

## **НА ПУТИ К ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ. I. ПРОЛЕГОМЭНЫ.**

Перевод с английского  
С.Г. Васецкого

Под редакцией и с предисловием  
акад. Б.Л. Астаурова

Издательство «Мир» Москва, 1970.

### **Предисловие к английскому изданию**

Теоретическая физика представляет собой вполне сложившуюся самостоятельную науку, и во многих университетах ею занимаются специальные лаборатории и кафедры. Более того, наши теории о природе окружающего нас материального мира, безусловно, оказывают глубокое влияние на общепhilософские концепции. Что же касается теоретической биологии, то едва ли можно сказать, что такая наука уже существует. Трудно сказать, чем она должна заниматься и по каким путям ей следует развиваться; к тому же очень редко случается, что

философы ощущают связь таких биологических проблем, как теория эволюции или восприятие раздражения, с традиционными проблемами философии.

Международный союз биологических наук (МСБН) счел своим долгом, как организация, объединяющая биологов из разных стран, стимулировать создание некоего костяка понятий и методов, на котором могла бы формироваться теоретическая биология. Это совсем не простая задача; поэтому было решено провести три симпозиума на эту тему с годовыми интервалами. Эти симпозиумы предполагалось посвятить не обсуждению теоретических основ каких-либо частных биологических процессов, например проницаемости мембран, наследственности, нервной деятельности и т. д., а попыткам выявить и сформулировать основные концепции и логические связи, характеризующие живые системы в отличие от неживых, и рассмотрению вытекающих из них общефилософских представлений.

На меня была возложена обязанность пригласить докладчиков и организовать заседания.

Первый симпозиум проходил с 28 августа по 3 сентября 1966 г. на вилле Сербеллони в Беладжо (озеро Комо). Чтобы создать известную базу для дискуссии и сосредоточить внимание на некоторых проблемах, я разослал участникам симпозиума свои лекции, прочитанные за год до этого в университете Северного Уэльса и нарочито переработанные с тем, чтобы придать им несколько полемический характер. Одновременно были разосланы некоторые комментарии Рене Тома к этим лекциям, а также статья Эрнста Майра.

Заседания на вилле Сербеллони, носившие весьма непринужденный характер и оказавшиеся очень плодотворными, не стенографировались.

В процессе обсуждения внимание было сосредоточено главным образом на проблемах биологической теории, а не на более общих проблемах. Хотя в результате работы симпозиума стали вырисовываться пусть еще не очень четкие, но уже определенные контуры теоретической биологии, было совершенно ясно, что необходимо продолжить обсуждение и обмен мнениями между приверженцами различных точек зрения, прежде чем удастся разработать некое подобие схемы стройной и самостоятельной науки. Поэтому предлагаемая вниманию читателя книга состоит из отдельных статей, написанных после симпозиума в духе проводившегося на нем обсуждения. Они еще не связаны друг с другом в некое единое целое. Именно сознание того, что такого единого целого не существует, что его создание представляет собой длительную и нелегкую задачу, и заставило принять решение провести три симпозиума. Мы надеемся, что на втором симпозиуме будут сделаны дальнейшие шаги на пути к синтезу различных точек зрения. Поэтому этот первый том и получил подзаголовок «Прологомены».

## ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

К.Х. Уоддингтон  
(Эдинбургский университет)

*Продолжение. Начало публиковалось в номере 19-2.*

### РОЛЬ БИОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ФИЛОСОФИИ

Обсуждение этой проблемы затрудняется тем, что, по мнению большинства ученых, за последнюю четверть века философия ввергла себя в такую фантастическую путаницу, что необходимо предварительно обсудить некоторые чисто философские вопросы, прежде чем можно будет хотя бы подойти к рассматриваемой проблеме. Среди профессиональных философов распространено мнение, что никакая наука — будь то биология или другая наука — не может ничего дать философии. Даже с чисто исторической точки зрения — достаточно вспомнить Ньютона и Локка или Дарвина и Бергсона — это мнение представляет собой столь явную парадоксальную чепуху, что защитить его можно было бы лишь одним способом: утверждая, что почти все ученые прошлого, известные как философы, в действительности философами вовсе не были — вывод, перед которым не останавливаются наиболее крайние представители современной школы. Я считаю, что уж если мы хотим обсуждать эту проблему, то должны начать с самых ее основ.

