочка остается за пределами клетки. Многие вирусологи, однако, допускают, что в клетку попадает также небольшое количество белка. Как только вирус проникает в клетку, возникает, как считает В. М. Жданов, фактически новое образование: система вирус—клетка. Отно-

шения вируса и клетки в высшей степени сложны и еще не совсем изучены. Выделяют следующие этапы в развитии этих отношений: 1) проникновение вирусной частицы в клетку и синтез в ней ферментов, нужных вирусу; 2) перестройка обмена веществ клетки хозяина; 3) синтез белка и нуклеиновой кислоты вируса; 4) синтез, «сборка» вирусных «деталей» и выход вируса из клетки.

Вирус проникает в клетку, пользуясь «гостеприимством» клетки-хозяина. Клетка «помогает» вирусу проникнуть в самое себя, она «раздевает» вирус, продуцируя с этой целью особый фермент, специально вырабатываемый в момент проникновения вируса. В. М. Жданов считает, что система вирус — клетка — это фактически новый организм, в котором есть клеточные ферменты и вирус, дающий программу их действия. Здесь осуществляется синтез ранних белков ферментов: белка, прекращающего синтез клеточной РНК, фермента, останавливающего синтез клеточного белка, и, наконец, образуется белок, обеспечивающий репликацию вирусных белков. Индуцированные вирусом ферменты блокируют нуклеиновые кислоты клетки. Дизъюнктивный тип размножения, осуществление обмена веществ с помощью «чужих» ферментов — все это ставит вирус в разряд особой группы живых существ.

Изучение вирусов помогает понять структуру и функцию нуклеиновой кислоты и генетически связанного с ней белка. Еще в 1956 г. было обнаружено, что действие белком ВТМ на растение не вызывает никаких заболеваний, аналогичное же действие нуклеиновой кислоты приводит к табачной болезни. Одна нуклеиновая кислота была причиной выработки полноценных вирусных частиц. Френкель-Конрат соединил нуклеиновую кислоту одного вируса с белком вируса другого штамма. Гибридный вирус обладал свойствами той вирусной частицы, из которой была взята РНК. Альфред Д. Херши и Марта Чейз в 1952 г. в опыте с использованием радиоактивного фосфора и серы доказали экспериментально, что в бактериальную клетку проникает лишь одна ДНК, белковая же оболочка вируса остается за пределами клетки. И даже в том случае, если вирусная частица, как например вирус оспы, целиком проникает в клетку, белок разрушается ферментами клетки и создается заново. Эти и

другие аналогичные эксперименты убедительно доказали, что нуклеиновые кислоты оказывают решающее влияние на синтез новых вирусных частиц, именно они ведают репродукцией (воспроизведением) вирусов.

Какова же природа самих вирусов?

Те, кто считают вирус молекулой, ссылаются на отсутствие у него самостоятельного обмена веществ, на отсутствие у вирусов видимых признаков жизни вне клетки-хозяина. Да, мы действительно не умеем еще выращивать вирусы вне клетки. Мы еще очень плохо знаем те условия, которые необходимы для проявления белковым телом своих свойств. Но вирусы с успехом культивируются в культурах тканей, а последние — искусственные условия для вируса.

Утверждение, что вирус не обладает самостоятельным обменом веществ, требует уточнения. В 1946 г. Сеймур С. Коэн (Пенсильванский университет), а в 1949 г. советский вирусолог В. Л. Рыжков доказали в опытах с радиоактивным фосфором, что вирусные частицы строят себя из тех веществ, которыми располагает клетка.

В пользу живой природы вирусов говорит их способность мутировать. В 1960 г. у ВТМ впервые удалось получить искусственным путем наследственное изменение. Мутации приводят к возникновению новых вирусных штаммов, к изменению прежних признаков вирусных частиц. Вместе с тем, следует отметить, что к изменению свойств вирусных частиц приводит не только мутация, но и генетическая рекомбинация, возникающая в результате «копирования с переменной матриц» (У. Стэнли).

В рассматриваемом споре немаловажным аргументом может быть аналогия между вироспорой и состоянием анабиоза, которую приводит академик М. Ф. Гудый. Под анабиозом понимается такое состояние организма, при котором жизненные процессы настолько приостановлены, что отсутствуют все видимые проявления жизни (А. М. Голдовский). Организм находится в состоянии «скрытой жизни». Анабиоз — не смерть организма. По этому поводу очень удачно в одной из последних работ говорит академик А. И. Опарин: «Состояние анабиоза широко распространено в живой природе. Оно принципиально отличается от смерти тем, что при гибели организма многие реакции обмена сохраняют или даже

увеличивают свою скорость, но их согласованность нарушается.

Напротив, при анабиозе, например при обезвоживании клетки или при ее глубоком охлаждении, взаимосогласованность реакций обмена сохраняется, но все они постепенно и равномерно снижают свою скорость практически до нуля»¹. Анабиоз — это состояние высокой согласованности реакций обмена. Поэтому если под обменом веществ понимать единство ассимиляции и диссимиляции, то анабиоз есть обмен веществ особого типа. Состояние вирусов вне клетки хозяина и есть, по-видимому, состояние полного анабиоза, и искать здесь бурный обменный процесс просто не логично. В вироспоре или внутри любой живой системы, находящейся в состоянии анабиоза, обменные процессы идут внутри этой споры или системы.

Понимание природы вирусов вне клетки будет более ясным, если вспомнить мысль В. И. Ленина, высказанную им в «Философских тетрадах» о сущности диалектического перехода. Диалектический переход отличается от недиалектического, считает В. И. Ленин, скачком, противоречивостью, перерывом постепенности, тождеством бытия и небытия. Вот таким тождеством бытия и небытия и является то состояние вирусов (как и анабиоз вообще), в котором они находятся вне клетки организма.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что вирусы — это особый вид живых существ, которым присущ дизъюнктивный тип размножения и наличие активного обмена веществ в теле хозяина. Вирусы — простейшие живые существа, «сумеречная зона жизни». Но если это так, то и обмен у них должен быть особым, элементарным.

Изучение природы вирусов заставляет по-новому поставить вопрос о материальном носителе живого. Ф. Энгельс, как известно, материальным носителем жизни считал белковое тело, причем под белковым телом он понимал сложные белковые комплексы, т. е. протеиды. Энгельс говорит о белке, постоянно подчеркивая недостаточность естественнонаучных данных о его структуре,

¹ А. И. Опарин. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 162.

строении и свойствах. В настоящее время накопление естественнонаучных данных позволяет уточнить, конкретизировать представления о материальном субстрате жизни: если Энгельс говорил о белковом теле вообще, то сейчас следует говорить о нуклеопротеиде.

В самом деле, вирус — элементарнейшая форма жизни, химически — нуклеопротеид, следовательно, материальным субстратом живого является сложное соединение белка и нуклеиновой кислоты. Но жизнь возникает и может существовать только при наличии соответствующих условий. Поэтому изолированный вирус, нуклеопротеид, не проявляет видимых признаков жизни. Белковое тело само по себе не является еще живым. Живым оно становится только при наличии определенных условий, только в единстве с окружающей средой. Поэтому нуклеопротеид, взятый отдельно, не является живым.

Те, кто пытаются отрицать роль нуклеиновых кислот и по-прежнему настаивают на том, что лишь белок является носителем жизни, всячески ссылаются на белые пятна, которые имеются в изучении ДНК. Конечно, анализ природы нуклеиновых кислот только начался. Однако уже сейчас ясно, что отождествление носителя жизни с одним белком неверно.

В настоящее время принято считать носителем генетической информации ДНК, обеспечивающую синтез специфических белков, «...именно нуклеиновая кислота, а не белок представляет собой генетически активный материал»¹. Составными элементами нуклеиновой кислоты являются нуклеотиды. Определенная последовательность расположения нуклеотидов, точнее нуклеотидных троек (триплетов), лежит в основе кода, регулирующего синтез белков. Установлено, что чередование триплетов вызывает чередование аминокислот в молекуле белка. Больше того, уже дешифрованы триплеты, соответствующие аминокислотам белка. Процесс белкового синтеза рассматривается, таким образом, как сложный многоэтапный процесс реализации генетической информации, передаваемой с молекул ДНК.

Стало известно, что для биосинтеза белка необходимы различного рода ферменты и РНК трех типов: «тран-

¹ У. Стэнли, Э. Вэлленс. Вирусы и природа жизни, стр. 216.

спортная», низкомолекулярная РНК; высокомолекулярная рибосомная РНК, функция ее еще не полностью изучена; наконец, информационная РНК (И-РНК). При этом различные участки молекулы ДНК структурно и функционально неоднородны. Основную роль в программировании белкового синтеза играет так называемый «структурный цистрон», на котором осуществляется образование молекул И-РНК. Функция двух других генов — «цистрона оператора» и «цистрона регулятора» — состоит в регулировании синтеза молекул И-РНК. От внеядерных клеточных элементов посылается необходимая информация, в результате действия которой создается возможность для синтеза информационной РНК на «структурных цистронах» ДНК. Естественно, что сложный механизм биосинтеза белков, механизм клеточной регуляции не до конца еще ясен. Но одно твердо установлено: биосинтез белков протекает при самом активном участии нуклеиновых кислот разных типов.

Однако отождествлять материальный носитель жизни только с нуклеиновой кислотой вряд ли правомерно. Признавая решающую роль нуклеиновых кислот в биосинтезе белков, мы не можем называть только нуклеиновые кислоты субстратом живого. Нуклеиновая кислота в чистом виде есть мертвое химическое вещество. Она становится решающей в отправлении жизненных функций только вместе с белками, углеводами, липоидами, т. е. там, где имеются все необходимые компоненты для осуществления жизни.

Необоснованными являются и заявления тех, кто утверждает, что материальным носителем жизни является не белок (или белковое тело), а протоплазма (или клетка в целом). Во-первых, в данном положении совершенно безоговорочно выносится за пределы живого все, что не достигло клеточного уровня организации. Во-вторых, нельзя на том основании, что белок и нуклеиновые кислоты проявляют свои свойства только при наличии других веществ — углеводов, липоидов и т. д. — ставить протенды в один ряд с другими жизненно важными химическими соединениями. Такой подход напоминает нам распространенную раньше в социологии и давно опровергнутую «теорию факторов». Действительно, протеиды, в частности нуклеопротеиды, могут существовать и функционировать только при наличии соответствующих

условий. Но сами они являются тем основным материальным образованием, существование которого свидетельствует о возникновении нового качественного состояния материи — жизни.

Жизнь — это внутреннее состояние белковых тел. Поэтому, на наш взгляд, определение жизни, данное Ф. Энгельсом, сохраняет свою силу, с обязательным уточнением, что под белковым телом как материальным субстратом живого в земных условиях мы понимаем в настоящее время нуклеопротеид. Отличительной особенностью белковых тел как носителей жизни Энгельс считал их способность к самообновлению и самовоспроизведению. В живом теле обмен веществ совершается самими белковыми телами в силу их особой организации. Обмен веществ — это «самосовершенствующийся процесс, внутренне присущий, прирожденный своему носителю — белку, процесс, без которого белок не может существовать»¹. Таким образом, обмен веществ — это не просто один из многочисленных признаков живого. Он прирожден своему материальному носителю, есть его внутреннее состояние, его атрибут.

Следует, на наш взгляд, уточнить понятия «элементарная клеточка» живого и «материальный носитель» живого. Эти понятия не тождественны. Материальный носитель жизни — это те материальные образования (в земных условиях — нуклеопротеиды), которые предоставляют необходимые, но не достаточные условия для осуществления процесса самообновления. «Элементарная» же клеточка живого есть особым образом организованная система, в которую входит материальный носитель и специфическая для него внутренняя среда. В этом смысле «элементарной клеточкой» живого можно назвать вирусы, находящиеся в клетке хозяина.

Живое — это не только специфическая структура, но и особым образом организованная система, специфичность которой, на наш взгляд, состоит в том, что она характеризуется, с одной стороны, ярко выраженной пространственной ограниченностью, а с другой — внутренней функциональной зависимостью от внешней среды. Жизнь — процесс, внутреннее состояние. Живое до тех пор живое, пока оно относится к внешнему, организуя

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 83.

его и самое себя. Если это отношение исчезает, вернее приобретает иной характер, меняется и характер живого (например, анабиоз, споры).

Отсюда следует, что понятие «элементарной клеточки» живого должно быть гибким, подвижным. «Элементарная клеточка» живого имеет место там, где вступают в особый тип взаимодействия «материальный носитель живого» и организованная им внутренняя среда.

В настоящее время все чаще можно встретить заявления, согласно которым обмен веществ не является обязательным, определяющим признаком живого, его критерием. Так, И. С. Шкловский в книге «Вселенная, Жизнь, Разум» пишет: «Однако вопрос о том, можно ли сводить сущность жизни прежде всего к обмену веществ, является спорным»¹. Некоторые вирусологи и философы, ссылаясь на вирусы и анабиоз, также отказываются считать обмен веществ обязательным признаком живого, признаком, носящим атрибутивный характер.

Эти положения представляются нам неверными. Явление анабиоза заставляет более глубоко изучать обмен веществ, а не рассматривать его в качестве второстепенного признака живого. Состояние анабиоза, состояние вироспоры есть особое, в высшей степени тонкое, присущее только живому, приспособление организма к неблагоприятным условиям существования. В связи с этим меняется и характер обмена. Еще Энгельс отмечал, что обмен веществ живых систем носит приспособительный характер. Обмен с окружающей средой, свойственный неживой материи, качественно отличен от обменных процессов, характеризующих жизнь. Если результатом первого является разрушение объекта, то обмен веществ в живой системе — основное условие ее существования. Изолированное от окружающих условий живое немыслимо. Если состояние анабиоза — это не смерть организма, то нельзя отрицать его единство с окружающей средой. Вот почему мы не согласны с А. М. Голдовским, когда он пишет, что состояние анабиоза свидетельствует о разрыве между внешней средой и организмом². Явление анабиоза — это особый тип связи организма со средой, а не их «разрыв».

¹ И. С. Шкловский. Вселенная. Жизнь, Разум. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 107—108.

² «Журнал общей биологии», 1963, № 2.

Обмен веществ представляет собой специфически биологическую форму движения материи. Понимаемый как внутреннее состояние живого, заключающееся в постоянном самообновлении белковых тел, он есть определяющий признак жизни.

Сущность живого не может быть понята без анализа соотношения структуры и функции. В последнее время уделяется все большее внимание философскому осмыслению этих категорий. Явление анабиоза и вироспор дает в этом отношении много интересного материала, свидетельствует о глубоком, внутреннем единстве структуры и функции. Основная функция вироспоры и организма в состоянии анабиоза направлена на поддержание жизнеспособности в очень неблагоприятных условиях, на сохранение необходимой структуры. Нужно помнить, что нет нефункционирующей структуры, как нет и функции без структуры. И загадка жизни безусловно связана с определенной структурой, организацией. Поэтому мы полностью согласны с В. И. Свидерским, когда он пишет: «...если Энгельс в своем известном определении сущности жизни как способа существования белковых тел, основанного на самовосстановлении химического состава тел в процессе обмена веществ живого тела с окружающей средой, акцентировал внимание на одной стороне процесса жизни — на воспроизводстве элементов живого вещества, то в современных представлениях о жизни оттеняется особая роль другой стороны — структуры и ее воспроизведение как характерный признак процессов жизни»¹.

В данной статье нет возможности подвергнуть специальному анализу категории структуры и функции. Нам хочется только подчеркнуть, что функции живого могут проявляться только при наличии особой, специфической структуры.

В последнее время выдвигается требование дать новое, более общее понятие жизни². Так, академик А. Н. Колмогоров пишет: «Определение жизни как «особой формы существования белковых тел» (Энгельс) было прогрессивно и правильно, пока мы имели дело только с конкретными формами жизни, развившимися

¹ В. И. Свидерский. О диалектике элементов и структуры. М., Соцэкгиз, 1962, стр. 198.

² См. об этом также дискуссию в журнале «Природа», 1965, № 5.

на Земле»¹. Академик А. Н. Колмогоров предлагает более широкое определение понятию «жизнь», которое охватывало бы все другие возможные формы жизни. Необходимость выработки общего определения, включающее в себя все богатство «частных» определений, оправдана. Однако определение понятия «жизнь» должно отвечать требованиям диалектической логики. В таком случае оно по типу не будет отличаться от определения Энгельса, но наполняется новым содержанием.

Некоторые ученые считают, что возникает настоятельная потребность дать такое определение понятия «жизнь», которое не было бы связано с гипотезами о конкретных физических процессах, лежащих в ее основе, что необходимо дать чисто функциональное определение. Так, А. А. Ляпунов выдвигает идею о том, что управление, понимаемое в широком, кибернетическом смысле, является самым характерным свойством жизни безотносительно к ее конкретным формам. Исходя из этого, он дает следующее, «функциональное», определение живого: жизнь — «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул»². Вряд ли можно считать управление главным, определяющим признаком живого. В этом вопросе, на наш взгляд, прав проф. Скабичевский, когда он пишет, что управление не есть существенный признак живого. Управление — кибернетическое понятие, и в переводе на язык биологии оно означает не более как принцип регуляции. Определяя жизнь как способ существования белковых тел, характеризующихся постоянным самообновлением, Энгельс регуляцию и саморегуляцию рассматривает как частный случай самообновления.

Необходимость более широкого определения живого обосновывается часто тем соображением, что на других планетах возможна жизнь, возникшая не на белковой основе. Относясь серьезно к этому заявлению, тем не менее необходимо обратить внимание на доказательства и аргументы тех естествоиспытателей, которые считают,

¹ Сб. «Возможное и невозможное в кибернетике». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 10.

² Цит. по кн.: И. С. Шкловский. Вселенная, Жизнь, Разум, стр. 112.

что жизнь могла возникнуть и существовать только на белковой основе.

Так, Дж. Уолд в очень интересной и содержательной статье «Почему живое вещество базируется на элементах второго и третьего периодов периодической системы? Почему фосфор и сера способны к образованию макроэргических связей?» пишет: «... нужно, я полагаю, учитывать, что для организмов возможности выбора были очень ограничены, так что в большинстве случаев они вынуждены были сделать именно тот выбор, который они сделали. По этой причине я полагаю, что не только химические элементы, но и химическая конституция организмов одинакова во всей Вселенной»¹.

Часто приходят к выводу, что на других планетах жизнь возможна на кремниевой основе. Дж. Уолд считает, что кремний непригоден в качестве основы для формирования организмов. «... Я не могу представить себе вообще жизнь без воды и сколько-нибудь высокое развитие ее без кислорода: но это а priori исключает возможность того, чтобы химический состав живых организмов базировался на кремнии»². Не только Дж. Уолд, но и другие ученые приходят к выводу, что «во всей Вселенной жизнь представлена белковой протоплазмой»³. Другие, не белковые, формы жизни не известны. «На глубину в 6 млрд. световых лет,—пишем А. М. Эмме,—проник человек своими приборами во Вселенную и пришел к выводу, что она состоит из одного и того же «теста», причем всюду сохраняется одинаковое количественное соотношение элементов»⁴.

Таким образом, если рассуждения о внеземной, устроенной иначе жизни носят абстрактный характер, то анализ конкретных свойств химических веществ, известных в настоящий период, приводит к выводу, что жизнь химически однотипна. Но даже если возможность небелковой жизни есть, то требование, направленное на «переоценку ценностей», следует осуществлять очень осторожно, так как стремление дать новое, функциональное, определение жизни приводит к большой теоретической путанице. Ибо определения живого «расширяются» та-

¹ Сб. «Горизонты биохимии». М., «Мир», 1964, стр. 102—103.

² Там же, стр. 105.

³ Сб. «О сущности жизни». М., «Наука», 1964, стр. 279.

⁴ Там же.

ким образом, что «живыми» становятся машины, а человек — «самой совершенной кибернетической машиной, в построение которой программа заложена генетически»¹.

Нельзя согласиться также с распространенным сейчас мнением, когда утверждается, что «моделирование способа организации материальной системы не может заключаться ни в чем ином, как в создании из других материальных элементов новой системы, обладающей в существенных чертах той же организацией, как и система моделируемая. Поэтому достаточно полная модель живого существа по справедливости должна называться живым существом, модель мыслящего существа — мыслящим существом»².

Гносеологическая роль модели, как известно, заключается в том, что при помощи моделирования интересующих нас сторон и связей объекта создается возможность более глубокого их изучения. Однако по своему существу модель никогда не может превратиться в моделируемый объект. Да такую задачу было бы неправильно и ставить, ибо тогда сам процесс моделирования ничем не сможет помочь в изучении объекта, так как модель по своей сложности будет такой же, как и объект. Смысл моделирования как раз и заключается в воссоздании искусственно интересующих нас сторон объекта, а не самого объекта. Полностью «моделировать» какой-либо объект так, чтобы модель ничем не отличалась от него, вообще невозможно, и вовсе не потому, что какие-то стороны объекта принципиально непознаваемы, а потому, что сам объект неисчерпаем, имеет бесконечное множество сторон и отношений.