**Вклад в теорию познания науки вообще и биологии в частности.** Проблема теории познания (эпистемологии или гносеологии) заключается в соотношении между тем, что мы (люди) воспринимаем, и «истинной» природой вещей, существующих вне нас. Философы обычно заявляют, что наука ничего не может привнести в понимание этой проблемы. На мой взгляд, это утверждение правдоподобно лишь постольку, поскольку мы не умеем разграничивать два различных значения слова «восприятие». Они заключаются в следующем:

- 1) «восприятие» в смысле некоторого осознанного ощущения (которое мы можем отнести к понятию «опыта»);
- 2) «восприятие» как каузально действенное раздражение, на которое мы можем реагировать, но которое мы совершенно не осознаем (его можно отнести к понятию «реакции на что-либо»).

Эти два значения четко различаются, и два соответствующих им процесса могут протекать отдельно: например, если вы быстро перелетите в город Куско, расположенный в Андах на высоте около 4000 м, то частота дыхания и сердечных сокращений у вас увеличатся, хотя вы не можете сознательно ощутить изменения в давлении воздуха и парциальном давлении кислорода.

Гносеологическая проблема соотношения между тем, что мы воспринимаем, и природой «реального мира» явно зависит главным образом от существования явления опыта, уже по одному тому, что весь— вопрос возник в сфере сознания и его нельзя формулировать или обсуждать вне рамок сознания. Доводы, что наука ничего не может дать теории познания, имеют ценность лишь постольку, поскольку они утверждают невозможность доказать возникновение осознанного опыта в результате научно описываемых процессов, участвующих в восприятии (воздействие электромагнитных колебаний на сетчатку, палочки и колбочки и т. п.; воздействие колебаний давления воздуха на органы слуха и т. д.). Это справедливо в меру сказанного, но эта мера не всеобъемлюща. Если мы допустим, что каким-то образом, который мы не можем постичь, мы действительно приобретаем осознанный опыт, то тогда перед наукой открывается возможность утверждать то главное, к чему она стремится, а именно что мы можем значительно больше узнать о природе реального мира, обращая внимание на характер наших реакций на него, а не на частный характер приобретаемого нами осознанного опыта. Наше понимание таких явлений, как атомная природа вещества, существование электромагнитных колебаний, классическая физика, квантовая механика или теория относительности и т. п., не зависит от частного характера нашего осознанного опыта; представление о них могло бы быть создано и дальтониками, которые не отличают красный цвет от зеленого. Содержание наших знаний о мире определяется скорее нашими реакциями на него, чем приобретением опыта.

Именно начиная с этого уровня биология и может, как мне кажется, внести определенный вклад в теорию познания. Прежде всего она показывает, что различные организмы различаются по набору имеющихся у них органов чувств, от которых, как можно думать, зависит приобретение осознанного опыта; можно ожидать, что соответственно различным организмам легче или труднее познавать некоторые свойства окружающего их реального мира. Организмам, не способным различать цвета (т. е. различать длины волн электромагнитных колебаний), было бы трудно — если они вообще способны создать осознанную картину реального мира — создать такую его картину, в основе которой лежали бы различия в длинах волн.

Организмы с сильно развитым обонянием могли бы — если запах действительно зависит от колебательных свойств молекул, как утверждают некоторые современные теории, — гораздо легче получить представление об этом аспекте реального мира, чем, скажем, о валентных углах в молекуле. Сейчас человек сумел в значительной мере, хотя, быть может, и не полностью, преодолеть эту ограниченность естественных возможностей своих органов чувств, но при этом он до конца использовал эти возможности, а кроме того, разработал сложную аппаратуру, позволившую исследовать, на-

пример, области электромагнитного спектра, которые он сам физиологически не воспринимает. Даже в этих условиях он испытывает большие затруднения при попытках сформировать схематические представления о таких аспектах реального мира, которые относятся к непривычным для него масштабам (например, субатомные или, более того, внутриядерные миры).