Это не значит, что наука никогда не сможет создать искусственно живое, а в дальнейшем, возможно, и организмы. Однако процесс искусственного воспроизведения жизни существенно отличается от процесса моделирования прежде всего тем, что при этом необходимо будет воссоздать материальный субстрат живого и, на основе биологических закономерностей, — структуру живого. Но это уже не модель, а новый объект, который, в свою очередь, можно моделировать. Представлять же дело

¹ А. Н. Колмогоров. Жизнь и мышление как особые формы существования материи. В сб.: «О сущности жизни», стр. 52.

² Там же.

таким образом, будто модель мыслящего существа, пусть даже самая сложная электронная машина, «превратится» в моделируемый объект, значит полностью абстрагироваться от реальных и весьма существенных различий по материальному субстрату. Только став на позиции эволюционного происхождения жизни, постепенного усложнения неживой, неорганической материи, мы сможем понять ее сущность.

Большим завоеванием в науке является теория академика А. И. Опарина о происхождении жизни. Согласно этой теории, жизнь в своем развитии прошла три этапа. Первый этап — возникновение наиболее примитивных органических соединений, углеводов и цианидов. На этом же этапе из простейших органических соединений углеводов образуются различные соединения кислородных, азотистых, фосфористых и других производных, со сравнительно небольшим молекулярным весом.

Второй этап представляет дальнейшее усложнение этих соединений, которое связано с последовательным увеличением их молекул путем полимеризации и конденсации в водах первичных морей и океанов. Образуется первичный бульон, в котором возникают соединения, подобные белкам, нуклеиновым кислотам и другим сложным органическим веществам. Белков, нуклеиновых кислот как таковых еще нет, утверждает А. И. Опарин.

Третий этап — это формирование в земной гидросфере многомолекулярных систем, которые возникают путем объединения различных органических высокомолекулярных веществ. Надмолекулярные комплексы, соединяясь, образуют коацерватные капли, которые отделяются от окружающей среды, противопоставляют тем самым себя ей. Взаимодействуют эти надмолекулярные комплексы с окружающей средой по типу открытых систем. Взаимодействие коацерватных капель, или коацерватов, осуществляется путем сложных реакций, которые, сочетаясь между собой, в конечном счете приводят к росту коацерватных капель, к их количественному увеличению и дроблению. В результате естественного отбора более устойчивые, устанавливающие более тонкие связи с окружающей средой коацерватные капли «выживают» и совершенствуются, приспосабливаясь к осуществлению определенных жизненных функций, к постоян-

ному самосохранению всей системы в данных условиях¹.

Академик А. И. Опарин считает, что такая эволюция органических веществ могла осуществляться и на других небесных телах, но так как там были иные условия, то, естественно, могли быть и очень сильные отклонения; в конечном счете эти отклонения могли дать жизнь с другими свойствами, другими характеристиками и даже на другой основе.

Решающим в возникновении живого был, согласно теории А. И. Опарина, третий этап. Его характеристика подвергается наибольшей критике в литературе (А. С. Конникова, М. Г. Крицман, Э. Чаргафф и др.). В качестве одного из слабых мест в теории А. И. Опарина отмечается действие естественного отбора на том уровне, когда живые системы еще не возникают. В самом деле, коацерватные капли еще не являются живыми, а среди них уже начинает действовать естественный отбор, который имеет место там, где существует биологическая форма движения материи, жизнь.

Ученые, возражающие А. И. Опарину, выдвигают иную теорию происхождения жизни. В частности, выдвигается положение, что коацерватные капли, которые были как бы скачком от неживого к живому, слишком сложны по сравнению с теми структурами, которые современная вирусология рассматривает как живые. Речь идет в первую очередь о вирусах. Белки и нуклеиновые кислоты, по мнению А. И. Опарина, возникают только в коацерватных каплях, причем на определенном уровне, когда коацерваты превращаются в живые системы. А. С. Конникова, М. Г. Крицман и др. считают, что возможно возникновение нуклеиновых кислот и белков абиогенным путем, не в коацерватных каплях, независимо от живых систем. Усложнение материи, отмечает А. С. Конникова, резко обрывается, согласно теории А. И. Опарина, после возникновения белков и нуклеотидов.

Ряд ученых (А. С. Конникова и др.) придерживается так называемой теории «живой молекулы». Считают, что в первичном растворе органических веществ случайно возникает нуклеиновая кислота, которая может осуществ-

¹ См. А. И. Опарин. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие.

влять процессы авторепродукции, деления, размножения, свойственные только живому. Поэтому «живой молекулой» является молекула нуклеиновой кислоты. Нуклеопротеиды и вирусы — первичные живые существа, возникшие на стадии перехода химической формы движения материи в биологическую. Однако прав А. И. Опарин, говоря, что авторепродукция нуклеиновых кислот, их информационная функция вне связи с белками, вне живой системы не имеет смысла. Поэтому сами по себе нуклеиновые кислоты, вне системной связи с белками, не могли возникнуть. Информационная функция нуклеиновых кислот приобретает «смысл» только при условии, что имеют место и вместе с ними существуют белки, ибо вся информация предназначена для построения белковых молекул.

В этом отношении более логичны рассуждения А. И. Опарина о том, что коацерватная система вначале представляла собой комплекс не настоящих белков и нуклеиновых кислот; но, развиваясь, она начинает совершенствовать свою структуру, что приводит к образованию истинных белков и нуклеиновых кислот.

Жизнь всегда возникает там, где имеются соответствующие условия, говорит Энгельс. В изолированном виде нуклеопротеид не является живым. Говоря о живой молекуле, о нуклеопротеиде, мы не можем допустить мысли, что эта «живая молекула» возникает в единственном числе независимо от соответствующих условий. Если бы даже «вдруг» такая живая молекула возникла, она не могла бы «выжить», потому что для этого не было бы соответствующих условий. По теории же академика А. И. Опарина, коацерватные капли — это ограниченные от окружающих условий отдельные системы с более благоприятными условиями для развития. Они представляют собой концентрированные соединения органических веществ, где более вероятно создание благоприятных условий для развития живого.

Сущность живого может быть понята только в том случае, если жизнь будет рассматриваться нами в процессе своего становления, развития. Отдельные этапы в развитии материи различаются степенью сложности организации, структурностью. Усложнение организации материи означает совершенствование всех ее свойств.

Атрибутивным признаком материи является заложенное в ее фундаменте свойство отражения. Его можно определить как присущую всей материи во всех ее формах способность адекватно изменяться при воздействии. «Хотя отражение есть свойство, присущее всей материи, но форма отражения зависит от качественного различия форм движения материи. Отражение проявляется в способности каждого материального тела отвечать на внешние воздействия в соответствии с характером этого воздействия и природой тела»¹. Усложняющиеся структуры более адекватно, более глубоко и всесторонне отражают внешние по отношению к ним системы. Поэтому верным, на наш взгляд, является утверждение, что «повышение активности отражения, а также степени его адекватности можно рассматривать... в качестве основных объективных критериев прогрессивности той или иной формы отражения по отношению к другим формам, отличия высших форм отражения от низших»².

Понять природу, становление и специфику живого можно при условии глубокого анализа ленинского положения об отражении. В самом деле, живое — особая система, специфичность которой состоит в качественно новом взаимодействии с окружающей средой. Если понимать отражение как внутреннее состояние вещей, объектов, то это снимает трудность, в объяснении с позиций теории А. И. Опарина, наличия естественного отбора на уровне коацерватных капель. В самом деле, естественный отбор коацерватов представляет собой отбор по степени адекватности и всесторонности отражения внешних воздействий.

Препятствия в понимании природы живого вызываются не только отсутствием достаточных экспериментальных данных, но и подчас неправильным методологическим подходом к объяснению жизни. Поэтому только союз марксистско-ленинской философии и естествознания поможет разобраться в одной из фундаментальных проблем современной науки.

¹ Н. Н. Ладыгина-Котс. Развитие психики в процессе эволюции организмов. М., «Советская наука», 1958, стр. 5.

² «Вопросы философии», 1964, № 10, стр. 27.

В. М. ФЕДОРОВ

ПРОБЛЕМА ЦЕЛОСТНОСТИ ОРГАНИЗМА

В последнее время в связи с крупными успехами в биохимических исследованиях живого и в кибернетическом моделировании выявились новые существенные признаки целостности организма, позволяющие более глубоко раскрыть ее сущность как одной из основных черт живого. Чтобы оценить значение этих новых признаков, необходимо рассмотреть развитие понятия целостности в истории биологии. Такой подход одновременно представляет собой и философский анализ категории целостности, поскольку соответствует единству исторического и логического путей исследования.

Представление о том, что организм (живое, биологическое) характеризуется целостностью, было исходным уже у самых первых исследователей природы. В понятие целостности вкладывалось два момента, непосредственно доступных эмпирическому наблюдению. Во-первых, под целостностью понималась способность организма оставаться целым, цельным, тождественным самому себе определенным индивидуумом в различных изменяющихся условиях внешней среды; во-вторых, способность организмов быть приспособленными к среде, т. е. быть целесообразными. Между этими двумя моментами, сторонами целостности существует непосредственная связь: для того чтобы быть целым, организм должен быть целесообразно приспособлен к среде, и наоборот. Понятие целостности, таким образом, оказывается основополагающим понятием биологии.

Эти два момента целостности необходимо постоянно иметь в виду, поскольку различные теории целостности организмов выдвигают на первый план или один из них в качестве определяющего целостность, или специфическое взаимоотношение этих моментов.

При самом первом, приближенном подходе кажется, что целесообразность представляет собой наиболее очевидную специфическую черту организмов, выделяющую их из всей остальной природы, в то время как цельность присуща и органическому, и неорганическому миру. Поэтому сущностью живого при таком подходе оказывается целесообразность. В истории биологии исследование целостности организмов прежде всего было направлено на выяснение происхождения и сущности целесообразности, что привело к появлению многочисленных как материалистических, так и идеалистических концепций.

В основе идеалистических взглядов лежало представление о том, что целесообразность организмов обусловлена существованием особой нематериальной субстанции — души. Душа формирует и изменяет тело, согласовывает работу его частей, объединяет их в целое и обеспечивает приспособление организма к среде, но сама она не зависит от тела и неизменна. В этих представлениях целостность организмов объяснялась односторонним влиянием души на тело, приматом души над телом. Такие взгляды господствовали до XVIII в., хотя существовали и материалистические теории. По существу, подобные воззрения лежат в основе современных идеалистических концепций (холизм, теория эмерджентной эволюции).

Распространению идеалистических представлений способствовало отсутствие знаний о природе живого. Поэтому систематическое экспериментальное исследование биологических объектов, начавшееся в XVIII в., привело к утверждению материалистических учений о живом и вскрыло ненаучность идеалистических концепций о существовании души.

В экспериментальных работах XVIII—XIX вв. основным был аналитический метод. Организм расчленялся на части, изучалась деятельность изолированных частей, а затем пытались воссоздать деятельность всего организма в целом. Такой подход к исследованию организмов был аналогичен конструированию машин, обнаруживал

много сходных черт между машиной и организмом и приводил к представлению о том, что растения и животные являются своеобразным типом машин. Так как машины — мертвые тела, то не было никакой необходимости прибегать к помощи души для объяснения целесообразности живых тел. Целесообразность рассматривалась как результат определенной взаимосвязанной работы частей тела. Это — принципиально важное, материалистическое представление о целесообразности.

В результате основное внимание было перенесено со второго момента (целесообразности) на первый момент — целостность, т. е. на то, что организм является целым. Если в идеалистических концепциях цельность организма рассматривалась как результат целесообразности, то теперь отношение перевертывалось: целесообразность выступала как результат цельности организма. Но если целесообразность — эта специфическая черта организма — обусловлена его цельностью, то и сама цельность должна иметь специфический характер. И в самом деле, если машина в процессе работы остается неизменной, то организм изменяется, развивается, формирует новые качества. Поэтому полной аналогии между машиной и организмом нет. Следовательно, в живом теле первый момент целостности является таким же специфичным, как и второй. Причем оба взаимообусловлены: целесообразность организма достигается изменением формы и функции целого.

Однако механицизм сводит биологическую форму движения к механической. Вследствие этого он рассматривает живое таким же неизменным, как и неживое, и поэтому не может адекватно выразить специфику живого, его изменчивую целостность, не может объяснить возникновение новых качеств и тем самым целесообразность живого. Таким образом, механицизм XVIII в., поставив проблему целостности организма как проблему соотношения частей целого, сделал значительный шаг вперед, однако в силу исходных механистических представлений не смог ее разрешить.

Дальнейшее исследование должно было вскрыть ту специфику взаимодействия частей в организме, которая лежит в основе возникновения его новых качеств. Неудача механистического истолкования приводила к выводу, что указанное взаимодействие не является механиче-

ским. Но какова же его природа? Г. Дриш — основоположник витализма — пытался объяснить специфику взаимодействия в организме существованием особой нематериальной силы — энтелехии. При этом он исходил из возражений против механицизма, против сведения организмов к машине, которые в то время были выражены следующим образом: «целое (под которым подразумевался организм) больше суммы составляющих его частей»; или иначе: «целое несводимо к сумме частей».

Энтелехия, по мнению Дриша, является тем, что существует в организме сверх суммы частей, тем добавком, который делает организм чем-то бóльшим, чем сумма его частей. Так как энтелехия нематериальна, то она не может быть аналитически, экспериментально обнаружена; ее деятельность может быть постигнута только теоретическим, «синтетическим» путем. Далее, эта деятельность не может быть представлена как механическая. В связи с этим Дриш считал, что он сумел преодолеть механицизм и раскрыть специфику взаимоотношений в организме.

Однако Дриш лишь по видимости преодолевает механицизм. На самом деле он основывает свою идеалистическую концепцию на механистических представлениях, без которых она была бы невозможна, и это прежде всего выступает в его исходной формуле о том, что целое больше суммы частей. Ведь Дриш в полном соответствии с механистическими воззрениями рассматривает целое как сумму, хотя в его понимании — это сумма энтелехии и частей. Энтелехия, будучи внешней телу и независимой от него, прикладывается, прилагается к телу, суммируется с частями тела. Но вследствие этого целостность организма оказывается чем-то не существенным для частей, чем-то извне привнесенным: развитие частей обуславливается не их взаимодействием, а влиянием на них чуждого и внешнего им нематериального начала. Точно таким же образом части машины принимают определенную форму не в процессе своего взаимодействия, а под влиянием посторонней им человеческой силы. Дриш и в самом деле сравнивал действие энтелехии на организм с действием человека на машину. У Дриша, критикующего механицизм, обнаруживаются элементы механицизма.

Однако вернемся к исходному представлению Дриша о том, что одно целое (машина, мертвое тело) может рассматриваться как сумма частей, а другое целое (организм, живое тело) не сводится к сумме частей. Это исходное представление неверно в самой своей основе, ибо любое целое (в том числе и машина), в котором части находятся во взаимодействии, никогда не может быть сведено к сумме своих частей. Иначе говоря, функционирующее целое всегда больше суммы своих частей (кибернетика со всей очевидностью подтверждает это). Но раз неверно исходное положение Дриша о характере различия мертвых и живых тел, то и нельзя на его основе делать вывод о существовании энтелехии.

Позиция Дриша обусловила механистическое толкование процесса развития. В самом деле, Дриш объясняет дифференцировку частей тела в процессе развития на основе механического принципа неравномерного распределения энтелехии по различным частям организма. Однако такое объяснение не согласовывалось с некоторыми фактами, наблюдающимися в процессе развития зародыша. Было известно, что если две клетки, полученные в результате первого деления зиготы (оплодотворенной клетки), оторвать друг от друга, то из каждой разовьется нормальный организм. Первые клетки, можно сказать, тождественны зиготе. Однако клетки, возникающие на более поздних стадиях дробления, становятся все менее тождественными зиготе. Будучи изолированными, они уже не развиваются в нормальный организм.

Каким образом возможно было бы объяснить данное явление с точки зрения Дриша? С одной стороны, развитие нормальных организмов из первых двух клеток свидетельствует о том, что энтелехия распределяется равномерно по каждой клетке. Но, с другой стороны, такому представлению противоречит наблюдение над клетками более поздних стадий развития, в которые, очевидно, не попадает энтелехия, необходимая для развития их в нормальный организм. Кроме того, если энтелехия распределяется по всем клеткам, то каким образом энтелехии отдельных клеток оказываются согласованными друг с другом? Очевидно, для этого необходимо было бы предположить существование энтелехии более высокого порядка, координирующей отдельные энтелехии клеток.

Таким образом, концепция Дриша оказывается чрезвычайно противоречивой. Это обусловлено тем, что, постулируя существование особой нематериальной субстанции, он абстрагировался от реальных, материальных процессов развития. Попытка теоретическим, «синтетическим» путем найти физику биологического, объяснить возникновение жизни, не выходя из области материальных процессов организма, в результате которых возникают новые качества, порождает противоречия. Дриш, так же, как и другие организаторы, рассматривая процесс деятельности организмов, не учитывал сложности взаимодействия между частями и целым.

Из концепции Дриша вытекало, что в процессе развития различные части выполняют неравноценные функции: организующую, направляющую, организующую, другие. Вследствие этого проблема целого и части приобретает новый аспект; она может рассматриваться как сложное взаимоотношение между подчиненными частями целого.

Отчасти в этом направлении шло дальнейшее изучение концепции Дриша о существовании особой субстанции была отброшена, а в качестве организаторов развития стали рассматривать те, которые реальные процессы, наблюдаемые в развитии зародыша. На этой основе возникли теории организаторов.

Первоначально Г. Шпеман высказал предположение о том, что в качестве организующего фактора выступают взаимодействия зачатков зародыша, последовательно сменяющие друг друга. Причем в процессе взаимодействия определенные участки зародыша играют ведущую роль по отношению к другим участкам (первичные «индуцируют» развитие последних). Развитие, таким образом, рассматривалось как длинная цепь взаимосвязанных процессов организации, или индукции. К. Уоддингтон и Дж. Нидхэм дополнили теорию Шпемана

предположением о существовании особого участка тела — «организатора», выделяющего специфическое химическое вещество, которое, активно воздействуя на остальные участки зародыша, обуславливает их развитие.

Однако дальнейшие исследования показали, что процессы, выделенные Шпеманом и Нидхэмом в качестве основных, являются лишь дополнительным фактором развития. Во-первых, изменение какого-либо участка и результатов указанного взаимодействия возможно лишь при некоторой подготовленности этого участка к взаимодействию, которая возникает до и помимо этого взаимодействия. Во-вторых, было установлено, что определенный участок может развиваться в одном и том же направлении как при взаимодействии, так и в отсутствие такового, хотя в последнем случае его развитие может быть не столь полноценным, как в случае взаимодействия.

Далее, Шпеман и Нидхэм ничего не говорят о причине возникновения «первичного организатора» (самого первого процесса организации — по Шпеману, или особого участка зародыша в качестве организатора — по Нидхэму). Поэтому Чайлд совершенно справедливо указывает, что «представление Нидхэма о существовании организатора в уже готовом виде с самого начала развития предполагает наличие чего-то более или менее подобного энтелехии Дриша»¹.

Чайлд выдвигает новую концепцию организаторов. Так же, как Шпеман и Нидхэм, он исходит из предположения, что организатор должен находиться вне организуемой части и что формообразовательные процессы обусловлены некоторой разнородностью, неравноценностью клеток или участков клеток. Однако, в отличие от Шпемана и Нидхэма, он пытается найти первоначальную причину возникновения неравноценности клеток. С его точки зрения, которую он экспериментально обосновывает, такой причиной является неравномерное в количественном отношении воздействие факторов внешней среды (температуры, света и т. д.) на отдельные клетки зародыша, вследствие чего возникают участки с неодинаковой активностью физиологических, метаболических

¹ Ч. Чайлд. Роль организаторов в процессе развития. М., ИЛ, 1948, стр. 82.

процессов. Последнее приводит вначале к поляризации яйцеклетки, а затем к поляризации развивающегося из нее зародыша (головная и хвостовая части тела).

Хотя поляризация, по мнению Чайлда, не является единственным фактором дифференцировки, тем не менее именно она лежит в основе этого процесса. Так как поляризация возникает в результате неодинакового количественного влияния внешней среды и так как процессы дифференцировки обусловлены в основном степенью метаболизма, то из этого Чайлд делает вывод об определяющей роли количественного фактора в развитии: «...происходящие изменения зависят в основном от каких-то количественных различий в условиях... прямо или косвенно определяются количественными различиями в метаболизме»¹.

Однако процессы дифференциации невозможно объяснить лишь количественными факторами. Во-первых, для существования и развития организма необходимы не только определенные количественные характеристики внешних воздействий, но и определенное качество их. Даже сама поляризация возможна потому, что внешний фактор действует на такое качественно своеобразное тело, каким являются яйцеклетки или тело зародыша. Во-вторых, ряд наблюдений показывает, что процессы дифференцировки могут происходить без изменения уровня метаболической активности. Так, например, два соседних участка зародыша с одинаковой степенью метаболизма могут стать резко отличными по своему качеству. В этом случае, очевидно, дело не в количественной стороне процессов (степени метаболизма), а в качественном своеобразии метаболических процессов в каждом из двух соседних участков. Иначе говоря, существенную роль в развитии играет качественное своеобразие клеток или их групп.

Итак, в рассмотренных выше теориях организатор наделяется следующими чертами. Во-первых, он независим от организуемой части. Процесс взаимодействия осуществляется только односторонне: от организатора к организуемой части, обратного влияния на организатор не существует. Считалось, что в противном случае само понятие организатора теряет смысл. Необходимым усло-

¹ Ч. Ч ай л д. Роль организаторов в процессе развития, стр. 126.

нием независимости организатора является его существование вне организуемой части. Во-вторых, организатор оказывает однокачественное, однотипное, но различное в количественном отношении влияние на все участки тела. Как выше указывалось, обе эти черты организатора вызывают ряд возражений. Однако основное возражение сводится к тому, что рассмотренные теории не учитывают качественного своеобразия живого тела и обусловленных им особенностей процессов, происходящих в живых телах.

К числу таких особенностей относится и та, что клетки сами выступают в роли своих собственных организаторов (так как их качественное своеобразие является фактором дифференцировки). Но тогда организующий развитие фактор, во-первых, находится не вне клеток, а в них самих и, во-вторых, не может быть лишь количественно различным, однокачественным для всех клеток, но специфичен, разнокачественен для каждой клетки. Но если каждая клетка — организатор, то в этом качестве может выступить любой отдельный процесс. Поэтому, собственно, теряется понятие об организаторах. Так и случилось с теориями организаторов: каждая в качестве организатора рассматривала какой-либо частный, отдельный процесс. Но таким образом общее представление об организаторах противоречило отдельным воплощениям этих представлений в различных теориях. Следовательно, не был выделен действительный организатор, играющий роль «фактора целого». Но тем самым проблема целостности организма не была решена.

Неудачные попытки теорий организаторов приводят к выводу, что организатор, если таковой имеется, должен быть одновременно единым для всего организма и, вместе с тем, многокачественным. Такое представление об организаторе было выдвинуто А. Вейсманом, а затем развито Т. Морганом.

Морган исходил из того, что свойство наследственности (и тем самым целостность организма, поскольку определенная целостность формируется определенной наследственностью) связано только с одной частью тела — с хромосомами ядра половых клеток. Хромосомы рассматривались как организаторы развития, и основные черты хромосом во многом были тождественны перечисленным выше чертам организатора: хромосомы

располагаются вне организуемой части, изолированно, не подвергаются влиянию со стороны тела и внешней среды. Принципиальное отличие хромосом от организаторов Шпемана, Чайлда и др. — то, что хромосома, выступая как один организатор, раздроблена на множество независимых друг от друга организаторов-генов, каждый из которых формирует один из признаков организма.

Такое представление о хромосоме-организаторе позволяло как будто разрешить указанное выше противоречие. В самом деле, хромосомы, выступая как единичный организатор, формируют целостный организм и, вместе с тем, каждая отдельная часть этого организатора формирует отдельные качества организма. Но в действительности рассматриваемое противоречие просто устраняется, так как хромосома является общим, целым лишь анатомически, а не функционально; она представляет собой простой набор независимых и не взаимодействующих друг с другом генов. Развитие организма и всего органического мира обусловлено с точки зрения Моргана только изменением хромосом. Но поэтому целостность и развитие организмов предстают только как целостность и изменение хромосом, являющихся частью тела. Следовательно, целостность организмов определяется частными (как и в теориях организаторов) процессами, а не деятельностью всего организма. Такой подход привел Моргана к следующим представлениям о характере изменений хромосом.

а) Так как хромосомы содержат весь набор специфических качеств будущего организма, то возникновение последних обусловлено тем, что одни гены находятся в неактивном, рецессивном состоянии (и поэтому соответствующие данным генам качества не проявляются), а другие — в активном, доминирующем состоянии (в этом случае появляются соответствующие качества).

б) Так как гены независимы друг от друга и от внешней среды, то появление новых качеств Морган представляет как результат механической перетасовки генов (рекомбинация, трансдукция, расщепление генов и т. д.). Тем самым связь частей, функций и признаков в целостном организме оказывается внешней, несущественной и случайной.

в) Так как хромосомы не зависят от воздействий внешней среды и тела, то их изменение происходит спонтанно, случайно (путем мутаций). Вследствие этого приспособленность организмов к среде, их целесообразность оказывается результатом случайного совпадения свойств нового, возникшего путем мутации, организма с особенностями внешней среды.

Таким образом, с одной стороны, существует уверенность, что целостность есть существенный и необходимый признак организма. С другой стороны, представления Моргана показывают, что целостность есть несущественная и случайная характеристика организма. Проблема целостности вновь не получает решения.

Представление о хромосоме как о привилегированном участке тела, независимом от других его частей, не выдерживает критики. Очевидно, организатором, «фактором целого» должна быть вся целостная взаимосвязанная деятельность организма. Этот вывод обосновывается современными биохимическими и биофизическими исследованиями наследственности, которые сами первоначально основывались на представлении о существовании специфических независимых участков — хромосом. Так, было установлено, что в молекуле дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая рассматривается как основной носитель наследственных свойств, существуют специфические участки — гены (цистроны, опероны), каждый из которых обуславливает синтез определенных специфических белков.

Вместе с тем, современные исследования значительно изменили первоначальные представления о генах.

1) Прежде всего было выяснено, что гены обуславливают синтез специфических белков-ферментов, а не формирование того или иного признака. Признак формируется несколькими генами при условии их взаимодействия друг с другом.

2) Затем было показано, что активность того или иного гена обуславливается конечными продуктами его деятельности. Так как этими продуктами являются белки, составляющие протоплазму, оболочку, короче говоря, тело организма, то, следовательно, гены зависят от тела. Поскольку состояние тела, в свою очередь, обусловлено внешними воздействиями, то активность гена также оказывается связанной с факторами внешней среды.

Вместе с тем, еще не ясна эволюция ДНК, в связи с чем процессы развития и появления новых качеств до сих пор рассматриваются в основном как процессы случайной рекомбинации генов. Точно также еще недостаточно исследовано взаимодействие генов в формировании целостного организма. Тем не менее современная молекулярная генетика все с большей очевидностью обнаруживает, что целостность организма возможна в условиях активного его соотношения с внешней средой. Значение молекулярной генетики состоит в том, что она раскрывает детальный механизм реализации целостности организма.

Характеризуя теории организаторов и «классическую генетику», мы показали, что они выявили важные стороны целостности: наличие организаторов процесса развития (теории организаторов), качественное своеобразие и динамичность организаторов («классическая генетика»). Однако организаторы рассматривались в отрыве от внешней среды, а целостность — только с точки зрения существования организма как целого. Второй момент целостности — целесообразность — оценивался как несущественный и случайный.

В современных генетических работах эта односторонность преодолевается и обнаруживается взаимосвязь обоих моментов целостности. В самом деле, в специфической последовательности нуклеотидов в ДНК заложено качественное многообразие свойств будущего организма. Но реализация этих свойств и тем самым развертывание целесообразности организмов зависят от особенностей взаимодействия частей организма и от характера взаимоотношений организма с внешней средой. Такой подход порождает, однако, новые вопросы. Во-первых, если части организма взаимодействуют друг с другом, то может ли какая-либо из них стать организатором по отношению к другой? Очевидно, понятие об организаторе как о привилегированной части или должно быть отброшено, или уточнено. Во-вторых, если внешняя среда играет определяющую роль, то может ли она рассматриваться в качестве организатора и в чем состоит специфичность такого организатора? Проблемы, к которым сейчас приходит молекулярная генетика, есть лишь возвращение к исходным материалистическим представлениям биологии, возвращение к дарвиновскому пониманию целостности организма.

Дарвин многократно останавливался на значении взаимосвязи, корреляций между частями для существования организма как целого. При этом корреляции он рассматривал в связи с влияниями внешней среды, в связи с целесообразностью, приспособлением к среде. Огромное значение корреляциям придавали академик А. Н. Северцов и его ученик академик И. И. Шмальгаузен.

Шмальгаузен рассматривал несколько типов корреляций, постепенно сменяющих друг друга в процессе онто- и филогенетического развития. В качестве критерия корреляции при этом выступают специфические биологические факторы онтогенеза (а не физико-химические факторы, как это наблюдается в молекулярной генетике), связанные с условиями развития и существования организма во внешней среде. Корреляции есть системы связей, «объединяющих все части развивающегося организма в одно целое. Благодаря наличию этих связей, выступающих в роли основных факторов индивидуального развития, из яйца образуется не случайный хаос органов и тканей, а планомерно построенный организм с согласованно функционирующими частями»¹. Корреляции, таким образом, являются факторами интеграции.

Одновременно тесная взаимозависимость частей выступает в качестве причины дифференциации, когда каждая часть получает все более специфическую функцию и форму и как бы отделяется от остальных частей. Отсюда возникает представление, что часть самостоятельна и независима (это представление Вейсман, а затем Морган положили в основу своих концепций о независимости генов). В действительности же именно в силу своей специализации часть становится все более несамостоятельной. Сама независимость частей от целого есть условие их интеграции и тем самым условие существования организма как целого. И, наоборот, целое делает возможным существование и самих специализированных частей. Таким образом, целое существует через взаимосвязь специализированных частей, части существуют лишь в целом.

Так как целостность организма состоит в единстве дифференцирующихся частей, то корреляции, объеди-

¹ И. И. Шмальгаузен. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.—Л., ГУБМП, 1938, стр. 15.

няющие в себе функции дифференциации и интеграции, рассматриваются И. И. Шмальгаузенем как основной фактор целостности. Отсюда вытекают чрезвычайно важные выводы. Во-первых, в результате взаимодействия частей (не механического) происходит изменение самих частей, т. е. появляются новые качества организмов. Поэтому каждая часть выступает как организатор для других, не будучи изолированной и независимой от них. Но сохраняет ли организатор привилегированную роль? В отдельном процессе и в отдельный момент развития какая-то часть определяет изменение других частей и в этом отношении привилегирована. Однако в следующий момент она становится зависимой, т. е. не она организует, а ее организуют. Функция организатора при этом переходит к другой части. Следовательно, организатор не заключен в каком-то определенном месте, но перемещается по всему организму. В таком случае следует говорить не об одном организаторе, а о бесконечном множестве их. При таком подходе понятие организатора оказывается недостаточным для того, чтобы выразить специфичность целостной деятельности организма. Поэтому понятие корреляции, предложенное И. И. Шмальгаузенем, более адекватно выражает целостность организма, подчеркивая взаимосвязь организаторов, которые выступают как моменты процесса корреляции.

Во-вторых, из представления о корреляции следует, что изменение какой-либо части коррелятивно приводит к изменению другой. Но чем обусловлено первоначальное изменение? И. И. Шмальгаузен считает, что оно вызывается воздействием внешней среды, которая оказывается поэтому определяющим фактором формирования организма, его организатором. Специфичность этого организатора видят в том, что он постоянно действует на организм, что организм немислим вне среды и изменяется исключительно в соответствии с изменениями среды.

Такая позиция вызывает ряд возражений. Ведь согласно представлению о корреляции, формирование организма есть результат изменений не только внешней среды, но и изменений внутри организма, вызванных корреляционными отношениями между его частями. Следовательно, внешняя среда оказывается лишь моментом в целостной деятельности организма.

Итак, проблема целостности получает новый аспект: во-первых, обнаружена корреляция частей организма, во-вторых, непосредственная связь организма со средой. Оба момента целостности — цельность и целесообразность — тоже оказываются связанными: воздействие внешней среды вызывает изменение какой-либо части организма; последняя в силу корреляционных отношений приводит к изменению всего организма, в результате чего организм приспосабливается к среде, становится целесообразным и тем самым способным сохранить себя как целостность при изменении среды. Целостность оказывается исходным моментом и конечным результатом деятельности организма: организм как целое реагирует на изменение внешней среды и сохраняет себя в результате этого реагирования, причем организм не просто сохраняется, но приобретает новые качества, т. е. изменяется форма его целостности, в чем обнаруживается связь целостности и развития организма.

Рассмотренное представление о целостности все же недостаточно, так как еще не ясно, в силу каких причин существуют сами коррелятивные отношения, что стало особенно очевидным в связи с работами в области кибернетики.

Одним из основных в кибернетике является принцип регуляций, корреляций в работе машин. Тождественность этих принципов в организме и машине привела к возрождению механистического понимания сущности живого, к мысли о возможности построить «живые» автоматы. Математически показано, что имеется принципиальная возможность смоделировать функции живого (восстановление утраченных частей, самообновление, рост, развитие, воспроизведение и т. д.). При этом требования к элементам машин допускают разнообразное качество самих элементов. Поэтому считалось, что часто качество элементов не имеет значения.

Однако в последнее время кибернетики все чаще говорят о необходимости использовать в качестве элементов автомата химические, белковые молекулы, что означает, по существу, признание роли качества элементов, из которых «строится» живое.

Кибернетика анализирует живое только с точки зрения регуляции и изучает его лишь с количественной стороны. Между тем качество элементов (и даже такая их

внешняя характеристика, как размер) имеет существенное значение. В самом деле, каковы особенности элементов живого, позволяющие в небольшом пространстве, занимаемом телом (и поэтому при ограниченном количестве элементов), осуществлять столь многообразные функции? Без ответа на этот вопрос нельзя понять специфику биологической регуляции. Поэтому представление о целостности организма не исчерпывается характеристикой корреляции. Необходимо рассмотреть специфику тех элементов, из которых состоит организм. Эта специфика учитывается при попытках химического синтеза живого. И при этом выявляется новый аспект целостности организма, объединяющий в себе и качество элементов, и специфику регуляции.

Элементами живого являются высокополимерные молекулы, характеризующиеся своеобразными способностями воспринимать внешнее воздействие (эта способность в дальнейшем обозначается термином «рецептивность») и реагировать на это воздействие (она будет обозначаться как «реактивность»). Эти особенности полимерных молекул отчетливо выступают при сравнении их с элементарными частицами и малыми (неполимерными) молекулами. У первых указанные свойства представлены непосредственно одной и той же частицей; в малых молекулах — двояко: общей рецептивностью и реактивностью всей молекулы и специфической рецептивностью и реактивностью каждого атома молекулы. При этом общая и специфические рецептивности и реактивности непосредственно связаны. Гораздо сложнее обстоит дело в полимерных молекулах. Каждая их часть рецептивна и реактивна. Но так как молекула имеет большую длину, то находящиеся достаточно далеко друг от друга ее части не обладают непосредственно общей рецептивностью и реактивностью (в отличие от неполимерных молекул). Общность удаленных друг от друга частей молекул проявляется опосредствованно — через ряд находящихся между ними частей.

Такое соотношение рецептивности и реактивности обуславливает своеобразную реакцию полимерных молекул на внешнее воздействие. Внешнее воздействие воспринимается не всей молекулой, а лишь некоторой ее частью. Остальные же части молекулы реагируют не на само внешнее воздействие, а на изменение состояния той

части, которая восприняла раздражение. Внешнее раздражение для них выступает как внутреннее изменение молекулы, как опосредствованное самой молекулой. Но таким образом происходит пространственное разграничение рецептивной и реактивной функций: в качестве рецептора выступает одна часть молекулы, все же остальные части молекулы выступают как эффектор, как реагирующая часть.

Важнейшим обстоятельством является строение молекул живого. Она представляет собой закрученную нить, по бокам которой выступают радикалы, реагирующие с внешним агентом (раздражением). Так как реакция происходит на радикалах, то она не затрагивает основного остова (нить) молекулы, благодаря чему молекула при реакции с внешним агентом не дробится; реагируя, она изменяется, но не распадается. Та часть молекулы, которая воспринимает внешнее воздействие, изменяет состояние всей молекулы, и поскольку ее действие на все остальные части оказывается общим и неспецифическим, то она выступает в роли организатора.

Следовательно, изменение состояния молекулы зависит не только от организатора, но и от всех других ее частей. Особенность реакции каждой части молекулы, таким образом, обусловлена общим неспецифическим воздействием организатора и специфическими свойствами каждой части. Другим важным обстоятельством является то, что в качестве организатора выступают различные части молекулы. Организатор поэтому, будучи в каждый отдельный момент локальным, все время перемещается по молекуле. Наконец, в результате реакции изменяется само состояние рецептивности каждой части молекулы (так, например, при нитевидной форме молекулы и при свертывании молекулы в комочек, в глобулу, состояния ее рецептивности различны), что является внутренним определяющим условием того, будет ли данная часть молекулы выступать в качестве организатора или нет. Поэтому возможность определенной части молекулы выполнять функцию организатора, или рецептора, зависит — помимо внешнего воздействия — от определенного состояния рецептивности данной части.

Организатор изменяет состояние всей молекулы, которая, в свою очередь, изменяет состояние организатора. Между ними, таким образом, существует корреляция,

взаимовлияние. Организатор через воздействие на одну молекулу в конечном итоге сам изменяет свое собственное состояние, т. е. самоизменяется. Это можно сказать и о молекуле в процессе самоизменения, и в этом проявляется целой.

Указанное выше соотношение молекул живого может быть как противоречивое единство, внутреннего источника самоизменения молекул.

Отдельные полимерные молекулы, неживой природе, так и выделенные из живых организмов являются живыми. У них отсутствуют те свойства, обязательны для живого — развитие, размножение. Вместе с тем, современные исследования пока не выявили особенностей полимерных молекул. Во-первых, отдельные части («элементарные структурные единицы» полимерных молекул (нуклеотиды в ДНК, аминокислоты в белке) относительно независимы друг от друга. Их рецептивность и реактивность обладает своей своеобразно выраженной индивидуальностью. Относительная самостоятельность элементарных структур и, следовательно, дискретность полимерной молекулы является предпосылкой для возможности кодировать в ней определенную информацию, так как информация кодируется дискретно.

Во-вторых, процесс биосинтеза основан на той особенности полимерных молекул, что их элементарные структуры, несмотря на относительную самостоятельность, связаны друг с другом. Благодаря этой связи элементарные структуры располагаются последовательно. Последовательность структур является второй предпосылкой для кодирования информации, так как информация отражает последовательность, связь дискретных событий, процессов. Огромное значение имеет взаимосвязь структур приобретает в процессе считки с матрицы информации, т. е. в ходе синтеза белка на РНК и синтеза РНК на ДНК. Согласно выдвинутой А. С. Спириным гипотезе, взаимосвязь элементарных структур создает в процессе считки информации определенную пространственную конфигурацию матрицы. Поскольку же взаимодействие

между элементарными структурами непрерывно изменяется (самоизменение, как выше было сказано, присуще полимерной молекуле), постольку меняется и форма конфигурации. В каждый определенный момент синтеза матрица принимает какую-то одну конфигурацию, определяющую, какая аминокислота в данный момент присоединится к строящемуся белку. А так как конфигурация матрицы непрерывно изменяется, то к строящемуся белку непрерывно присоединяются новые аминокислоты.

Как видно, основные особенности полимерных молекул (взаимосвязь относительно самостоятельных структурных элементов) создают предпосылки для кодирования в молекулах определенной информации, для синтеза новых полимерных молекул, обуславливают возможности для роста, развития и размножения, т. е. для воспроизведения специфически биологических явлений. Однако эта возможность переходит в действительности при том условии, что элементарные структуры в полимерных молекулах имеют определенную, строго специфическую последовательность. Ее реализация означает, вместе с тем, и реализацию определенного информационного кода молекулы.

Условия реализации последовательности элементарных структур зависят не от самой молекулы, а от специфических взаимодействий групп молекул. Здесь обнаруживается двоякая зависимость. С одной стороны, взаимодействие молекул есть условие синтеза новых молекул со специфической последовательностью элементарных структур в них. С другой стороны, специфическая последовательность структур — условие определенного взаимодействия молекул. Поэтому живое предстает как взаимосвязанная система специфических полимерных молекул. Любая молекула, выделенная из этой системы, не обладает функциями живого.

Если отдельные молекулы живого характеризуются самоизменением, то организму присуще еще и самообновление. Эта новая черта — свойство лишь совокупности молекул, так как самообновление организма происходит не за счет самообновления отдельных молекул, а за счет непрерывного синтеза новых молекул (в ряде работ показано, что существование молекул очень кратковременно. Например, РНК за время своего существования успевает синтезировать несколько молекул белка,

а затем полностью разрушается, и строится новая молекула). Таким образом, в организме происходит непрерывная ассимиляция (синтез новых веществ) и диссимиляции (разрушение). В связи с этим подчеркнем, насколько прав был Ф. Энгельс, говоря об обмене веществ, о процессах ассимиляции и диссимиляции, о самообновлении белковых тел как о существенных чертах живого.

Теперь следует рассмотреть характер взаимоотношения молекул в живой системе. Здесь они располагаются не в линейной последовательности (как элементарные структуры полимеров), а компактным комком, глобулой. Вследствие этого часть молекул оказывается на поверхности глобулы, а другая часть — внутри. Молекулы, лежащие на поверхности, непосредственно воспринимают внешнее воздействие, т. е. приобретают рецептивную функцию. Молекулы, находящиеся внутри, через посредство поверхностных молекул реагируют на это воздействие и тем самым выполняют реактивную функцию.