Еще более ценный вклад биология могла бы внести в вопрос о том, до какой степени участие того или иного восприимчивого существа с его особым сенсорным аппаратом в любом акте восприятия ограничивает «достоверность» наших представлений о мире. В не очень отдаленном прошлом среди физиков существовали серьезные разногласия по этому вопросу. Большинство из тех, кто считает «копенгагенское» истолкование квантовых явлений правильным, полагает также, что наши научные знания далеко не так объективны, как думали прежде. Это убеждение основано на том, что любой способ наблюдения за положением элементарной частицы, например регистрация отраженного от нее луча света, обязательно нарушает ее движение и, таким образом, невозможно одновременно точно определить и положение этой частицы в пространстве и ее скорость. В этом заключается одно из возможных выражений принципа неопределенности. Гейзенберг [26] говорит: «Если мы хотим выяснить природу этих элементарных частиц, мы не можем продолжать игнорировать физические процессы, с помощью которых мы получаем сведения об этих частицах... Таким образом, объективная реальность элементарных частиц странным образом растворилась, но не в тумане какой-то новой мало понятной или еще не получившей объяснения концепции реальности, а в прозрачной ясности математики, которая описывает теперь не поведение элементарных частиц, а лишь наше представление об этом поведении. Специалист по атомной физике должен был примириться с тем фактом, что его наука представляет собой лишь звено в бесконечной цепи спора человека с природой *и что она не может просто говорить о «собственно» природе*. Паука всегда предполагает присутствие человека, и, как сказал Бор, мы должны отдавать себе отчет в том, что в действительности мы не только зрители, но и актеры на театральных подмостках жизни... Если, оттолкнувшись от современного состояния науки, мы попытаемся выяснить, где же произошел сдвиг основ, то не будет сверхупрощением сказать, что *впервые в истории современный человек на этой планете противопоставит себе одному, не имея ни сторонников, ни противников*... Даже в области науки объектом исследования служит уже не сама природа, а изучение природы человеком».

Далее Гейзенберг цитирует отрывок из Эддингтона, написанный в характерной для последнего пышной академической манере: «Мы обнаружили, что в тех областях, где наука продвинулась дальше всего, разум лишь получил от природы то, что он в нее вложил. Мы нашли странный след на

берегах неизведанного. Мы изобретали изоощренные теории одну за другой, чтобы объяснить его происхождение. Наконец нам удалось воспроизвести существо, оставившее этот след. И что же? Это наш собственный след!»

Шредингер [27, 28] придерживается противоположной точки зрения. В одном месте он замечает довольно ядовито: «Спор о том, кого я поддерживаю в моем кратком докладе, можно усилить, упомянув о «стирании границ между наблюдателем и наблюдаемым», которое многие считают даже еще более глубокой революцией в мышлении, тогда как, на мой взгляд, оно представляет собой лишь сильно переоцененную временную концепцию, которая не может иметь каких-либо серьезных последствий».

Шредингер не верит, что при научном исследовании наблюдателя можно или должно объединять с наблюдаемым; он думает, что попал в это аномальное положение лишь вследствие временной неудачи в достижении полного научного объяснения квантовых явлений. Он полагает, что «умеренно удовлетворительная картина мира была получена лишь дорогой ценой изъятия из этой картины нас самих и отступления назад в позицию ненаблюдаемых наблюдателей».

Шредингер описывает, как мы оказались лицом к лицу с «двумя наиболее вопиющими парадоксами, порожденными нашим незнанием этого факта... Первый из них — это то удивление, в которое мы были повергнуты, обнаружив, что наша картина мира «бесцветна, холодна, нема». Цвет и звук, тепло и холод мы ощущаем непосредственно; надо ли удивляться, что их нет в картине мира, из которой мы изъяли нашу мыслящую особу? Второй парадокс заключается в наших бесплодных поисках места, где бы разум воздействовал на материю или наоборот, что нам столь хорошо известно из скрупулезного исследования Ч. Шеррингтона [1], превосходно изложенного в книге «Человек и его природа». Материальный мир может быть воспроизведен лишь ценой изъятия из него нас самих, т. е. разума; разум не является частью мира. Поэтому он не может ни воздействовать на мир, ни подвергнуться воздействию каких-либо его частей».

Точка зрения Шредингера, как я сказал, не была общепринятой или господствующей в среде физиков. Однако она не очень далеко ушла от той, которая была изложена в первых нескольких строках наиболее значительного труда по философии, появившегося в тридцатых годах, «Логико-философского трактата» Витгенштейна [29]. В этой книге рассматривается в основном природа языка и ее связь с вещами, которые он описывает. Она написана в виде отдельных положений, каждое из которых имеет номер, указывающий место этого положения в логической системе всего рассуждения. Книга начинается очень смело:

«1. Мир есть все, что имеет место».