В результате этого в живой системе функции рецептивности и реактивности, как и в полимерных молекулах, пространственно разграничены. Но отнесены они не на различные части молекулы (как у полимеров), а на различные целые молекулы. Деятельность поверхностных молекул вызывает изменение состояния реактивности внутренних молекул, а активность внутренних молекул в свою очередь вызывает изменение состояния рецептивности поверхностных молекул. В связи с этим соотношение рецептивности и реактивности молекул может быть охарактеризовано как их противоречивое единство: с одной стороны, они взаимосвязаны и взаимообусловлены, с другой — взаимно отрицают друг друга. Противоречивое единство рецептивности и реактивности проходит через всю эволюцию органического мира, постепенно усложняясь и развиваясь. Например, появляется центральная нервная система, связывающая все рецепторы и эффекторы тела, в рецепторах возникает специальный мышечный аппарат, а в эффекторах (реактивных органах) — рецептивный аппарат. Но какова бы ни была форма соотношения рецептивности и реактивности у организмов, стоящих на разных уровнях эволюционного развития, сохраняется основной принцип: отнесенность рецептивности и реактивности на различные части орга-

низма. Это служит аргументом в пользу всеобщего значения этого принципа в органическом мире.

В связи с этим следует отметить, что проблема соотношения рецептивности и реактивности была разработана первоначально в физиологии. И. М. Сеченов первый высказал мысль о том, что развитие нервной системы происходило в процессе взаимодействия рецептивности и реактивности. В последнее время в связи с накоплением значительного материала по эволюции низших организмов начинают внимательно изучать эту проблему на тех этапах эволюции, когда нервная система еще отсутствовала. Иначе говоря, проблема теперь выступает не как специально физиологическая, а как общебиологическая.

В философии также разрабатывалась проблема специфичности организмов с точки зрения соотношения рецептивности и реактивности. Шеллинг, а затем Гегель выдвигали представление о том, что органическое тело, организм характеризуется противоречивым единством чувствительности и раздражимости. Шеллинг и Гегель, однако, развивали идеалистическое понимание этого единства, рассматривая его как этап в развитии «абсолюта» (Шеллинг) или «абсолютной идеи» (Гегель).

Необходимо сделать еще одно уточнение. Выше организм рассматривался как диалектическое соотношение целого и частей. Понятие «часть», однако, отражает механистическое представление, а именно: под частью подразумевается нечто неизменное. Но из вышесказанного видно, что «части» в организме развиваются, не являются застывшими. Очевидно, лучше говорить поэтому о существовании в организме целого и органов, поскольку понятие «орган» более адекватно выражает изменчивость и развитие. Энгельс писал, что «уже часть и целое — это такие категории, которые становятся недостаточными в органической природе. Выталкивание семени — зародыш — и родившееся животное нельзя рассматривать как «часть», отделяющуюся от «целого»: это дало бы ложное толкование. Части лишь *у трупа*»¹.

Рассмотрение живой системы с точки зрения соотношения рецептивности и реактивности приводит к новому пониманию первого момента целостности организма.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 528.

Раньше цельность выступала как корреляция. Теперь уже можно указать на фактор, определяющий специфику этой корреляции. Ее особенность может быть охарактеризована как противоречивое единство рецептивности и реактивности, обусловленное тем, что функции рецептивности и реактивности отнесены на различные структуры. Внутренняя противоречивость организма приводит к тому, что в процессе эволюции изменяется форма цельности организма.

Второй момент целостности — целесообразность — тесно связан с первым. Благодаря существованию противоречивого отношения между рецептивностью и реактивностью реакция организма на внешнее воздействие проявляется не только в определенной деятельности реактивных органов (эффекторов), но и в изменении состояния самой рецептивности. Организм целостно реагирует на внешнее воздействие, изменяется весь целиком, благодаря чему и имеет возможность соответственно изменению внешней среды изменить свою форму цельности, т. е. стать приспособленным к измененной среде, стать целесообразным. Таким образом, оба момента целостности взаимосвязаны.

Л. И. РОЗОВА

О ЕДИНСТВЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ В БИОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ

Важная особенность современной науки состоит в выдвижении на передний план задачи структурного исследования объектов и изображения их как сложной системы взаимосвязанных между собой элементов, представляющих целостные образования. Это обусловлено прежде всего современным пониманием предметов наук. С того времени, когда Ф. Энгельс писал, что предметом естествознания является «движущееся вещество»¹, в науках произошло много изменений. В настоящее время уже недостаточно определить физику, например, как науку о физических явлениях, химию — как науку о химических явлениях и т. д. Предметами наук выступают сложные системы взаимодействующих элементов или подсистем. В физике — это атомы, атомные ядра, взаимодействующие с соответствующими полями, и т. д.; в химии — молекулы и системы молекул; в астрономии — планетные и звездные системы, галактики, метagalaktiki; в биологии — белковые молекулы, молекулы ДНК и РНК, клетка, ткань, организм, органический мир как целое. Еще более сложная система — общество, общественная жизнь. Система понятий, категорий каждой из наук представляет собой не что иное, как отражение объективно существующих материальных систем.

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 563.

Понимание предметов наук как сложных систем требует соответствующего методологического подхода. Расчленение на элементы, раскрытие взаимосвязи между ними, анализ структуры и функций, структуры и свойств, моделирование структур и т. д. — характерная черта современного научного познания. Поэтому исследование общих черт материальных систем, их научная классификация весьма важны для дальнейшего развития естественных и общественных наук.

В естествознании, математике предпринимались и предпринимаются попытки разработать теорию систем, дать их классификацию, описать свойства и т. д. В Советском Союзе еще в первые годы существования Советской власти такими исследованиями, в частности в отношении живой природы, занимался Э. Бауэр¹. Исходя из особенностей организма как материальной системы, он попытался дать формулировку основного закона жизни, показать его отношение к законам физики и химии, поновому рассмотреть важнейшие проявления жизни: обмен веществ, рост, размножение, приспособление и т. д.

На Западе одним из первых ученых, занявшихся основательным изучением материальных систем, был Людвиг фон Берталанфи. В настоящее время он трудится в университете в Оттаве (Канада). В 30-е годы нашего столетия он создал теорию открытых систем и продолжает разрабатывать ее и в настоящее время. Однако создание общей теории систем является делом не только естествознания, но и философии. Берталанфи же не смог дать правильного философского истолкования своих биологических работ и пришел к созданию некоей особой философской концепции — организмизма. По своему смыслу эта концепция должна была представлять ни материализм, ни идеализм, а «третью» линию в философии. Организмизм Берталанфи не лишен целого ряда ошибок как идеалистического, так и механистического порядка. Правда, сама попытка создать теорию материальных систем и разработка ряда положений у Берталанфи носят стихийно диалектический и материалистический характер.

¹ См. Э. С. Бауэр. Теоретическая биология. Л., ВИЭ, 1936 и другие его работы; Б. П. Токин. Теоретическая биология и творчество Э. С. Бауэра. Изд-во ЛГУ, 1963.

За последние пять-шесть лет теория материальных систем стала привлекать к себе внимание и философов. Ныне уже существует довольно обширная литература, посвященная этому вопросу.

К изучению систем философы подошли с разных сторон. Во-первых, и главным образом, через решение философских проблем, которые выдвинуло современное естествознание. В новой для них области философы вначале обнаруживали мало самостоятельности и видели задачу философии главным образом в разработке принципов классификации систем. В дальнейшем теория материальных систем начинает разрабатываться и со специфически философских позиций с целью ввести эту категорию в состав диалектического материализма как важную и необходимую.

Во-вторых, к изучению материальных систем философы подошли через исследование таких философских категорий, как часть и целое, простое и составное, структура и элементы, структура и функция и т. д., которые как раз и возникают в результате вычленения тех или иных сторон материальных систем.

В-третьих, немалую роль сыграло также изучение свойств отражения и регуляции, обобщение данных физиологии высшей нервной деятельности и кибернетики, которыми все больше и больше стали заниматься философы. Особое значение при этом имела разработка философских вопросов моделирования.

Наконец, к анализу материальных систем философов подводило и решение давно стоявших перед марксистской философией проблем, а именно: изучение особенностей действия законов диалектики, стремление не допустить догматизм и схематизм в применении этих законов к конкретному естественнонаучному материалу. Если законы диалектики есть законы развития, то необходимо предварительно дать характеристику саморазвивающимся материальным системам как чего-то целостного.

Непонимание того, что диалектика имеет отношение прежде всего к саморазвивающимся системам, нередко приводит либо к отрицанию всеобщности ее законов, либо к отрицанию самого процесса развития.

Разработка теории материальных систем имеет поэтому важное значение для философии. Она позволит

более успешно решить вопрос о принципах построения курса диалектического материализма, о последовательности в изложении законов и категорий диалектики. Их система, очевидно, должна отражать саморазвивающиеся материальные системы и их взаимосвязи. Кроме того, анализ законов и категорий с точки зрения саморазвивающихся систем позволит более глубоко и точно раскрыть их содержание, найти новые, не раскрытые раньше стороны. В этом отношении уже предприняты некоторые небезуспешные попытки¹.

И не только в философском, но и в естественнонаучном плане разработка теории материальных систем имеет важное значение. Она содействует сближению наук и широкому внедрению математических методов не только в физику и химию, но также и в биологию и общественные науки. К тому же четкое определение элементов, структуры, свойств и т. д. содействует моделированию многих естественных и общественных процессов, что важно не только для познания, но и для сближения науки с практикой, с производством.

При исследовании материальных систем категории «структура и элементы», «структура и функция» приобретают решающее значение. Не изучив элементов системы в их взаимосвязи, нельзя перейти к выделению существенных, повторяющихся, необходимых связей, т. е. к установлению законов. Переход от характеристики системы в целом к характеристике отдельных ее элементов и раскрытию связи между ними ярко иллюстрирует мысль В. И. Ленина о раздвоении единого и познании противоречивых частей его².

* *

*

За последнее время как в советской, так и в зарубежной философской литературе появилось немало работ, посвященных исследованию понятий «элемент», «структура», «функция». Специальное исследование по

¹ См., напр., В. И. Свидерский. О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании. М., Соцэкгиз, 1962; «Проблемы научного метода», под ред. Б. М. Кедрова. М., «Наука», 1964.

² См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 316.

проблеме структуры проведено В. И. Свидерским¹. Обширная монография содержит ряд интересных мыслей об устойчивости и изменчивости структуры и элементов, о статистической и динамической природе элементов, о взаимосвязи анализируемых категорий с другими категориями диалектики. Вместе с тем, в работе имеются, на наш взгляд, неточные, а подчас и противоречивые положения.

В. И. Свидерский дает следующие определения понятий «элемент» и «структура»: «Под элементами мы будем подразумевать любые явления, процессы, а также их свойства и отношения, находящиеся в какой-либо взаимной связи. Характер же, способ, закон этой связи мы будем называть структурой»². В другом месте он уточняет: «...структура не есть материальный или какой-либо другой процесс, а есть закон связи подобных процессов»³.

Нам представляется, что данные В. И. Свидерским определения недостаточно точно отражают основное содержание категорий «элемент» и «структура». Дело в том, что термин «элемент» обозначает материальные предметы (объекты), находящиеся в составе целого (материальной системы). У В. И. Свидерского же элемент оторван от системы; элементами являются «любые» предметы, находящиеся в «какой-либо» связи. Но ведь в «какой-либо» связи находятся между собой все предметы материального мира. Можно, например, установить связь между карандашом и звездой, что отнюдь не означает, будто и карандаш, и звезда суть элементы. Понятие «элемент» всегда предполагает наличие материальной системы. Всякая система включает в себя строго определенные элементы, составляющие ее качественную особенность.

Порядок взаимосвязи элементов, тот способ, посредством которого они соединяются в целое, выступающее в виде системы, составляет структуру. Структура и элемент неразрывны, поскольку они характеризуют целое. В. И. Свидерский, определяя структуру лишь как «спо-

¹ См. В. И. Свидерский, О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании.

² Там же, стр. 10—11.

³ Там же, стр. 44.

соб, закон связи», невольно рассматривает структуру в отрыве от материальных элементов. На наш взгляд, это серьезный недостаток книги В. И. Свидерского.

По-видимому, анализ категории «структура» должен проводиться в тесной связи с проблемой целого и части, поскольку именно структура определяет способ, порядок взаимодействия частей, обуславливающих возникновение целого. «Выяснить структуру объекта, значит упомянуть его части и способы, с помощью которых они вступают во взаимоотношения»¹. Подобно категориям «целое» и «часть», категории «элемент» и «структура» также выступают как относительные, поскольку объект, являющийся определенной материальной структурой, может входить в систему более сложного объекта, где он будет уже элементом.

Соотношение элементов и структуры характеризуется некоторыми общими закономерностями, отмеченными рядом авторов. Например, Л. О. Вальт выделяет такое свойство структуры, как ее устойчивость. Эта устойчивость или даже относительная самостоятельность структуры проявляется в том, что последняя продолжает сохраняться и тогда, когда исчезают отдельные элементы. Так, потеря атомом одного электрона из внешней оболочки и превращение его в ион не приводит к каким-либо существенным изменениям структуры. Также и в живой природе потеря одного из органов (не любого) не ведет к изменению структуры. Относительная самостоятельность проявляется и в способности восстанавливать утраченные элементы. Правда, в различных материальных системах это восстановление совершается в разной степени и по-разному. В живой природе его формой является регенерация. Она в разной степени присуща всем организмам. В системах неживой природы недостающий элемент может восстанавливаться за счет других материальных систем и т. п.

Но не только структура обладает относительной самостоятельностью. Ею обладают и элементы. Одни и те же элементы могут входить в разные структуры, обнаруживая при этом все новые и новые свойства. В этом вхождении элемента во все более и более сложные структуры обнаруживается известная закономерность. «...На

¹ Б. Рассел. Человеческое познание. М., ИЛ, 1957, стр. 284.

собственной структуре элемента, — отмечает эту закономерность Л. О. Вальт, — его вхождение в структуру более высокого порядка сказывается незначительно. Другими словами, в иерархии структур их взаимовлияние быстро убывает и решающим образом сказывается лишь в пределах одного порядка. Мы не полагаем, что влияние на расстоянии в несколько порядков структур абсолютно отсутствует, но оно незначительно»¹.

При всей относительной самостоятельности структура и элементы неотделимы друг от друга. Нет структуры без элементов, как не существует элементов без структуры.

Эта их внутренняя взаимозависимость может быть использована в научном исследовании. Так, по отдельным элементам мы можем судить обо всей структуре. Например, палеонтология весьма успешно воспроизводит по останкам отдельных органов весь организм. Очень интересны в этом отношении работы М. М. Герасимова по восстановлению формы лица по черепу². По останкам орудий труда мы можем судить о структуре производства и всего общества в прошлые эпохи.

Не менее важное значение имеет и восстановление отдельных недостающих элементов по структуре. Более того, общее представление о структуре материальных систем служит методом для познания тех или иных конкретных элементов, их свойств и т. п. Так, Д. И. Менделеев по структуре системы химических элементов определял свойства еще не известных в то время элементов. Изучение структур материальных систем лежит также в основе моделирования, прогрессивного и быстро развивающегося метода познания.

Единство элементов и структуры проявляется и в их взаимодействии. Ведущей стороной этого взаимодействия выступают элементы, поскольку изменение системы обычно начинается с изменения элементов. Однако в обычных для системы условиях структура определяет элементы, будучи по отношению к ним ведущей стороной. Поэтому, учитывая что в целом ведущей стороной

¹ Л. О. Вальт. Соотношение структуры и элементов. «Вопросы философии», 1963, № 5, стр. 48—49.

² См. М. М. Герасимов. Восстановление лица по черепу (современный и ископаемый человек). М., Изд-во АН СССР, 1955.

остаются элементы, нельзя упускать из виду и те конкретные условия, в которых развивается система.

Иногда встречаются замечания о том, что якобы нет необходимости ни в новых философских понятиях, например «структура», ни в специальной теории, поскольку все возникающие здесь вопросы решаются в марксистском учении о содержании и форме. Эти соображения нельзя признать правильными. «...представление об элементах еще не исчерпывает понятия содержания, а понятие структуры не тождественно понятию формы. При этом также оказывается, что категории элементов и структуры и их диалектика в ряде случаев значительно шире, глубже и точнее отражают объективные связи и отношения, чем категории содержания и формы»¹.

Содержание, как считают некоторые авторы, — это не только элементы, но и присущее им специфическое движение, и свойства, которые обнаруживаются в этом движении. Структура в некоторых отношениях действительно совпадает с формой. Поэтому форму часто определяют как структуру содержания. Однако нам кажется, что между ними существует и различие. Если форма предмета характеризуется всей совокупностью связей между элементами, то структура — это совокупность устойчивых, сохраняющихся в процессе изменения, связей и отношений между элементами. Общефилософские категории «содержание» и «форма», «элементы» и «структура» могут совпадать лишь в определенном отношении.

Рассмотрение предмета с точки зрения содержания и формы и с точки зрения элементов и структуры — это разные подходы, разные позиции. В предмете одновременно существуют содержание и форма, элементы и структура, но эти понятия несводимы друг к другу механически, ни одно из них не является более общим (с точки зрения элементарной логики) или более узким. Они переходят друг в друга (элементы — содержание — форма; элементы — структура — форма), но не заменяют одно другое.

Дело заключается в том, что форма есть организация содержания, а структура — организация элементов, поэтому более правильно прямо соотносить форму толь-

¹ В. И. Свидерский. О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании, стр. 6.

ко с содержанием, а структуру — с элементами. Предмет, процесс есть единство элементов и структуры и одновременно единство содержания и формы. В этом единстве структура включает в себя внутреннюю форму и часть содержания, а содержание включает в себя элементы явления и часть структуры.

Обнаружение противоречия между принятыми в философии определениями содержания, формы, элементов и структуры может быть только показателем необходимости уточнения определения этих категорий на основе обобщения данных современной науки, на основе тщательного исследования отношения этих сторон в явлениях объективного мира. Решение этого вопроса должно быть предметом специального исследования. А в рамках настоящей работы мы понимаем структуру как одно из значений формы, как внутреннюю форму явления.

* *

*

Вопрос о соотношении и взаимосвязи функций и структур различных уровней организации живого, начиная от молекулярного и кончая органическим миром как целым, особую остроту приобрел в биологической науке.

Под структурой живого понимается пространственно-временная организация целостных систем, выражающая закономерные связи морфологических и функциональных элементов биологической формы движения материи¹. Определение же понятия функции является проблемным, ибо среди исследователей нет единогласного понимания этого понятия. Во многих статьях и книгах по физиологии (например, учебник физиологии К. М. Быкова, 1954) функция отождествляется с понятием «работы» органов. Это ведет к упрощению: работа органов хотя и представляет собой важную сторону, характеристику функции, а вместе с тем условие ее развития, не тождественна функции в целом. Иногда функцию понимают как проявление вообще, как деятельность вообще².

¹ См. В. П. Петленко. Проблема целостности в современной медицине. М., «Знание», 1965.

² См. Б. А. Глинский, Б. С. Грязнов, Б. С. Дынин, Е. П. Никитин. Моделирование как метод научного познания. Изд-во МГУ, 1965.

Иногда ее отождествляют с жизнедеятельностью организма: организм живет, значит функционирует.

Более адекватным можно считать определение Е. Б. Бабского, который пишет, что функция представляет жизненное проявление органа или целого организма имеющее приспособительное значение². Функция связывается с целым и понимается как приспособительный ответ организма на условия его существования. И, действительно, приспособительная сторона функций организма — их важнейшая черта. Еще А. И. Северцев³ и И. П. Павлов⁴ обратили внимание на то, что приспособление, целесообразность — это общее свойство живого организма и охватывает как его морфологическую, так и функциональную стороны. Значит, приспособление следует понимать как изменение строения и функции органов, организма при изменении окружающей среды.

Биологическая функция — целесообразное движение, направленное на сохранение системы. Правда, целесообразность функции относительна. Например, образование жировой ткани полезно для организма лишь до определенной степени. То же можно сказать и о любой другой функции: она может быть и полезной, и вредной.

Целесообразные функции характерны для целостных образований (типа живых организмов, машин, созданных силой человеческого разума, и т. д.) и характеризуются тем, что либо сами такие функции, либо их результаты как-то (прямо или опосредствованно) «усваиваются» целостным образованием. Причем такое воздействие функции на целое носит опять-таки строго направленный характер (воздействует только на определенные аспекты целого). «Целесообразные» функции делятся на активные, когда та или иная структура (орган), имея источники функционирования внутри целого, сама или продук-

¹ БСЭ, т. 45, стр. 644.

² См. Е. Б. Бабский. Физиология человека и животных. М., «Советская наука», 1946, стр. 17—19. Интерпретация функции как приспособительного акта дана в книге А. Р. Лурия «Восстановление функций мозга после военной травмы». М., Изд-во Акад. мед. наук, 1948.

³ См. А. И. Северцев. Морфологические закономерности эволюции. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1939, стр. 351.

⁴ См. И. П. Павлов. Избр. произв. М., Госполитиздат, 1949, стр. 333.

тами своей деятельности воздействует на определенные стороны окружающей среды или самого целостного образования и результаты такого действия как-то учитываются целым, и пассивные, когда структура (или группа структур) как составная часть целого испытывает воздействия со стороны внешней среды (или целого) и результаты такого воздействия также учитываются целым. Таким образом, всякая целесообразная функция, которая свойственна только живой природе (и творениям человека), связана с некоторыми разновидностями обратной связи, т. е. с реакциями организма на результат функционирования его органов.

В этом отношении необходимо делать различие между функцией организма (или вернее органа или группы органов) и работой того или иного органа. Дело в том, что тот или иной орган может иметь совершенно нормальное морфологическое и гистологическое строение, выделять определенные продукты своей деятельности, но тем не менее это еще не будет функцией, если только результаты такой работы органа (или непосредственно сам процесс функционирования) не будут усвоены целостным организмом. Например, некоторые железы человеческого организма (высших млекопитающих и т. д.) формируются как определенные структуры на ранних стадиях жизнедеятельности, выделяя определенные гормоны в организм. Но функционирование их начинается только с того момента, когда эта работа оказывает определенное влияние на строго фиксированные составные части целого.

Ограничиваясь рамками биологии (стало быть, не выходя за границы целостных образований и целесообразных функций), можно утверждать, что проблема функции тесно связана с вопросом о взаимоотношении части и целого. Эта сторона как-то обычно не принимается во внимание, хотя она имеет чрезвычайно большое значение. Ведь если о функции можно говорить только при условии, что ее результаты усваиваются организмом, то, очевидно, функция во всех случаях предполагает определенное соответствие, «гармонию» между целостным образованием и составляющей его частью (структурой, с определенным состоянием которой и сопоставляется та или иная функция). Функция, как ее определяет В. П. Петленко, — это способ существования структуры

живого. Через функции организм самосоздается и самоуправляется; функции поддерживают жизнь целого и его компонентов, а также связи целого с внешней средой. Значит, функция для своего осуществления требует наличия определенного интегрирующего фактора, определенного уровня целостности, ибо в противном случае она будет тождественна с работой того или иного органа или системы органов, и не более того. Это наблюдается в живых организмах в тех случаях, когда имеется уже вполне сформированный орган, исправно работающий, но не функционирующий и функция впервые начинает осуществляться тогда, когда целостность достигает такого уровня, что наступает известное (в каждом конкретном случае совершенно определенное) соответствие между целым и частью. Время наступления такого соответствия зависит обычно от многих факторов (в том числе и от характера взаимодействия целостного образования с внешней средой, от влияния социальных условий, если речь идет об обществе, и т. д.). Стало быть, в области живого время входит в понятие функции своеобразным образом и двояко: как начало отправления функции (дискретно) и как непосредственное время отправления функции тем или иным органом или системой органов (непрерывно). Только при наличии этих двух временных аспектов, определяемых, в свою очередь, сложной системой взаимосвязей целого с частями, целого с внешней средой и т. д., понятие функции в биологии может быть правильно определено.

Мы привели лишь некоторые соображения специалистов по вопросам определения функции и попытались показать, что высказывания естественников в этом отношении имеют односторонний характер и не могут быть приняты в качестве полноценного определения.

В области философии можно указать лишь на частные попытки обобщить существующие данные. В. Ф. Сержантов в статье, посвященной разработке принципа структурности в физиологии, выдвигает оригинальные мысли при анализе, классификации и описании физиологических функций. Он утверждает, что «функция — это внутренняя природа живого субстрата, выражение его внутренней природы и вместе с тем определенное взаимодействие этого субстрата с другими

элементами тела и среды»¹. Автор справедливо отмечает зависимость функции как от данной «структуры», так и от условий внешней среды. В. Ф. Сержантов подчеркивает двоякий характер физиологических функций, т. е. их приспособленность по отношению к внешней и внутренней среде. Однако он неосновательно пытается подчинить все виды функций организма понятию «физиологическая функция». Поэтому в дальнейшем В. Ф. Сержантов вынужден был разделить исходное понятие «функция» на понятия «физиологическая функция» (которое в конечном счете отождествляет с понятием «производная функция») и «физиологическая деятельность» (под которым он подразумевает основные функции обмена веществ составных частей органа и организма).

На наш взгляд, заслуживают внимания определения понятия функции, данные А. С. Мамзиным². Он обращает внимание на то, что «функцию» нельзя сводить к «деятельности», «работе», «роли» и т. д., что это понятие имеет более общий характер, отражает более существенные процессы живого. А. С. Мамзин утверждает, что понятие функция в биологии употребляется в трех смыслах.

1. Понимание функции как внешней относительно воспринимаемой деятельности органа, его работы (примером может служить деятельность, работа любого активного органа).

2. Понимание функции как назначения того или иного органа, морфологической структуры (например, защитные функции различных морфологических образований, т. е. пассивных «органов»).

3. Понимание функции как обмена веществ в одном из его проявлений (на субклеточном уровне).

Он указывает, что производные функции тех или иных органов (кровообращения, дыхания, пищеварения) представляют собой внешнее проявление функций обмена веществ и энергии организма как целого. Это совер-

¹ В. Ф. Сержантов. Принцип структурности и его значение в физиологии. В сб.: «Вопросы диалектического материализма в теоретической медицине». Л., Изд-во Акад. мед. наук, 1962, стр. 110.

² См. А. С. Мамзин. Категории «содержание и форма» в биологии. «Вопросы философии», 1960, № 7; Системность живого и соотношение биологического и физико-химического. «Вопросы философии», 1964, № 6.

шенно правильно, но к сказанному следует добавить, что у высокоразвитых организмов дифференциация и специализация привели к возникновению таких интегративных функций и деятельных «структур» (например, функций нервной системы и коры больших полушарий), которые (функции) хотя и очевидно связаны с обменом веществ, но не являются его частью. Функции нервной системы, коры больших полушарий и др. субординировали себе как основные, так и производные функции организма в связи целого с окружающей средой. Они играют существенную роль для сохранения целостности организма, для нормального функционирования составных частей. Но их нельзя понимать просто как значение или деятельность некоего органа, как в выражении обмена веществ. Отсюда видно, что понятие «функция» употребляется биологами и в ряде других смысловых значений, отличных от вышеуказанных.

В специальной и философской литературе выдвинуты плодотворные идеи об определении понятия функции с помощью категорий «элемент», «структура», «система», «часть» и «целое» и др.

Такие определения позволяют и биологам, и философам многосторонне анализировать общие черты и специфику функций системы и ее частей, помогают объяснить любые функции, обнаруживаемые при изучении живого на любом уровне его организации. Подобное понимание применимо как при рассмотрении функций обмена веществ организма, так и производных функций.

Функция легких, например, это внешнее проявление одной из сторон обмена веществ. Но сама эта функция, в свою очередь, предполагает нормальное функционирование всех или почти всех частей данного органа и тех органов, с которыми она находится в коррелятивной связи. Одновременно любая часть органа постоянно осуществляет все функции обмена веществ, без которых не могло бы быть и речи о функции данного целого. Интересные данные о функции как результате взаимодействия элементов структуры целого представляет биохимия молекулярных и субклеточных образований.

Необходимо учитывать, что физиологические, химические или биохимические функции живой системы выступают всегда как некий процессуальный результат взаи-

модействия элементов, образующих данное целое. Попытки определить функцию (в биологическом или философском плане) без учета диалектики элементов и структуры носят описательный характер и не раскрывают сущности дела. Например, Р. С. Карпинская, уделяя особое внимание статичной стороне биоструктуры, утверждает, что «функция — это разновидность взаимодействия, проявления себя в другом, по отношению к другому. Биологическая функция — направленное взаимодействие, обеспечивающее приспособительные реакции организма к среде в целях сохранения вида»¹. Другие авторы, пытаясь обойтись без учета категорий «элемент», «структура», «целостность» и т. д. в определении функции, утверждают, что «функция — совокупность свойств, относящихся к деятельности тела, органа, ткани»². Подобные высказывания не вскрывают сущности функции, а, наоборот, усложняют поставленную задачу, ибо перечисление свойств, относящихся к деятельности того или иного органа, не дает научного объяснения функции как таковой.

* *

*

Мы уже отмечали, что понятие функции не всегда употребляют в строго определенном смысле. Однако следует подчеркнуть, что ни одно из смысловых значений функции не должно смешиваться с понятием содержания. При определении содержания и формы в биологии необходимо учитывать сложность этой формы движения материи, субординацию, которая существует между физико-химическими, биохимическими и биологическими процессами организма, не упуская из виду самого развития жизни, а значит, и развития содержания и формы. Для понимания содержания и формы в биологии весьма существенно то, что организмы не являются неподвижными, замкнутыми системами, а, наоборот, любое живое системное образование сохраняется как таковое только

¹ Р. С. Карпинская. О структуре и функции на молекулярном уровне. «Вопросы философии», 1963, № 8, стр. 110.

² С. С. Гурвич, В. П. Петленко, Г. И. Царегородцев. Вопросы диалектического материализма. Киев, Госмедиздат, УССР, 1964, стр. 231. Ср. В. Куприянов. О взаимосвязи формы и функции. В сб.: «Философские вопросы медицины». М., Медгиз, 1962, стр. 101—114.

при непрерывном его изменении, при постоянном обновлении его составных частей.

Не менее важно учитывать сложные взаимосвязи, существующие между организмами и внешними условиями их жизни. Связь организма со средой отличается от процессов, составляющих содержание организма и среды в отдельности. Не учитывая существенного различия между содержанием процесса взаимосвязи внешней среды с организмом и содержанием живого существа как результата этого взаимодействия, некоторые биологи (Т. Д. Лысенко) и философы понимают под содержанием в биологии внешние условия, необходимые для существования данного организма, а сам организм считают формой этого содержания. Методологические ошибки такого рода явились результатом известного упрощения сложных взаимосвязей организма со средой. Несомненно, что ведущая сторона в этой связи (организм — среда) принадлежит внешним условиям, потому что их изменение определяет изменчивость, преобразование и эволюцию живого существа. Вместе с тем, нельзя забывать и об относительной самостоятельности живых организмов, особенно о том факте, что внутренние процессы живого не покрываются процессами, составляющими содержание взаимодействия организма со средой.

Содержание живого организма — это обмен веществ и его специфические функции и морфологические структуры. Неразрывное единство изменчивости и устойчивости выражается здесь в постоянном обновлении данного организма при сохранении его существенных качеств, если он рассматривается как открытая система. Трудно согласиться с теми авторами, которые утверждают, что функция, взятая в смысле «определенного проявления обмена веществ... наиболее отвечает философской категории содержания»¹, ибо сам обмен веществ предполагает несколько существенных функций живого, значит включает в себя функции как соподчиненные элементы.

Содержание в биологии нельзя сводить к функции организма, ибо в действительности обмен веществ (со-

¹ С. С. Гурвич, В. П. Петленко, Г. И. Царегородцев. Вопросы диалектического материализма, стр. 231; ср. также С. А. Мамзин. Категории «содержание и форма» в биологии. «Вопросы философии», 1960, № 7.

держание) с самого начала возникновения жизни (как в оттогенезе, так и в филогенезе) представляет собой уже дифференцированный на несколько функций процесс. Дальнейшее развитие организмов и обмена веществ происходит путем дифференциации и специализации тела на ряд компонентов (тканей, органов, систем органов и аппаратов), призванных к выполнению соответствующих производных функций в пользу целого. Производные функции лишь опосредствуют обмен органических веществ данного организма со средой. Из сказанного можно заключить, что элементы, входящие в содержание, следует рассматривать конкретно, учитывая уровень развития изучаемых существ как в онто-, так и в филогенетическом плане. Биологические и физиологические функции представляют собой ведущую сторону содержания любого живого организма, через функции организм осуществляет свое постоянное обновление и поддерживает жизнь всех своих компонентов. Любые образования организма остаются неотъемлемой частью живого или представляют собой живую часть данного целого лишь во время их функционирования, находясь в действии, т. е. включаясь в цепь реакций, процессов и функций обмена или находясь в роли компонента той или иной функции живого.

* *

*

Развитием биохимии, генетики, молекулярной биологии, биофизики, цитологии идея о единстве и противоречивости функции и структуры подтвердилась на всех уровнях структурной организации живых тел. Следовательно, когда биологи говорят о единстве функции и структуры, они имеют в виду тот факт, что не существуют функции без морфологических образований. Сам телесный субстрат (данная субклеточная или надклеточная структура) является неким единством элементов и их структурной связи. Вот почему в биологии принято говорить о структуре как о материальной организации. Однако только такое понимание, без учета взаимодействия элементов и структуры, не позволяет расчлнить изучаемые явления на элементы и систему их соотношений, раскрыть соотношение функции и формы органа,

функции и структуры на молекулярном уровне живой системы.

Когда мы говорим о единстве функции и формы органа, нельзя забывать того, что сама функция — это динамическая сторона элементов органа, обладающая своей собственной интенсивной структурой, которая не тождественна форме органа. Кроме того, в субклеточных (молекулярных и надмолекулярных) образованиях функции так тесно связаны со структурами, что граница между физиологией и морфологией почти не обнаруживается, а изменение в функции означает одновременно и перестройку структуры, и наоборот¹.

Единство функций и структур подтверждается фактами о конвергентном сходстве в развитии животных, о гомологичном и аналогичном развитии строения и формы многих тканей и органов, встречающихся у организмов различных типов и видов. Явление конвергенции сводится к тому, что животные, стоящие на разной ступени филогенетического развития, принадлежащие к разным, далеко стоящим друг от друга видам, приобретают сходство или сходные признаки в строении, в форме и структуре органов или всего тела. Сходство в строении организмов возникает как результат некоторого сходства в функциях. У различных животных, находящихся в одинаковых или сходных условиях, появляются сходные производные функции, которые в филогенетическом развитии приводят к закладке аналогично построенных органов или к образованию сходной формы. Так наблюдается внешнее сходство акул (рыбы), ихтиозавров (вымершие пресмыкающиеся) и китообразных (млекопитающие). Известно, что предки ихтиозавров и китообразных животных были типичными наземными четвероногими, но в определенных условиях, независимо друг от друга, они вторично перешли к водному образу жизни, вследствие чего изменились их строение и внешняя форма: тело этих животных приобрело форму, хорошо приспособленную к передвижению в воде.

Мы часто наблюдаем примеры сходства в строении органов, происходящих из различных исходных зачатков, но приспособленных к выполнению сходной функ-

¹ См. Н. М. Сисакян. Биохимия обмена веществ. М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 107.

ции. Подобные органы называются аналогичными. В одинаковых условиях жизни, как отмечалось, относительно различные животные, относящиеся к разным классам и подклассам, вырабатывали сходные функции и в силу этого органы, сходные по форме и строению. В результате обнаруживается значительное сходство в общем строении конечностей, выполняющих сходную функцию, у таких отдаленных групп животных, как насекомые и позвоночные. Аналогия также проявляется в сходстве строения некоторых хитиновых образований насекомых и костей позвоночных. В таких случаях сходная функция тканей или их производных, имевшая место в филогенетическом развитии, привела к сходству микроскопических структур.

Следует отметить, что еще Ч. Дарвин обратил внимание на истинный путь объяснения аналогии и конвергентного сходства строения органов различных животных. Например, изучая зрительный аппарат головоногих моллюсков и позвоночных животных, он указывал на то, что даже при независимом происхождении данных групп животных зрительный аппарат у них вследствие его специфической функции не может не иметь сходства. «Всякий орган зрения, — писал Ч. Дарвин, — должен быть образован из прозрачной ткани и должен заключать известного рода хрусталик, чтобы отбрасывать изображение на заднюю стенку затемненной камеры. Далее этого поверхностного сходства едва ли можно найти какое-либо действительное сходство между глазом головоногих и позвоночных»¹.

Однако в живой природе существуют также гомологичные органы, которые имеют общий план строения, развиваясь из сходных зачатков, но выполняют разные функции. В зависимости от большого различия между функциями гомологичных органов возникает и существенная разница в их строении. Сравните, например, крыло птицы, роющую лапу крота, плавательный ласт кита, хватательную конечность обезьяны, руку человека и т. д. Различие в форме этих органов обусловлено весьма различными функциями, которые они стали выполнять в филогенезе. Сходство же их внутреннего строения и соотношение с другими частями и органами (плечевым

¹ Ч. Дарвин. Происхождение видов путем естественного отбора. Соч., т. 3, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1939, стр. 409.

поясом, грудной клеткой, нервной системой) объясняются происхождением из одного и того же органа — ходильной конечности отдаленного общего предка — стегоцефала, котилозавра и подобных. Различие формы и строения передних конечностей и их составных частей — результат разнообразия способов передвижения разных классов млекопитающих, сложившихся в историческом развитии видов в тесной связи со специфическими условиями их существования.

Изложенные соображения и факты показывают, что органы и «структуры» организмов имеют характер полифункциональности. Форма органа в значительной мере зависит от его главной функции. Под влиянием факторов внешней среды, условий существования данного вида перестраивается поведение организма, изменяются разные его производные функции.

* *

*

Учитывая действие принципов (способов) дифференциации, интенсификации и смены функций в филогенетическом развитии, можно объяснить сложные вопросы соотношения функций и органов животных при их переходе из одной среды существования в другую (например, при переходе позвоночных из водной среды к жизни на суше и пр.). А. Н. Северцев¹, И. И. Шмальгаузен² и другие естествоиспытатели показали, что, хотя переход из одной среды в другую обычно сопровождался всесторонним преобразованием формы (организации животных), можно тем не менее выделить преобразование и смену нескольких функций и органов, которые имели ведущий характер и позволили, например, осуществить сам переход к жизни на суше.

Важнейшие изоморфные изменения, которые происходили при переходе позвоночных от водной среды к жизни на суше, обнаруживаются в органах и функциях питания, передвижения, кровообращения, дыхания, органов чувств и нервной системы.

¹ См. А. Н. Северцев. Собр. соч., т. V. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 194—216.

² См. И. И. Шмальгаузен. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии, гл. IV, М.—Л., ГУБМП, 1938.

Остановимся на некоторых моментах изменения и преобразования органов животных под воздействием функций. Рассмотрим становление и развитие легких. Еще Гете высказал мысль о том, что легкие наземных позвоночных представляют собой результат преобразования пары жаберных мешков. Другие ученые утверждали, что легкие образовались из плавательного пузыря вымерших предков нынешних рыб. Исследования биологов показывают, что между этими взглядами по сути дела нет никаких противоречий, если допустить, что и плавательный пузырь двоякодышащих рыб имеет такое же происхождение, т. е. происходит из жаберных мешков. Уже этим подтверждается тот факт, что легкие наземных позвоночных представляют собой результат дальнейшей специализации (как органа дыхания) плавательного пузыря ганоидов и двоякодышащих рыб. Следовательно, легочное дыхание, несомненно, появилось и развилось вначале как дополнительное дыхание у рыб, дышащих жабрами. Легочное дыхание установилось еще у водных животных и вместе с другими морфологическими признаками обусловило переход животных к жизни на суше. Переход предков нынешних наземных позвоночных к легочному дыханию, преобразование плавательного пузыря в легкие, постепенное исчезновение других способов дыхания (кожного, жаберного), монополизация функции дыхания легкими у некоторых позвоночных и, наконец, усовершенствование легочного аппарата представляют собой наглядную иллюстрацию роли функции по отношению к изменению формы органа.

В связи с заменой жаберного дыхания легочным происходили и существенные коррелятивные изменения в других органах и прежде всего в системе органов и аппарата кровообращения. Преобразование кровеносной системы произошло постепенно; оно началось еще у двоякодышащих рыб и кончилось при полном разделении сердца на артериальную и венозную половины у высших наземных позвоночных (птиц и млекопитающих).

Убедительные примеры о зависимости строения органов и структур от функций мы встречаем при анализе преобразования конечностей позвоночных в процессе перехода последних к жизни на суше. В настоящее время нет сомнений в том, что конечности наземных позвоночных представляют собой результат преобразования

плавников отдаленных их предков (рыбообразных животных). Непарные плавники, включая и хвостовой, теряя свои функции на суше, постепенно редуцировались и исчезли. В то же время главные плавники сменили свою функцию в известной мере еще до перехода этих животных к жизни на суше. Частично об этом свидетельствуют и ныне живущие двоякодышащие и кистоперые. Возникает вопрос, как это произошло в истории позвоночных? Палеонтология приводит данные, из которых можно сделать вывод, что жившие в прибрежных мелких водах рыбы пользовались своими плавниками как органами опоры при ползании по дну или при проползании в зарослях водяных растений (что делают современные двоякодышащие). Смена функций привела к прогрессивному расчленению скелета свободной конечности и к усложнению мускулатуры. Выползание животного на сушу, усиление новой функции конечности усовершенствовали строение данных органов и вызвали ряд коррелятивных изменений.

Следует отметить, что большинство активных органов современных животных также оформилось под влиянием смены функций. Дифференцируясь из тела многоклеточного животного, определенные группы клеток приспособились в ходе онто- и филогенетического развития выполнять специальные функции. Под влиянием изменения условий существования организмы были вынуждены усиливать, расширять или сменять те или иные из производных функций, что привело к соответствующим изменениям в форме органов или даже к субституции органов.