(Как будто мы знаем, что это такое! Жизнь большинства ученых посвя-

щена попыткам выяснить, что такое случай в какой-нибудь мельчайшей области реального мира.)

Витгенштейн продолжает развивать это весьма привлекательное положение :

«1.1. Мир есть совокупность фактов, а не вещей» — и приводит ряд доводов, пока не приходит к тому, что солидаризируется со Шредингером:

«1.2. Мир распадается на факты...

2. То, что имеет место, что является фактом, — это существование атомарных фактов.

2.01. Атомарный факт есть соединение объектов (вещей, предметов).

2.0232. Между прочим, объекты бесцветны».

В связи с этим биология могла бы привлечь внимание к тому, что способность организма реагировать на факторы реального мира подвергалась действию естественного отбора и что вследствие этого организмы, как правило, способны реагировать на факторы, на которые им важно реагировать. Поэтому картина реального мира, которую они могут создать на основе своих реакций, будет картиной чего-то, что воистину реально в том смысле, что оно обуславливает выживание вида, к которому они принадлежат. Трудно представить, какой другой смысл можно было бы вложить в слово «реальный».

Таким образом, мы пришли бы к точке зрения, которую в философии называют «критическим реализмом» или чем-то в этом роде. Но здесь «реализм» не означает, что какой-то внешний наблюдатель — марсианин или даже бог — увидит окружающую природу такой, какой ее представляют последние теории наиболее выдающихся физиков нашего времени — которые, быть может, не сохранят свою силу дольше десяти лет, — но оно означает, что каждый данный вид создает такую картину внешнего мира, которая помогает этому виду использовать его для своих практических целей — для того, чтобы выжить и оставить потомство. Эта картина будет исключительно сложной и, так сказать, многоплановой. Если мы представим себе что-либо в виде мыши, это будет столь же реальной частью картины, как если мы представим себе это в виде набора ДНК и белков или в виде совокупности субатомных частиц.

Среди сравнительно недавних философских исследований в области теории познания ближе других подошел к этим взглядам Уайтхед [30] в своем утверждении, что основа вселенной состоит из «событий» и что все, что вы можете извлечь из события — от субатомной частицы до поэтической метафоры, — составляет в действительности часть этого события. Однако он упустил в своей работе биологическую точку зрения о том, что человек под действием естественного отбора стал таким, что он умеет обнаружить в каждом событии именно то, что ему важно знать.

**Являются ли этические ценности внутренне неизбежным продуктом материального мира?** Некоторые философы, например Уайтхед [30], доказывают, что сознание и ценность: а) с очевидностью следуют из самого факта существования человека; б) по своей природе столь отличны от понятий, с которыми имеет дело физика и химия, что никакое манипулирование этими понятиями не может привести к их появлению (например, просто в результате усложнения), и приходят к выводу, что в) если мы — последовательные эволюционисты, то мы должны предположить, что все сущности (например, палки и камни) должны обладать некой характеристикой того же общего порядка, что и сознание и ценность, даже несмотря на то, что мы не в состоянии обнаружить ее.

Я хочу обсудить аналогичное положение, основанное, однако, на более последовательном, хотя все еще крайне спекулятивном, ходе мысли.

Становится очень легко выдвинуть правдоподобный и даже убедительный аргумент о том, что в силу природы материального мира при наличии определенного сочетания обстоятельств, которые неизбежно должны существовать в ряде мест в космосе, там возникнут физико-химические системы, проявляющие основные свойства «жизни» в том смысле, что они будут способны: а) к редупликации; б) к мутированию и редупликации мутантного состояния (т. е. к передаче информации) и в) к образованию «выставок» элементов, несущих информацию (г. е. фенотипа). Появление такой системы или систем неизбежно приведет к эволюции посредством естественного отбора. Не слишком трудно доказать, что в результате самовоепроизводящиеся сущности (организмы) на определенной стадии эволюции окажутся способными к созданию новой системы передачи информации, которая действует несравненно быстрее, чем простые молекулярные системы, возникшие в начале процесса. В процессе эволюции, происходившем на земле, такая стадия была достигнута человеком в результате систематической передачи информации не только через ДНК, но и посредством устной речи или письменности. Как я показал [31], особый путь выработки человеком этой передающей информацию системы неразрывно связал ее с представлением о социальном (обычно родительском) авторитете, поскольку только ассоциация с налагаемыми обществом ограничениями (обычно с кем-то, произносящим «нет») убеждает ребенка в том, что давление воздуха на его уши действительно несет какую-то информацию. Далее я утверждал, что именно когда молодой представитель рода человеческого предпринимает этот чрезвычайно важный эволюционный шаг — становится одним из звеньев системы «передачи информации посредством слов», поняв, что слова могут заключать в себе *команды*, — у него возникает представление о существовании квазиабсолютных команд, которые позже получают название «этики», системы ценностей и т. п.