Мы рассмотрели роль смены функций активных органов. Может возникнуть вопрос, действует ли этот принцип при эволюции пассивных органов и каким образом происходит смена их функций. А. И. Северцев показал, что при изменении функций пассивных органов можно говорить о принципе смены функций, однако сформулировать его следует иначе: в данном случае речь идет о принципе изменения полезности пассивных органов и некоторых морфологических признаков по отношению к организму¹. Напомним лишь преобразование части чешуи некоторых рыб из абсолютно пассивных структур

¹ См. А. И. Северцев. Собр. соч., т. V, стр. 312, 313 и др.

защиты в активные элементы защиты (вырастание из чешуи крепких шипов у эласмобронхий). Смена функций (или полезности) пассивных морфологических образований очень распространена в живой природе в виде изменения ряда приспособительных признаков организма. Достаточно вспомнить изменение цветных пятен кожи и кожных признаков у тигра, ягуара, у многих птиц, разнообразие расцветки у болотных и древесных лягушек в зависимости от факторов внешней среды. Разумеется, эти изменения происходят не непосредственно под воздействием внешней среды, а опосредствованно, в силу внутренних изменений, протекающих в метаболических процессах организмов.

О зависимости формы органов и организма от функциональных изменений свидетельствуют и многочисленные данные о явлениях физиологической субституции, субституции органов и функций. Эти филогенетические изменения тесно связаны с вышеупомянутыми принципами смены и интенсификации функций. Учение И. П. Павлова также неопровержимо доказывает единство функции и «структур», определяющую роль функции по отношению к форме субстрата. И. П. Павлов отмечает, что наиболее сложную форму в центральной нервной системе имеет тот отдел, который осуществляет самую сложную функцию — большие полушария головного мозга.

Из приведенных примеров можно сделать вывод, что субституция функций и органов наряду с остальными способностями (принципами) филогенетической эволюции органов и животных свидетельствует о ведущей, главенствующей роли функции по отношению к морфологическим изменениям. Под воздействием внешней среды постоянно менялось поведение животного, и это в первую очередь отразилось на изменениях, происходивших в различных производных функциях. Под воздействием естественного отбора в историческом развитии животных выжили те индивидуумы, у которых перестраивались поведение, структура и органы. Ослабление или интенсификация функций, их субституция, расширение или смена приводили к преобразованию формы органов или путем дифференциации, специализации и интеграции отдельных групп клеток формировались и совершенствовались новые органы, призванные к выполнению соответствующих функций.

Данные молекулярной биологии позволяют раскрыть специфичность единства и противоречивости функций и структур и на иных уровнях организованности живого. Динамическая сторона содержания (процессы и функции живого), как и ее интенсивная структура (т. е. чередование процессов и функций во времени), существуют в неразрывном единстве с относительно статичными элементами и с их пространственными структурами. За последние годы расшифрованы ковалентные структуры ДНК, РНК и многих биологически активных белков. Достижения в этой области позволяют сопоставить функцию, биологическую активность биополимеров с определенными особенностями их структуры.

Существует видовая, возрастная и тканевая специфичность в строении белков и нуклеиновых кислот. Между одними и теми же белками, выделенными из разных видов, существуют химические, структурные различия. Каждый вид отличается от другого не только своими морфологическими признаками, как считали раньше, но и своим особым набором белков. А синтез белков данной структуры обуславливается структурой ДНК, которая в виде информации передается на место синтеза белков при помощи так называемых информационных РНК¹. Таким образом, набор специфических белков данного вида обусловлен наследственной информацией, заложенной в ДНК (из которых состоят хромосомы) половой клетки. Существует прямая связь между наследственностью данного организма и специфическими белками. Установлено, что малейшие изменения структуры ДНК вызывают изменения и в структуре синтезируемых белков и этим самым и в направлении физиологических процессов.

Белки в организме выполняют самые различные жизненно важные функции: структурную, каталитическую, сократительную, защитную и т. д. Все эти функции, в частности, обусловлены структурой белков. Нарушение

¹ О путях матричного синтеза белка литературы очень много. Поэтому здесь не дается подробное изложение вопроса. См. об этом кн.: «Проблемы молекулярной биологии». М., «Знание», 1965.

структуры ведет к нарушению функции. Поэтому изучение молекулярной, пространственной структуры белков имеет огромное теоретическое и практическое значение.

Белки — высокомолекулярные соединения, состоящие из многих сотен и тысяч аминокислотных звеньев¹, соединенных между собой полипептидной связью. Вот это строго упорядоченное расположение аминокислот в полипептидной цепи образует остов белковой молекулы и называется первичной структурой. Но белковая молекула почти не функционирует в виде прямой цепи, она образует еще другие структуры. Спиралевидное расположение полипептидной цепи называется вторичной, а клубок из спирали (глобула) — третичной структурой. Каждая из них характеризуется своими специфическими связями и играет особую роль при выполнении функции. Например, если глобула растягивается в нить, то белок денатурируется и теряет свою функциональную активность и т. д.

Таким образом, и на молекулярном уровне мы наблюдаем неразрывность структуры и функции. Всеобщая истина о том, что нет биологических функций без специфических структур и нет биологических структур, которые не несли бы определенных функций, подтверждается данными и молекулярной биологии и генетики.

Раскрывая вопрос о единстве структуры и функции, следует сказать и о другой стороне этого соотношения, т. е. их противоречивости. Противоречивый характер функции и структуры на молекулярном уровне живого имеет ряд особенностей. Прежде всего следует отметить, что иногда сходные по своей структуре химические и биохимические соединения осуществляют различные биологические функции и, наоборот, функциональное сходство сопровождается структурным различием. Например, по своим функциональным проявлениям, по роли в обмене веществ антиметаболит противоположен функции метаболита, хотя по структуре может различаться всего лишь одной или несколькими группами.

Другой аспект противоречивости функции и структуры проявляется в неравномерности отдельных частей структуры по отношению к функции. Одни из частей

¹ См. Анфинсен. Молекулярные основы эволюции. М., ИЛ, 1962; С. Е. Бреслер. Введение в молекулярную биологию. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

структуры несут основную функциональную нагрузку, другие остаются как бы пассивными (об этом свидетельствуют экспериментальные данные о роли «активных» участков белка, ферментов и др.).

О видимом разрыве функции и структуры свидетельствует и ряд других примеров, когда структура налицо (обнаружима), а функция не дает о себе знать. Напомним здесь состояние анабиоза у некоторых растений, длительное хранение жизненных потенций в спорах, семенах, а также полный анабиоз в случае вирусов, бактериофагов и т. д. Во всех этих и подобных случаях относительная самостоятельность функции и структуры выражается в массе несовпадений направленности, скорости и ритма изменения структуры и функции.

Не следует упускать из виду и относительной самостоятельности структур¹, которая заключается, в частности, в том, что структура не реагирует автоматически на любое изменение содержания, например на любые изменения элементов, которые она соединяет. Известно, что внешние условия беспрерывно изменяются и, хотя данный организм постоянно ассимилирует новые вещества, в известных пределах он сохраняет свою качественную определенность. Это происходит в силу того, что внутренняя форма, структура организма, на каждом этапе развития целого допускает возможность некоторых изменений элементов содержания. Только определенное количество изменений процессов, органических веществ, функций организма вызывает в конечном счете перестройку внутренней и внешней форм данного живого существа. Таким образом, функции и процессы обмена веществ живого изменяются в рамках данной его формы до определенного предела и благодаря этому организм существует как таковой, т. е. сохраняет свое качество.

Другим проявлением относительной самостоятельности структуры по отношению к функциям является тот факт, что производные функции, биологически равноценные, выполняются у организмов, далеко стоящих друг от друга, разными структурами. Например, функция дыхания или передвижения в одной и той же среде

¹ См. В. И. Свидерский. О диалектике элементов и структуры в объективном мире.

осуществляется разными структурами, разными органами. Сравним также успешное использование исследователями и хирургами искусственного желудка, сердца.

В тесной связи с вопросом об относительной самостоятельности структуры выступает и проблема ее активной роли для развития явления или процесса. «Форма или структура, — пишет академик Н. М. Сисакян, — которые возникают как результат биохимического процесса, придают качественно иную направленность, совершенно иную динамику протеканию процессов обмена веществ...». И дальше: «Структурные изменения живой материи и ее основы — белков также представляют один из важнейших факторов, определяющих направленность биологического обмена веществ, поскольку непрерывно происходящие структурные изменения протоплазмы определяют химическую активность белков, в том числе и ферментов, а тем самым — скорость и направление процессов обмена веществ»¹.

Выше мы сделали главный акцент на рассмотрении положительной роли структуры при эволюции функций организмов. Имеются факты, свидетельствующие и о тормозящей роли структуры в отношении функции. Очевидно, что в патологии, в случае нанесения какого-либо ущерба форме органов, благодаря малоразвитости органа и организма производные функции не могут осуществляться нормально. Тормозящее влияние структуры на функцию может быть результатом морфологического регресса, упрощения (частной дегенерации), т. е. результатом узкой и необратимой специализации данного органа по отношению к мало изменяющимся условиям существования. В подобных случаях роль структуры в задержании функций проявляется косвенно через уменьшение возможностей вторичных изменений в морфологии органа. Когда упрощение формы достигло определенной степени, дальнейшую редукцию органа (или упрощение его организации) нельзя остановить; в силу этого некоторые функции подавляются, ослабляются, а новые приспособительные функции не могут образоваться именно благодаря упрощенности органа. При анализе роли структуры в отношении функции не следует упускать из виду взаимной обусловленности этих явлений и,

¹ Н. М. Сисакян. Биохимия обмена веществ, стр. 110, 125.

вместе с тем, их зависимости от целостности организма, от условий внешней среды и действия естественного отбора.

Для понимания некоторых особенностей единства функции и структуры и активной роли последней представляет интерес выдвинутая биохимиками и философами мысль о существовании так называемого активного центра структуры¹. Так, полагают, что на субклеточном уровне функции и деятельность белковой молекулы (например, гормона) не обусловлена всей структурой, а лишь действием ее активного центра. Причем сама структура этого активного центра отлична от общей структуры белковой молекулы и в определенном смысле существует самостоятельно. Данные положения, по мнению В. И. Свидерского, позволяют более конкретно рассмотреть «соотношение существенных и менее существенных звеньев самой структуры и необходимость в общем случае учитывать прежде всего не всю структуру в целом, а ее определяющие звенья»².

Правильное понимание роли активного центра структуры помогает еще глубже понять принцип локализации функций, ибо данные биологии показывают, что не все биохимические функции строго связаны с определенными структурами. «Поэтому, — пишет Н. М. Сисакян, — в настоящее время понятие локализации теряет свое абсолютное значение и можно говорить лишь об относительном разобщении тех или иных биохимических функций внутри клетки»³.

Мысль о существовании и особой роли активного центра структуры дает возможность выявить те данные биохимии, которые противоречат или по крайней мере ставят под сомнение универсальность принципа единства функции и структуры. Наблюдения показывают, что всякой структуре могут быть присущи некоторые скрытые тенденции, каждая из которых реализуется при

¹ См. С. Бреслер, А. Пасынский. Возникновение жизни на Земле. В сб.: «Труды Международного биохимического симпозиума». М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 291, 293.

² В. И. Свидерский. О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании, стр. 213.

³ Н. М. Сисакян. Биохимические функции клеточных структур. В сб.: «Международный биохимический симпозиум». М., Изд-во АН СССР, 1961, стр. 4.

вполне определенных условиях, исключая при этом реализацию других тенденций (возможностей).

То, что без структуры не может быть функции, считается само собой разумеющимся. Что касается обратного положения, то оно не кажется столь очевидным даже для некоторых биологов. Так, иногда высказывается предположение, что может существовать структура, не имеющая каких-либо функций, например придаток слепой кишки. Конечно, могут быть структуры, теряющие свои специфические функции. Но если они сохраняются в живом организме, то все же, может быть не прямо, а косвенно, участвуют в функционировании всего организма. Значит, какую-то функцию, если и не специфическую, они выполняют. «Еще сравнительно недавно, — справедливо отмечает Г. В. Никольский, — червеобразный отросток слепой кишки у человека (аппендикс) считался совершенно бесполезным рудиментом. Сейчас выяснено его участие в обменных процессах. Крыло страуса, казалось бы бесполезное, нужно ему, однако, при беге; крылышко у летающих птиц, как оказалось, важно им в полете и т. д. Я глубоко убежден, что органов без функций нет и не может быть. Мы просто еще не знаем приспособительного значения тех органов и свойств, которые считаем рудиментарными»¹. Структура, которая полностью прекращает осуществление функций, обычно атрофируется. Требуется исключительные условия, чтобы структура длительное время сохранила способность реализации, без специального на то приспособления.

*

*

*

Соотношение структуры и функции ярче всего проявляется в живой природе. Поэтому не случайно эти категории больше всего разрабатывались на материале биологических наук. Однако соответствующие исследования проводятся и на материалах математики, кибернетики, при исследовании общественных явлений и т. д. Все это позволяет предположить, что со временем категория «функция» будет рассматриваться так же широко, как

¹ Г. В. Никольский. Вид и видообразование. М., «Знание», 1962, стр. 16.

и остальные категории материалистической диалектики. Такое предложение уже имело место¹.

Поэтому также большое место в науке занимает анализ структуры и функции. *Структура — определенная организация системы, она характеризуется совокупностью устойчивых, существенных, повторяющихся связей между элементами.*

Функция представляет собой такое реализующееся свойство, благодаря которому в той или иной степени формируется целое. Другими словами, функции имеют место лишь у составных частей и элементов целостных материальных систем. В этом заключается целесообразность отношения части к целому. Отношение части к целому выражается в определенной способности, свойстве части, которые определяются ее структурой, а также реализацией в специфическом движении. Живая природа в целом, например, сама по себе никаких функций не имеет. О какой-либо ее функции можно было бы говорить лишь в системе, где живая природа выступает в качестве составной части или элемента.

Итак, каждая саморазвивающаяся материальная система состоит из систем и образующих их элементов. Не только система в целом, но и элементы обладают определенной структурой и свойствами. Одним из постоянных свойств материальных систем и их элементов, как уже было отмечено, является движение. Каждая система и каждый элемент обладают специфическим движением. Именно в движении обнаруживаются свойства системы и элементов. В то же время многие свойства могут быть определены как способность к определенному специфическому движению. Благодаря осуществлению своих функций сохраняется и развивается система в целом. Природа этих функций определяется, следовательно, как структурой элементов, так и структурой всей системы. *Единство свойств и специфического движения элементов, благодаря которым сохраняется и развивается система в целом, мы называем функциями элементов.*

¹ Seminar Über Struktur und Funktion in der modernen Genetik. DZFPb, 1963, Nr. 12.

А. М. КОРШУНОВ

ПРОБЛЕМА ОБРАЗА И ЕЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Мы остановимся на характеристике сущности субъективного образа в связи с некоторыми данными кибернетики, физиологии высшей нервной деятельности и психологии. Образ относится к идеальной форме отражения, поэтому в гносеологическом плане необходимо дать характеристику идеального.

1. ОБРАЗ КАК ИДЕАЛЬНАЯ ФОРМА ОТРАЖЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

На наш взгляд, существенно важным в интерпретации идеального является понимание его функционального характера. Именно так можно объяснить кажущуюся «странность» идеального, состоящую в том, что оно не содержит в себе ни грана вещества отражаемого объекта, не может быть измерено, взвешено и т. д., хотя его можно обнаружить по внешнему проявлению в деятельности субъекта. У материи есть и другие свойства, в каком-то отношении подобные идеальному. Таковы, например, функциональные качества объектов, возникающие из их назначения для деятельности человека. Так, стакан есть инструмент для питья, стул — средство сидения, орудия труда — средство практической деятельности человека. Поскольку функциональные свойства являются результатом определенного назначения предметов для

материально-практической деятельности человека, они объективны. Такие свойства проявляются лишь в процессе употребления предметов человеком.

Что касается идеального, то его функциональный характер также определяется той ролью, которую оно играет в жизнедеятельности людей. Специфика идеального как функционального свойства состоит в том, что оно является образом действительности и как таковое выступает в качестве **специфической** формы отражения.

Отражение имеет место на всех ступенях развития материального мира, в том числе на уровне неживой природы. Здесь оно выражается в форме многообразных следов, произведенных воздействием одних явлений на другие и изоморфных воздействующему объекту. Характерно для отражения в неживой природе то, что здесь содержания отображаемого и отражающего слиты, не разделены.

Для наших целей важно также отметить, что наряду с идеальными существуют и материальные образы, т. е. копии, чертежи, схемы, модели, произведения изобразительного искусства и т. д. Все материальные образы по способу их происхождения можно подразделить на образы, являющиеся результатом причинно-следственных отношений между отображаемым и его изображением (к числу таковых относятся многочисленные отпечатки одних тел на поверхности других, зеркальные изображения, изображения на экранах телевизоров и т. д.), и образы, созданные рукой человека (статуи, картины, многочисленные виды моделей, макетов и т. д.), которые в отношении отображаемого не являются его следствием. В последнем случае образ есть результат определенной деятельности субъекта.

Для всех видов образов, как форм отражения, существенна их способность воспроизводить содержание отображаемых объектов. В образах, в отличие от отражения в неорганической природе, это содержание выделено, выражено как содержание другого объекта. Образа нет без известного (физического, геометрического, функционального) подобия явлений. В качестве образа могут выступать только сходные в каком-либо отношении объекты. В этом, в частности, состоит отличие образа от знака (знак, как правило, не обладает сходством с обозначаемым). Однако подобие, сходство одних явлений с

другими еще не выражает всей сущности образа. Назначение всякого (материального) образа — быть заместителем или представителем других объектов. Именно благодаря этой функции образ и выражает такое содержание, которого у него самого по себе, как некоторого материального явления, нет. Так, статуя сама по себе — глыба мрамора и только. Но в функции образа это уже не просто кусок мрамора, а образ человека со всей сложной гаммой его переживаний.

Отношение замещения возникает лишь при условии отождествления субъектом образа с другими объектами. Такое отождествление возможно в ходе мысленной деятельности. Однако в качестве основы его выступает практика человека и та роль, которую образы играют в материально-практической деятельности человека. Практически всегда для производства каких-то предметов необходим некий образец. В качестве такового первоначально выступают такие же предметы, как и производимые. Производя реальные предметы в соответствии с уже имеющимися (последние выступают как некоторый образец), человек тем самым как бы материально их отождествляет. Позднее человек прибегает к изготовлению схем, чертежей, моделей, представляющих собой своеобразные планы изготавливаемой продукции. С развитием общества функция замещения начинает реализовываться не только в процессе практической, производственной, но и в других видах деятельности, в частности научной, эстетической и т. д. На базе развития способности материально, практически, соотносить объекты друг с другом у человека формируется способность соотносить их идеально, мысленно.

Оценка вещей с точки зрения их функциональной значимости, на наш взгляд, может быть использована для интерпретации сущности информации. Анализ информации в настоящее время крайне актуален и представляет интерес для математиков, кибернетиков, биологов, психологов, философов и т. д. Известно, что в шенноновской теории информации дается вполне точная ее количественная характеристика. В качестве меры информации рассматривается мера определенности выбора из событий с вероятностями $P_1, P_2, \dots, P_n$. Информация оказывается не чем иным, как негэнтропией (Бриллюэн). Вместе с тем, теория информации отвлекается от качест-

ва информации, ее смыслового содержания. В этом ее ограниченность. Поэтому вполне понятно стремление создать теорию, в которой учитывалось бы не только количество информации, но и значение, смысл сигнала (Г. Карнап, Бар-Хиллел), а также ценность информации, ее значение для деятельности (А. А. Харкевич). С этой точки зрения целесообразно рассматривать информацию как вид отражения. Существо информации связано с той ролью, которую отражательные процессы играют в ориентировочной деятельности живых организмов и практической деятельности человека.

Отражение, как отмечалось, есть свойство материальных явлений воспроизводить в своих особенностях особенности других предметов и явлений. Условием всякого отражения является взаимодействие по крайней мере двух систем. При этом характерная черта отражения на уровне неживой природы состоит в том, что следы отражения не используются в процессе жизнедеятельности. Другими словами, они не опосредствуют никакого процесса деятельности, а потому и не выступают в функции заместителей, представителей чего-то другого, по отношению к чему могла бы осуществляться ориентировочная или практическая деятельность.

Замещение же, репрезентация, возможна лишь только тогда, когда есть минимум три члена: представляемый, представляющий и субъект, для которого только и существует отношение представительства. Любые явления могут выступать в функции замещения, представления, если они имеют отношение к деятельности субъекта. Типичными примерами таких представителей служат знаки. Последние как некоторые материальные явления значимы для субъекта не сами по себе, а лишь со стороны того содержания, которое они обозначают и в отношении которого протекает деятельность.

Особенность знаков как представителей связана с тем, что субъект более или менее сознательно придает некоторым материальным явлениям значение и тем самым соотносит их с другими предметами. Однако возможны представители другого рода. Представительные функции могут быть результатом того, что некоторые процессы опосредствуют деятельность субъекта (а также животных). В этом случае явление что-то представляет не потому, что субъектом ему придано значение, а пото-

му, что оно связывает субъекта с окружающим миром, с объектом деятельности. Такие явления приобретают сигнальные функции¹, т. е. становятся носителями информации. Информацию поэтому можно было бы определить как свойство материальных процессов представлять или замещать содержание чего-то другого, с чем эти процессы связаны. Информация — специфическая форма отражения, это — функциональное отражение. Называя информацию функциональным отражением, мы тем самым подчеркиваем ту специфическую роль, которую она играет в процессе деятельности. Лишь те виды отражения являются информационными, которые связаны с процессами жизнедеятельного организма или практической деятельности человека.

Например, световой поток, отражаясь от предметов, безусловно запечатлевает в себе особенности этих предметов, отражает их. Но этот поток не будет носителем информации, если он не станет фактором, опосредствующим связь субъекта с внешним миром. Однако положение меняется, как только световой поток начинает выступать в такой роли. В этом случае он становится средством передачи информации о предметах, с которыми взаимодействуют животное и человек. Тем самым материальный процесс приобретает функцию представительства. Поэтому и деятельность воспринимающей системы (животное, человек) в отношении такого рода явлений определяется прежде всего содержанием представляемого явления, а не самим процессом, в котором это содержание представлено. Так, воздействие света на сетчатку

¹ Мы не можем согласиться с мнением И. Б. Новика, который считает необходимым дать субстратно-качественное определение информации и с этой целью предлагает сближать теорию информации с физикой. Нельзя, конечно, заранее считать, что такое сближение не принесет пользы. Однако выявить сущность информации на этом пути, на наш взгляд, невозможно. Информацию нельзя сводить ни к специфическому субстрату, который якобы должна открыть физика, ни к структурам материальных процессов. Последние — лишь носители информации, форма ее кодирования. Ни в коем случае нельзя умалять роли математики и кибернетики в развитии теории информации; этим наукам принадлежит исключительно важная роль в исследовании некоторых аспектов информации. Однако сущность информации может быть понятна лишь в том случае, если в исследовании будут использованы методы марксистской теории отражения. Принципиальное значение при этом принадлежит интерпретации информации как функционального отражения.

глаза ведет к физико-химическим изменениям в палочках и колбочках (выцветание зрительного пурпура), прикосновение рукой к предмету деформирует тактильные рецепторы и т. д. Первичные изменения в рецепторах имеют значение одного из моментов деятельности нервной системы. Эти изменения в воспринимающих аппаратах обеспечивают связь анализатора с предметами при помощи определенных материальных процессов (свет, звук и т. д.) в случае дистантной рецепции или прямо, непосредственно в случае контактной рецепции. Однако благодаря прямой или косвенной связи анализатора с предметами на основе нейродинамических процессов у субъекта формируется адекватный образ предмета, и тем самым обеспечивается связь субъекта с предметами, в отношении которых он действует. Следовательно, если первичные изменения в органах чувств зависят от физико-химических свойств процессов, «промежуточных» между субъектом и внешними предметами (к их отражению и приспособились в ходе эволюции органы чувств), то деятельность субъекта определяется тем содержанием этих процессов, в котором воспроизводятся особенности отражаемых объектов. Это содержание отражения и является информацией. Такова в общих чертах сущность информации.

Идеальное существенно отличается от материальных образов и от материальных форм отражения. Отличие состоит прежде всего в том, что идеальное не является для субъекта заместителем чего-то другого. Заместитель всегда есть нечто внешнее по отношению к сознанию субъекта, что используется им в деятельности. Идеальное же — это специфическая деятельность субъекта, в форме которой он *выделяет содержание отражаемого*. Посредством такой деятельности внешняя действительность становится реальностью для человека, его внутренним миром. Содержание же материальных образов не становится реальностью для тех объектов, которые выступают в качестве образов; оно реально только для субъектов. В этом, в частности, состоит отличие идеального как функционального свойства от функциональных логико-математических моделей, реализуемых на счетных, кибернетических машинах.

Как отмечает К. Маркс, идеальное есть материальное, пересаженное в человеческую голову и преобразованное

в ней. Идеальное поэтому является своеобразной формой усвоения объекта. В отличие от материального усвоения, когда объект изменяется материально, идеальное усвоение объекта совершается без его материального преобразования. Поскольку идеальное есть материальное, перенесенное во внутренний план, ставшее реальностью для субъекта, то и законы деятельности идеального — это законы внешнего мира, только «пересаженные» в человеческую голову.

Идеальное формируется в материальной деятельности субъекта, роль которой состоит в следующем. Во-первых, деятельность ставит субъекта в специфически человеческие отношения к внешнему миру. Человек взаимодействует с окружающим миром не просто как физическое тело, а как социальное существо. Во-вторых, в ходе воздействия человека на внешний мир благодаря усвоению способов деятельности с орудиями труда, с созданными человеком предметами, с языком субъект овладевает опытом социального отношения к объективному миру. В-третьих, практическая деятельность субъекта определяет значимость для человека тех или других процессов и законов объективного мира и тем самым необходимость их отражения в форме образов.

Любая деятельность предполагает: 1) определенную потребность (социальную и биологическую); 2) постановку задачи, как бы предваряющей результаты деятельности; 3) сопоставление результатов с поставленной задачей. Все эти моменты выражают специфику отношения субъекта с окружающим миром как с миром предметов. Так, потребность человека есть потребность в определенном предмете, обладающем определенными свойствами. Постановка задачи суть конструирование той предметной ситуации, достижение которой составляет цель человека и, вместе с тем, определение форм деятельности, посредством которых данная ситуация создается. Как отмечает К. Маркс, в конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса был в представлении работника. И, наконец, сопоставление результатов деятельности с поставленной задачей есть сравнение той предметной ситуации, которая планировалась, и той, которая реально образовалась в ходе осуществленной практической деятельности. На основе

этого субъект и вырабатывает новые формы деятельности, если результат оказался не соответствующим поставленной задаче; изменяет задачу, т. е. конструирует новую ситуацию, к которой он должен прийти на практике, когда оказывается, что имеющиеся средства не обеспечивают достижение поставленной цели. Следовательно, практическая деятельность человека предполагает в качестве предварительного условия, во-первых, реальное существование для субъекта содержания предмета и, во-вторых, действие с ним без непосредственного его изменения. Прежде чем произвести материальное воздействие на предмет, человек оперирует с ним, не изменяя его в материальном отношении. Вся эта деятельность и составляет сущность идеального.

Практически-материальную обусловленность форм деятельности и отражения в сфере идеальных процессов подчеркивает В. И. Ленин, когда отмечает, что практика, миллиарды раз повторяясь, закрепляется в сознании человека фигурами логики. Внутренняя мыслительная деятельность возникает и развивается из внешней практической деятельности человека. Первоначально мышление осуществляется при непосредственном практическом действии с предметом. Впоследствии эта внешне-практическая деятельность переносится во внутренний план. Можно, очевидно, сказать, что мысленные операции являются как бы воспроизведением операций практической деятельности. Анализ и синтез, абстрагирование, сравнение, возведение единичного во всеобщее и т. д. осуществляются первоначально в ходе практической деятельности, а затем становятся операциями духовной деятельности.

Учет деятельности (социальной и биологической) как основы идеального позволяет понять действительную роль мозга как органа сознания, психики, выяснить реальную связь психического и физиологического. Вполне справедливо замечание Э. В. Ильенкова, отмечающего, что пытаться объяснить идеальное из анатомо-физиологических свойств тела мозга — это такая же нелепая затея, как и попытка объяснить денежную форму продукта труда из физико-химических особенностей золота. Идеальное есть не просто свойство мозга, а свойство социального человека. Мыслит не мозг сам по себе, а человек, обладающий мозгом.

Мозг — это орган, обеспечивающий регулирование сложнейших процессов в организме, в его связи с окружающими условиями. Именно деятельность мозга как регуляторного фактора, а также изменение человеком окружающего мира и определяет то, что процессы, совершающиеся в разных отделах анализаторов, несут в форме образов информацию о содержании предметов и явлений. Значит, коль скоро при рассмотрении мозга абстрагируются от той функциональной роли, которую мозг выполняет в деятельности, становятся непонятными условия, при которых он «порождает» идеальные образы. Нейродинамические процессы не сами по себе, а лишь в определенном назначении для организма служат физиологической основой психического. Жесткой связи между физиологическими законами и психическими процессами не существует. Одни и те же законы в зависимости от состояния организма и условий, в которых он находится, могут служить основой различных психических явлений. Все зависит не от рефлекторного акта самого по себе, а от значимости раздражителя, от той ситуации, в которую «включена» рефлекторная деятельность.

Подчеркивание функционального характера идеального способствует преодолению упрощенческого понимания соотношения психического и мозга в духе так называемого «наложения» психического на физиологическое. В этом случае определенному психическому процессу приписывается вполне определенная материальная основа (например, ощущению соответствует условный рефлекс, основой восприятия являются комплексные условные рефлексы и т. д.).

Вряд ли можно согласиться также с тезисом о мозге как своеобразной причине идеального. К сожалению, такой взгляд встречается в нашей литературе довольно часто. Эта концепция тесно связана с признанием гносеологического и онтологического (или естественнонаучного) аспектов рассмотрения психики. Согласно этой концепции, психика идеальна в гносеологическом аспекте, будучи отражением объекта, и материальна в онтологическом аспекте как свойство мозга. Отсюда неизбежно вытекает идея двойной детерминации психического. Получается, что психика детерминирована внешним воздействием объекта и внутренне, со стороны мозга.

Действительно, что означает, например, утверждение относительно материальности психики в так называемом онтологическом отношении? Данное положение представляет элементарную путаницу, ибо непонятно, как и почему природа явления может зависеть от аспекта его рассмотрения. Говорят, что в гносеологии материя и сознание рассматриваются как абсолютные противоположности, поэтому в гносеологии сознание интерпретируется в качестве идеального, в естествознании же психика рассматривается в единстве с материей, поэтому она материальна. Психика, конечно, может быть объектом конкретных наук, которые так или иначе рассматривают соотношение психических процессов с материальными. Так, психология и физиология высшей нервной деятельности ставят проблему взаимоотношения психического и физиологического. Кибернетика связь психического и материального выявляет в плане отношения мысленной деятельности и ее моделей. Однако значит ли это, что психическое при конкретном научном исследовании предстает как материальный процесс? Если бы это было так, то следовало бы признать философское понимание идеальности психики ложным, не выражающим ее действительной природы. Отсюда неизбежно следовал бы вывод о том, что решение основного вопроса философии марксизмом псевдонаучно. Но если мы считаем, что характеристика сознания, психического в гносеологии является правильным, то во всех случаях, когда естествоиспытатель исследует психику, он имеет дело с идеальным свойством, не сводимым к материальным процессам.

Признание материальности психического в естественнонаучном отношении фактически приводит к отрицанию методологической роли философских принципов для естествознания. Ведь если психика материальна, то естествоиспытатель не нуждается в философском решении проблемы идеального. И, напротив, признание идеального характера психики во всех аспектах ее изучения способствует правильному пониманию сущности психики, ее отличия от физиологического, границ моделирования психических процессов и т. д.

Правда, в ряде случаев специфика идеального может оставаться для исследователя в стороне: идеальное, хотя и противоположно материальному, обладает с ним

некоторыми общими чертами. Существует определенное сходство процессов мышления и некоторых материальных процессов. Это сходство может быть выражено в виде материальных моделей. Например, мысленные операции конъюнкция или дизъюнкция могут быть представлены в виде последовательного или параллельного соединения элементов в контактно-релейной схеме. При исследовании черт сходства идеальных и материальных процессов ученый абстрагируется от их качественного различия. В ряде случаев он просто не видит этого различия и даже абсолютизирует сходство, чем стирает грани между материальным и идеальным. Однако отвлечение в конкретном исследовании от противоположности материального и идеального, а тем более прямое игнорирование этой противоположности никак не свидетельствует о том, что такой противоположности вообще не существует.

Идеальное играет активную роль в деятельности человека. Вопрос о превращении идеального из внутреннего состояния во внешнюю предметную деятельность выступает как проблема регуляторной роли образа в отношении к физиологическим, нейродинамическим процессам. Общеизвестно, что идеальные образы — важнейшее условие сложной деятельности субъекта. Однако материальным механизмом двигательных актов, составляющих активную сторону деятельности, являются рефлекторные процессы. Отсюда и вопрос: как понять активную роль образов в отношении физиологических процессов? Ведь если эти образы условие деятельности, то регуляторная роль идеального сказывается в его отношении к материальным механизмам. Возможны несколько вариантов решения этой проблемы.

Первый состоит в том, что образ понимается как причина нейродинамических процессов, приводящих в действие эффекторы. Очевидно, что образ здесь должен трактоваться как некоторая материальная сила, ибо воздействие на материальный процесс возможно со стороны только материального явления. Поэтому признание материальности психического, казалось бы, устраняет трудности в понимании того, как образ осуществляет регулируемую роль в отношении нейродинамических процессов. Однако концепция материальности психического лишь по видимости разрешает данный вопрос.

Она, в частности, не может объяснить сложности и многогранности социальной деятельности человека, ее специфики, отличая от функционирования автоматов.

Второй вариант основан на признании нейтральности психического, идеального. Идеальное здесь выступает как эпифеномен, сопровождающий физиологические процессы, но не выполняющий активной роли в процессе деятельности. Эти взгляды носят дуалистический характер и не могут быть нами приняты. Регулирующая роль психики слишком очевидна, чтобы ее можно было игнорировать.

На наш взгляд, для выяснения роли идеального в отношении физиологических механизмов надо опять-таки учитывать связь идеального не только с мозгом, но и с материальной деятельностью. Регуляторная роль идеальных образов объясняется не просто тем, что в них запечатлен объект, но и тем, что образ есть «снятая» форма практической, материальной деятельности. Это значит как то, что в образе зафиксированы свойства объектов, с которыми действовал субъект, так и то, что отношения и операции, присущие идеальной деятельности, воспроизводят отношения и операции самой практики и тем самым отношения объективной действительности. Это мы уже отмечали в отношении логических образов. Можно также сослаться на исследования, которые то же самое говорят по поводу чувственных восприятий. Формируясь в ходе двигательных актов, чувственный образ является как бы их «снятой» формой. Он тем самым может перешифровываться в действия. Как подчеркивает Л. М. Веккер, здесь имеет место переход двигательных компонентов изображения в компоненты собственного моторного эффекта¹.

Однако как осуществляется этот перенос с движений, в ходе которых формируется образ, на движения практические? Как осуществляется влияние идеального в отношении рефлекторных механизмов? Ответ на этот вопрос, думается, возможен, если учесть, что двигательные операции, в ходе которых формируется образ, вместе с тем, выступают материальной формой бытия иде-

¹ См. Л. М. Веккер и др. Роль осязания в процессах познания и труда. М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.

ального. Идеальное у человека относительно независимо от материальной деятельности. Для восприятия объекта или процессов мышления человеку нет необходимости в каждом акте отражения осуществлять практическое, материальное воздействие на отражаемый объект. Однако идеальное отражение не может быть вообще независимым от всякой материальной деятельности. Такой деятельностью на уровне мышления и является оперирование со словами и знаками. На уровне чувственных образов — это двигательные акты, посредством которых обеспечивается рецепция предмета. Именно эти двигательные операции, будучи внешней формой идеального, становятся теми материальными факторами, которые пускают в ход рефлекторные механизмы, лежащие в основе предметной деятельности субъекта. Например, рождение звукового или письменного комплекса в ходе речевой деятельности означает не только рождение внешнего материального явления, которое само выступает как некоторый сигнал, но и включение систем рефлекторных актов, начало которым кладут возбуждения, идущие из голосовых связок, мышц и т. д.

Стало быть, в формировании образа участвуют как рефлекторные процессы, вызванные прямым или косвенным воздействием объекта, так и процессы, которые возникают из двигательных актов, сопровождающие отражение объекта. И принципиально не существенно, являются ли эти двигательные акты результатом, скажем, разглядывания предмета или результатом напряжения мышц при произнесении слова. Они кладут начало нейродинамическим процессам, составляющим основу двигательных операций предметной деятельности. Следовательно, идеальный образ не действует на рефлекторные процессы как некая материальная сила. Его влияние осуществляется через те материальные процессы, которые составляют условие формирования образа, внешнюю форму его бытия и в конечном счете вырастают из внешней предметной деятельности субъекта. Следовательно, в ходе предметной деятельности формируются внешние двигательные механизмы, как бы обеспечивающие моделирование объекта и тем самым формирование его образа. Вместе с тем, эти механизмы обеспечивают переход и от образа к объекту, т. е. предметное действие субъекта.

2. ПРОБЛЕМА АДЕКВАТНОСТИ ОБРАЗА В СВЕТЕ ФИЗИОЛОГИИ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Формирование образа всегда связано с деятельностью анализаторов. Поэтому при гносеологическом исследовании необходимо учитывать данные физиологии анализаторов. Эти данные позволяют более конкретно обосновать адекватность образа. Их философская интерпретация важна и в плане критики так называемого «физиологического» идеализма и вырастающих из него знаковых концепций.

Ошибочно сводить сущность рецепции только к одностороннему действию раздражителя. Рецепция действительности субъектом — активный процесс. Само воздействие внешнего раздражения на человека зависит от активности последнего. В образах человек отражает лишь те свойства, которые включаются в процесс его жизнедеятельности. Иначе говоря, должно быть действие субъекта на предмет для того, чтобы последний идеально отразился в голове. Только при учете этого обстоятельства можно понять, как у субъекта в процессе отражательной деятельности органов чувств формируется адекватный образ.

Отражение начинается с воздействия внешних предметов на рецептор. Здесь происходит первичный анализ и синтез раздражителя. Высший анализ и синтез осуществляются деятельностью центральных отделов анализаторов — коры головного мозга. Сюда с периферии приходят нервные импульсы, доставляющие информацию о малейших изменениях во внешней и внутренней среде. Анализ в коре головного мозга происходит благодаря деятельности первичных или проекционных зон (в зрительном анализаторе, например, 17-е поле). Вокруг первичных полей в корковом конце анализатора надстраиваются вторичные зоны, которые осуществляют синтез поступающей информации. В коре существуют и третичные зоны — зоны перекрытия. Благодаря этому создаются необходимые условия для установления функциональных отношений между любыми комбинациями сигнальных раздражителей, что делает системы анализаторов универсальными приборами для отражения действительности.

Важнейшим условием соответствия состояний анализаторов внешнему воздействию, а в конечном счете соответствия образа объекту является энергетическая связь между нейродинамическими процессами, совершающимися в рецепторных отделах, и внешним событием. Хотя нейродинамические явления качественно своеобразны и существуют за счет внутренних процессов организма, тем не менее изменение анализатора под воздействием внешнего раздражителя происходит с поглощением энергии. Внутренняя же энергия нервной системы обеспечивает распространение возбуждения, усиление сигнала и его передачу без затухания. Таким образом, усвоение анализатором информации и превращение энергии в нервный процесс взаимосвязаны.

Существенно важным моментом в формировании адекватного образа являются двигательные акты, которые, как отмечалось, сопровождают процесс рецепции и соответствуют воспринимаемому предмету. Так, движения глаза, хотя и не носят строго определенного характера, зависят в конечном счете от формы предмета. Более упорядочены движения в процессе осязания, они воспроизводят пространственные свойства объекта. Различные экспериментальные данные показывают, что движения «чувствующих снарядов» играют решающую роль в формировании образа. В случае, например, осязательного восприятия между двигательными актами руки и формирующейся структурой образа существует прямая связь. Как отмечает Л. М. Веккер, в этом случае отражение траектории движения преобразуется в отражение контура предмета. При этом образ утрачивает свою непосредственную двигательную характеристику, являясь изображением, в котором произошла перестройка пространственно-временных компонентов. Сама связь двигательных актов и пространственно-временных свойств предметов, с одной стороны, и образа, отражающего объект, — с другой, чрезвычайно важна для адекватности образа. Эта связь свидетельствует и о единстве идеального отражения и материальной деятельности.

Конечно, движения, сопровождающие процесс восприятия, далеко не всегда изменяют объект. Так, даже в деятельности руки наряду с системой исполнительных выделяется система ориентировочных действий. Их функция заключается в том, что, воспроизводя свойства

воспринимаемого объекта, «уподобляясь» (А. Н. Леонтьев) ему, моделируя его особенности, они приводят к адекватному отражению объекта. Еще более свободны в отношении задач преобразования предмета двигательные акты глаза. При этом нельзя не видеть связи двигательных операций глаза с предметными операциями руки. По существу об этом говорит И. М. Сеченов, отмечая, что глаз человека является учеником «видящей» руки. Имеется большой фактический материал (например, из области детской психологии), показывающий зависимость движений глаза от развития предметной деятельности человека. Ориентировочные действия первоначально возникают как органическая часть практической деятельности субъекта в тесной связи с ее исполнительской частью. Однако глаз, накапливая опыт, становится относительно самостоятельным в своем поведении. Его ориентировочные действия представляют собой сокращенное действие, первоначально складывающееся на основе развернутой практической деятельности с предметом. Поэтому образ, формирующийся на основе ориентировочных действий, есть и продукт практической деятельности субъекта. Правда, последняя в нем снята, а восприятие выступает как изображение действительности.