Я готов защищать точку зрения, что именно так обстояло дело на планете Земля. Теперь мне хотелось бы поставить другой вопрос: мыслима ли система передачи информации посредством символов (сравнимых со словами), которая не приводила бы к развитию власти человека над человеком (власти родителей над детьми или какой-либо иной ее формы) в систему, сравнимую с этикой?

Насколько я могу понять, никакая система передачи не может эффективно передавать информацию от передатчика к приемнику, если приемник не воспринимает сообщение как осмысленное. На химическом уровне эта проблема стоит не столь остро, хотя следует отметить, что бессмысленно вталкивать ДНК сперматозоида в яйцеклетку, если яйцеклетка не содержит полимераз, способных осуществлять процесс транскрипции, а также всех других механизмов, необходимых для синтеза специфических белков. Однако в тех случаях, когда информация передается в виде чистого символа (например, слова), вопросы о том 1) может ли приемник узнать, что передаваемые символы содержат информацию, и 2) обладает ли он механизмом для ее расшифровки, приобретают еще большее значение. Я полагаю, что особенно важен первый вопрос: содержит ли изменение внешней среды какую-то информацию? (Если содержит, то мы найдем способ узнать, что это за информация.) У человека представление о том, что некоторые раздражения несут информацию, связано с социальными ограничениями свободы удовлетворения естественных потребностей, а это, как я показал, приводит к возникновению этических норм поведения. Вопрос заключается в следующем: не существует ли чего-то еще, с чем можно было бы связать такое представление? Я хотел бы высказать предположение, что возможным альтернативным путем создания эффективной системы передачи информации посредством символов могла быть попытка связать ее с «объективизацией» чувственного мира. По-видимому, чувственный мир на самых ранних стадиях жизни человека не содержит никаких определенных, распознаваемых, длительно существующих объектов (лучшим доказательством может служить свидетельство слепорожденных, которые впоследствии прозрели). Его можно, пожалуй, представить в виде кинофильма, в котором одна из картин Моне («Водяные лилии» или «Руанский собор») изображала бы тишину, хотя и такое описание было бы, пожалуй, недостаточно точным, поскольку различие между внутренним и внешним миром — «я и не-я» — полностью не установлено. Процессы обучения типа «есть я и не-я», «существует не только вращающийся калейдоскоп изменчивых картин и красок, но и настоящие вещи с (более или менее) определенными очертаниями» происходят примерно в то время, когда новая зигота должна включиться в систему передачи информации посредством символов. Может быть, передача символов связана скорее с объективизацией, чем с властью одних организмов над другими?

Когда мы видим определенный объект — кошку, сидящую на ковре, — наша нервная система осуществляет удивительную операцию отбора частот, фаз и направлений распространения электромагнитных колебаний, воздействующих на наружную поверхность глаза. Он превращает что-то, над чем Моне корпел до кровавого пота, чтобы вернуть его к исходному состоянию, в нечто сильно упрощенное. Однако в случае человека упрощение заключено в создании некой зрительной схемы, совершенно отличной от всего того, что мог бы передавать человек при помощи имеющихся у него механизмов передачи информации. Мы договорились передавать звуками информацию о схематизированных данных, большая часть которых была выделена в результате обработки крайне сложной совокупности электромагнитных колебаний видимой области спектра (позже мы перешли к зрительной передаче информации посредством алфавитов и т. п., но это уже вторичное усложнение). Теоретически можно представить себе организмы, общающиеся друг с другом не посредством изменений давления воздуха, а при помощи электромагнитных сигналов. Грудной ребенок мог бы, пользуясь жестом, вместо слов «кошка на ковре» очертить в воздухе контуры этой сцены, которые представили бы в высшей степени абстрактный результат обработки того, что действительно воздействовало на его сетчатку.