С точки зрения проблемы адекватности образа существуют те представления, которые касаются субстрата сознания. Известно, что сознательные, психические функции связаны с деятельностью мозга в целом. Однако имеется богатый материал, который свидетельствует о неодинаковой роли различных отделов головного мозга в организации психических функций. Еще И. П. Павлов обратил внимание на особую роль коры головного мозга. Именно деятельность этого отдела и ответственна прежде всего за организацию психики. В современной физиологии высшей нервной деятельности накоплен богатый материал, который не просто подтверждает павловское учение о решающей роли коры головного мозга, но во многом конкретизирует наши представления о механизмах формирования психики. Вместе с тем, в последние годы сделаны важные открытия, касающиеся деятельности не только коры головного мозга, но и подкорки. Здесь следует прежде всего назвать открытие ретикулярной формации. Было показано, что возбуждение,

возникающее в результате внешнего воздействия, поступает с периферии в центральные отделы анализаторов не только по специфическим путям, которые были давно известны физиологам, но и по неспецифическим. Ретикулярная формация и представляет собой такую неспецифическую систему, начинающуюся в верхних отделах спинного мозга и занимающую значительную часть подкорки. Деятельность ретикулярной формации весьма важна в функционировании коры. Она повышает тонус коры и тем самым обеспечивает такой уровень ее активности, который позволяет нормально осуществлять рефлекторную деятельность. Тем самым обеспечивается и организация психических актов. Но, как показали исследования, связь коры и ретикулярной формации носит не односторонний характер. Налицо — взаимное влияние. Есть все основания считать, что в этом взаимодействии роль коры является решающей. Оказывается, что само влияние ретикулярной формации на кору головного мозга зависит от регулирующей деятельности последней: ретикулярная формация представляет как бы некоторый клапан, который открывается или закрывается корой головного мозга.

Таковы некоторые данные современной физиологии мозга. В последнее время они приобрели важное философское значение. Разумеется, признание решающей роли коры головного мозга как субстрата сознания вполне соответствует материалистической философии. Вместе с тем, ряд теорий, преувеличивавших роль ретикулярной формации, оказались окрашенными идеалистически.

На первый взгляд кажется не столь уж существенным в философском отношении, за каким отделом мозга признать решающую роль. Казалось бы, в принципе важно установить, что сознание есть свойство мозга. Однако, как показала дискуссия по вопросу о роли коры и ретикулярной формации, за физиологическими теориями скрывались различные философские направления.

Во-первых, признание определяющей роли коры или подкорки в высшей нервной деятельности имеет прямое отношение к тому, признается сознание, психика функцией мозга или фактически отрывается от последнего. Как показывают данные сравнительной физиологии, развитие мозга в процессе эволюции происходило глав-

ным образом за счет увеличения коры. Ретикулярная формация резко отстает в своем развитии, хотя определенные изменения происходят и в ней. Вместе с развитием мозга осуществляется и усложнение психических функций. Вполне естественна мысль, что усложнение психики в ходе усложняющейся жизнедеятельности является результатом функционирования новых отделов мозга — коры, которая претерпевает наибольшие изменения. Иначе говоря, действительное обоснование вывода о психике как свойстве мозга возможно лишь в случае признания решающей роли деятельности коры головного мозга. Замена в этом отношении коры ретикулярной формацией антиэволюционна и ведет к фактическому отрыву психики от мозга.

Во-вторых, вопрос о роли коры или подкорки как основных отделов, организующих психические процессы, прямо связан с вопросом об адекватности образа. Преувеличение роли ретикулярной формации в философском отношении вело к «физиологическому» идеализму. В свое время «физиологический» идеализм был связан с так называемой «теорией специфической энергии органов чувств», выдвинутой немецким физиологом И. Мюллером. Согласно этой теории, возникающие у человека ощущения отражают не свойства объекта, а качество энергии, имеющей место в проводящих путях органов чувств. Именно на этом основании Г. Гельмгольц объявил ощущения «нероглифами». Нет необходимости специально останавливаться на рассмотрении теории И. Мюллера. Она была подвергнута основательной критике в нашей философской литературе. Физиология же органов чувств прямо показала ее фактическую несостоятельность. Оказалось, что никакой специфической энергии в проводящих путях не существует. Нервные процессы, протекающие во всех анализаторах, качественно однородны.

Современная разновидность «физиологического» идеализма связана с преувеличением роли ретикулярной формации. По существу, здесь используются те же принципы, что и в «теории специфической энергии органов чувств». Но если для Мюллера средоточием специфической энергии являлись проводящие пути органов чувств, то для новых теорий таким средоточием стала область ретикулярной формации. Так, Фессар прямо говорит о

ретикулярной формации как системе, где есть выход, но нет входа. С этой точки зрения ощущения не связаны с внешними воздействиями, а есть результат активности нервной энергии, заключенной в ретикулярной формации. Внешний раздражитель лишь стимулирует внутреннюю энергию.

Как мы отмечали, в основе формирования целостных образов лежит сложный процесс аналитико-синтетической деятельности. Немаловажна для нее сложность структуры коры головного мозга. Только так обеспечивается анатомо-физиологическая основа для сохранения на всем пути переработки информации состояния соответствия нервных изменений свойствам воздействующего раздражителя. Сложность анатомо-физиологической основы — предпосылка сохранения специфического характера информации и формирования тем самым адекватного образа. Однако именно эти условия отсутствуют в деятельности ретикулярной формации. Особенность ретикулярной формации состоит в том, что в ней не различаются внешние факторы (один и тот же возбuditельный процесс вызывается раздражением разных анализаторов), т. е. не сохраняется специфичность информации. Поэтому если считать, что именно здесь формируются сложные в структурном отношении образы, то последние должны быть опять-таки признаны результатом активности внутренней энергии данной системы.

На сегодняшний день физиология высшей нервной деятельности накопила значительный материал, который, безусловно, говорит в пользу определяющей роли коры в деятельности мозга. Сторонники теорий, преувеличивающих роль ретикулярной формации, ссылаются на данные о том, что замыкание условных рефлексов совершается и на уровне подкорки. Действительно, в опытах, связанных с рассечением различных участков коры головного мозга, было показано, что рефлекторные связи между изолированными участками сохраняются. Условный рефлекс вырабатывается и в том случае, если удаляется корковый конец раздражаемого анализатора. Однако эти данные лишь конкретизируют наши представления об условнорефлекторных связях и ни в коей мере не опровергают того факта, что первичное замыкание рефлекторных связей осуществляется в коре голов-

ного мозга. Функционирование именно этого участка и лежит в основе формирования сложных образов и сложных форм деятельности.

3. ПРОБЛЕМА СООТНОШЕНИЯ «ПЕРВИЧНЫХ» И «ВТОРИЧНЫХ» КАЧЕСТВ

В заключение коснемся проблемы соотношения так называемых «первичных» и «вторичных» качеств. Вопрос заключается в следующем: можно ли считать, что такие свойства объектов, как цвет, звук, запах и вкус, столь же объективны, как, например, протяженность, фигура, движение и т. д.? Понятно, что то или другое решение данного вопроса имеет прямое отношение к оценке гносеологической роли ощущений, выявлению того, насколько в ощущениях, восприятиях адекватно отражается объективный мир.

Известно, что наиболее рельефно вопрос о необходимости разделения всех свойств на две группы поставил Локк. Первые он считал не имеющими объективной значимости; они субъективны и образуются в нашем сознании на основе различных сочетаний первичных качеств. Поскольку такие ощущения не отражают объективных свойств вещей, они суть знаки, символы. Эта локковская концепция оказала серьезное влияние на последующих мыслителей.

В нашей литературе в настоящее время по данному вопросу нет единого мнения. Большая группа авторов (Ф. И. Георгиев, А. Н. Леонтьев и др.) считает, что так называемые вторичные качества объективны, как и первичные. Однако довольно широкое распространение получил взгляд, согласно которому ощущениям цвета, звука, запаха, вкуса только соответствуют определенные материальные процессы (электромагнитные колебания вызывают оптические ощущения цветов, колебания воздуха — ощущения звука и т. д.); самих же по себе цвета, звука, запаха и т. д. как таковых не существует. Ощущения поэтому объективны лишь по содержанию, форма же их (их модальность) субъективна, она определяется взаимодействием объекта и человека. Возьмем, к примеру, книгу В. В. Орлова «Особенности чувственного познания». «Диалектический материализм отрицает буквальное, недиалектическое тождество ощущения с дейст-

вительностью, — пишет здесь В. В. Орлов. — Красное, горькое представляют собой не свойства вещей самих по себе, а ощущения, которые возникают при воздействии внешнего мира на анализаторы человека»¹. Повторяется эта концепция и в статье названного автора «О познавательной роли ощущений», напечатанной в журнале «Философские науки». По В. В. Орлову, цвет, запах, вкус, не являясь объективными свойствами, имеют в качестве своей объективной основы некоторые объективные качества, которые «не подлежат теоретическому определению в том смысле, в каком мы говорим, например, об определении массы, инерции, валентности, раздражимости и т. д.»².

Данная концепция, на наш взгляд, ошибочна. Ее защитники неизбежно должны ответить на вопрос: чем же все-таки определяется природа ощущений цвета, запаха, вкуса? Мало сказать, что эти ощущения имеют определенный материальный источник; необходимо с позиций материализма объяснить их особенности. Очевидно, что цвет, запах, вкус не заданы субъекту априорно, они не есть некоторый продукт внутренней активности духа. Материализм в теории познания требует объяснить все особенности духа их обусловленностью материальными факторами.

Сторонники критикуемой концепции могут сослаться на ряд обстоятельств. Прежде всего на восприятие объекта может влиять структура анализаторов. Но разве это значит, что структура анализаторов что-то привносит в содержание отражения? На самом деле она имеет непосредственное отношение лишь к «отбору» отражаемых свойств. Структура анализаторов, сложившаяся в процессе эволюции, прямо сказывается на составе отраженных в образе свойств; однако она сама по себе ничего не «привносит» в содержание чувственных образов.

Распространено, далее, мнение, что модальность формы ощущений есть результат взаимодействия внешнего раздражителя с материальным субстратом и деятельностью анализаторов. Конечно, такую возможность можно допустить. Однако такое предположение лишь по видимости является ответом на поставленный выше

¹ В. В. Орлов. Особенности чувственного познания. Пермь, 1962, стр. 84.

² «Философские науки», 1964, № 3, стр. 138.

вопрос. В самом деле, если вторичные качества не существуют у вещей в их отношении к другим вещам, а возникают лишь при взаимодействии с анализаторами человека, то из этого не вытекает, что эти свойства необъективны, а соответствующие им ощущения объективны лишь по содержанию, но субъективны по форме. Больше того, допустим, что цветность является результатом некоторого «смещения» частиц света со светочувствительным веществом сетчатки глаза, результат физико-химических превращений в сетчатке глаза. Но ведь если это так, то невольно тем самым предполагается, что цветность есть объективное свойство. Светочувствительное вещество сетчатки глаза (родопсин и иодопсин) может быть выделено из глаза и отдельно исследовано. Поскольку его реакция на действие света вне глаза будет аналогичной той, которая совершается в самом глазе, постольку светочувствительное вещество как некоторый внешний объект будет в этом случае объективно обладать цветовыми свойствами.

Не спасает положения возможное соображение, что цвет есть результат взаимодействия вещи и анализатора. Ведь по существу все ощущения — результат такого взаимодействия. Речь идет лишь о том, соответствуют ли ощущениям какие-то объективные свойства или нет. Другими словами, являются ли цвет, запах, вкус, звук объективными или это субъективная форма ощущений, которой в лучшем случае соответствует только объективный источник информации? На наш взгляд, больше оснований предположить, что ощущения отражают не только и не столько результат взаимодействия двух материальных систем — вещи и анализатора, сколько саму вещь и ее взаимодействие с другими вещами. И это относится ко всем видам ощущений.

Мы рассмотрели только некоторые возможные соображения в пользу чистой субъективности формы ощущений и видели, что они не убедительны. В процессе эволюции и общественной практики органы чувств приспособились к адекватному отражению внешних свойств предметов. А это, в свою очередь, значит, что ощущения как по форме, так и по содержанию, будучи идеальным отражением действительности, объективны.

Многие авторы, придерживающиеся взглядов о субъективности цвета, звука, запаха и т. д., обосновывают

свой взгляд тем, что ощущение не есть копия свойства, так же как отражение объекта в сознании человека не есть зеркальный процесс. Конечно, авторы названной концепции не отрицают адекватности ощущений. Но ощущения, по их мнению, адекватны лишь по содержанию, форма же их субъективна; она, если доводить данный взгляд до логического конца, представляет знаковый момент ощущений. Именно так, по существу, интерпретируется известное положение: ощущения субъективны по форме и объективны по содержанию. Думается, что такая интерпретация не оправдана.

Во-первых, непонятно, почему субъективность ощущений связывается с отрицанием объективности лишь «вторичных» качеств. Конечно, можно было бы сказать, что объективность фигуры просто нельзя отрицать, ибо о последней свидетельствуют не только оптические ощущения, но и осязательные. Однако вряд ли из этого факта можно черпать достаточно веские аргументы.

Во-вторых, признание объективности таких качеств, как, например, звук, совсем не обязательно связано с пониманием отражения как зеркального процесса. Ощущения — активная форма отражения действительности, ибо они являются продуктом практической деятельности, что выражается не только в их роли по отношению к деятельности субъекта, но и в отношении к объекту отражения. Особенность ощущений как идеального отражения состоит в том, что в образе объект всегда отражен через отношение к нему субъекта; другими словами, в образе наряду с содержанием отраженного объекта представлено также отношение субъекта к объекту. Сказанное означает, что все формы познания, в том числе и ощущения, диалектически сочетают в себе объективное и субъективное.

Важен вопрос, как субъективность образа (в данном случае ощущений) сказывается на его адекватности. Нельзя ли предположить, что субъективный момент привносит в содержание образа нечто такое, что не представляло бы собой отражение объекта? Для того чтобы разобраться в этом, следует рассмотреть роль эмоций в ощущениях, а также значение для них рациональных знаний. Здесь и проявляется то отношение субъекта к объекту, которое характеризует каждый образ. Это значит, что ощущения не только отражают свойства объек-

та, но в них представлено отношение субъекта к объекту, выступающее либо в виде логической оценки, либо в форме эмоциональной окраски ощущений и восприятий.

Связь ощущений с эмоциями осложняет отражение объективных свойств вещей, причем в ощущениях разной модальности в разной степени представлен эмоциональный момент, что обусловлено ролью, которую играют различные виды ощущений. В тех случаях, когда ощущения служат по преимуществу для регулирования отношений организма с окружающими условиями, они носят главный образом перцептивный характер. Такого рода ощущения не столько выражают состояние организма и его отношение к фактам внешней среды, сколько отражают объективные свойства вещей сравнительно независимо от состояния организма. К числу ощущений с преобладанием перцептивных моментов относятся зрительные, слуховые, осязательные. Особо в этом отношении следует подчеркнуть роль зрения. Зрительные ощущения наиболее дифференцированы от эмоциональных моментов, предметное содержание в них наиболее выражено.

Специфична роль вкуса и в значительной степени обоняния, которые как бы находятся на границе двух сред — внутренней и внешней. Обонятельные и вкусовые ощущения служат оценке пригодности или непригодности пищи для живого организма. Отсюда в них значителен оценочный момент в виде положительных или отрицательных эмоций. Но, как правило, вкусовые ощущения дают возможность адекватно оценивать свойства вещи и ее назначение для удовлетворения пищевой потребности. В процессе эволюции положительное отношение формировалось прежде всего к тем свойствам и явлениям, которые биологически значимы для организма, и, наоборот, отрицательно оценивались те факторы среды, которые вредны для организма. Этим объясняется факт относительности вкусовых ощущений для разных видов животных. Положительна или отрицательна реакция животных на те или иные вкусовые раздражители — определяется образом их жизни и в первую очередь характером питания (А. И. Бронштейн). Положительная реакция на сахар, например, свойственна животным, поедающим растительную пищу. Для них сахаристые вещества являются хорошо усвояемыми и высококалорийными продуктами питания. Реакция хищников на те

же вещества бывает нейтральной или отрицательной. Горечь вызывает у большинства животных отрицательную реакцию, но животным, питающимся насекомыми, многие из которых выделяют горькие вещества, подобные реакции несвойственны.

Несколько слов относительно болевых ощущений. Болевые ощущения выполняют специфические функции сигнализации организму о свойствах, опасных для самого существования организма. На наш взгляд, просто нелепо ставить вопрос, соответствует ли болевому ощущению некое объективное свойство боли. Для всякого понятно, что никакого болевого свойства не существует. Нельзя не учитывать качественного отличия болевых ощущений от оптических, звуковых и т. д. Это — ощущения, которые непосредственно сигнализируют о действии на организм разрушающих воздействий. Они отражают состояние организма, выражают его отношение к внешним воздействиям. Отсюда преобладание в болевых ощущениях аффективных моментов. Однако это не означает, что ощущения боли не отражают никаких свойств внешних предметов.

В отличие от животных, ощущения человека носят социальный характер. Практика — могучий преобразователь всех его ощущений. Как отмечает К. Маркс, органы чувств человека — результат работы всей протекшей всемирной истории. Изменение сенсорики выражается не только в расширении диапазона отражаемых свойств (у человека он в целом шире), но и в том, что ощущения человека носят специфически общественный, человеческий характер. Человек что-то ощущает, воспринимает как нечто выраженное в слове, т. е. через призму понятия. Именно таким путем в процесс чувственного отражения включается социальный опыт.

Все это, взятое в совокупности, изменяет эмоциональный тон ощущения, в котором уже теперь проявляется социальный характер отношений субъекта к действительности. Человеку доступно наслаждение не только биологически значимыми сторонами предмета, но и наслаждение теми качествами, которые не имеют прямого биологического назначения, а порой и даже назначения для материально-производственной деятельности (таковы, например, эстетические эмоции). Очеловечивание прежде всего касается зрительных и слуховых ощу-

ний. Однако и вкусовые, и обонятельные ощущения у человека претерпевают существенные изменения. Они связаны с удовлетворением специфически человеческих потребностей. Наслаждение вкусовыми и обонятельными свойствами уже не связывается столь жестко и непосредственно с полезностью пищи. Человек может наслаждаться вкусом, запахами помимо их чисто утилитарного значения для организма.

Итак, отражение в ощущениях и восприятиях таких качеств, как цвет, звук, запах и т. д. (как, впрочем, и всех других свойств), опосредствуется субъективным отношением человека к объекту. Однако субъективное в ощущениях представляет оценочный момент, выражает значимость тех или других сторон предметов для человека. У человека этот оценочный момент представлен в виде понятий или чувственного тона. Осмысленность восприятий, как и ощущений, например, сказывается на содержании образов. Но это идет по линии большего их объективирования (образы приобретают большую четкость, «зеркальность», становятся свободными от ситуационной связанности). Что касается эмоционального тона, то он также влияет на содержание образа, придавая ему большую или меньшую четкость. Но эмоции не вносят в образ ничего такого, что не выражало бы содержания объекта.

Следует заметить, что при решении вопроса о том, являются ли те или иные свойства объективными, необходимо исходить не из чисто логических соображений, а из результатов конкретного анализа. Как показывают данные физиологии анализаторов, психологии, экологии и некоторых других наук, у нас нет сколько-нибудь серьезных фактов, которые подрывали бы нашу веру в показание органов чувств. Напротив, фактический материал заставляет сделать вывод об объективном характере всех свойств, отражаемых органами чувств.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>П. В. Алексеев.</i> В. И. Ленин об объективности знания и всеобщей методологии	3
<i>Б. С. Грязнов.</i> Предмет математики и специфика ее объектов	29
<i>А. Р. Познер.</i> Проблема противоречия в современной физике микромира и способы его исследования	55
<i>Б. Я. Пахомов, В. И. Купцов.</i> Закономерность и причинность в современной физике	71
<i>М. С. Кремер.</i> К вопросу о методологии современной космогонии	136
<i>И. А. Хасанов.</i> О бесконечности вселенной	154
<i>А. Я. Ильин.</i> О некоторых особенностях борьбы материализма и идеализма в биологии в современных условиях	172
<i>Л. А. Ермолова.</i> О природе живого	195
<i>В. М. Федоров.</i> Проблема целостности организма	214
<i>Л. И. Розова.</i> О единстве структуры и функции в биологии и философии	236
<i>А. М. Коршунов.</i> Проблема образа и ее естественнонаучное обоснование	266

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Сборник статей

Тематический план 1966 г. № 74

Редакторы *Л. В. Аветисян* и *Э. В. Безчеревных*

Технический редактор *Е. Д. Титова*

Корректоры *М. А. Гришаков, И. С. Хлыстова*

Сдано в набор 18/VI 1966 г.	Подписано к печати 27/IV 1967 г.
Л-41891 Формат 84×108/32	Физ. печ. л. 9,125 Усл. печ. л. 15,33
Уч.-изд. л. 15,82	Изд. № 859 Заказ 202 Тираж 9500 экз.
Бумага тип. № 1	Цена 1 р. 15 к.

Издательство Московского университета
Москва, Ленинские горы, Административный корпус.
Типография Изд-ва МГУ, Москва, Ленинские горы

1 р. 15 к.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**