Стадия «объективизации» — выработки представления о том, что мир содержит предметы, которые имеют определенные очертания, которые можно взять в руки, передвинуть с места на место и т. д., — достижение, которое, несомненно, возникло бы под действием естественного отбора совершенно независимо от возможности передачи информации при помощи символов. Это подвиг, по необходимости совершаемый птицами, которые вьют прочные гнезда из множества травинок, а также всеми другими животными, не способными передавать информацию посредством символов. Я хотел бы попутно высказать предположение о том, что если в ходе эволюции вам случится натолкнуться на способ передачи информации при помощи символов, относящихся к иным сенсорным областям, чем те, на которых вы обучались объективизации, то вы скорее всего пойдете по пути передачи информации, неразрывно связанному с отношениями между организмами, и он приведет вас к созданию чего-то вроде этических ценностей. Напротив, если вы имели возможность передавать информацию в пределах той же сенсорной области, в которой вы обучаетесь определять объекты путем упрощения воздействующих на ваши органы чувств внешних раздражений, то у вас может выработаться эволюционно эффективная система передачи информации, которая не включает в себя никакого представления об этической ценности. Однако за это, возможно, придется расплачиваться тем, что вы, быть может, будете вынуждены жить в мире, в котором принятые символические формы будут носить тот же квазиабсолютный характер, что и наши представления

о добре и зле. Утверждение, что округлый диск сбоку выглядит овальным, вероятно, покажется таким людям не аморальным, а просто столь же абсурдным в интеллектуальном отношении, сколь абсурдными кажутся нам некоторые положения квантовой механики, например что частица не может иметь одновременно определенные координаты и определенную скорость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Sherrington C.*, Man on his nature, Cambridge Univ. Press, 1940.
2. *Loeb J.*, The organism as a whole, Putnam, New York, 1916.
3. *Haldane J. S.*, The philosophy of a biologist, Clarendon Press, Oxford, 1935.
4. *Hogban L.*, The nature of living matter, Kegan Paul, London, 1930.
5. *Gray J.*, Experimental cytology, Cambridge Univ. Press, 1931.
6. *Shannon C. E.*, *Weaver W.*, Bell System Technical Journ., 1948; The mathematical theory of communication, Univ. Illinois Press, Urbana, 1962.
7. *Raven C. P.*, Oogenesis, Pergamon Press, London, 1961. (X. Равен, Оогнез, изд-во «Мир», М., 1964.)
8. *Elsasser W. M.*, The physical foundations of biology, Pergamon Press, 1958.
9. *Srb A.*, *Owen R.*, General genetics, San Francisco, 1953.
10. *Stern C.*, Principles of human genetics, San Francisco, 1960. (К. Штерн, Основы генетики человека, изд-во «Медицина», М., 1966.)
11. *Mayr E.*, Animal species and evolution, Harvard Univ. Press, 1963. (Э. Майр, Зоологический вид и эволюция, из-во «Мир», М., 1968.)
12. *Waddington C. H.*, The Endeavour, I, 18 (1942).
13. *Waddington C. H.*, Epigenetics of birds, Cambridge Univ. Press, 1952.
14. *Delbruck M.*, in: Unites biologiques douces de continuity genetique, C.N.R.S., Paris, 1949.
15. *Robertson F. W.*, Genet. Res. Camb., 5, 107 (1964).
16. *Kacser H.*, in: Biological organization, Acad. Press, 1963.
17. *Piltendrich C. S.*, in: Behaviour and evolution. 1958.
18. *Nagel E.*, The structure of science, Kegan Paul, London, 1961.
19. *Sornmerhof G.*, Analytical biology, Oxford Univ. Press, 1950.
20. *Quastler H.*, in: Theoretical and Mathematical Biology, Waterman and Morovitz, eds., Blaisdell Publ. Co., New York, 1965. («Теоретическая и математическая биология», изд-во «Мир», М., 1968.)
21. *Lewontin R. C.*, J. Theoret. Biol., 1, 382 (1961).
22. *Goodwin B. C.*, Temporal organization in cells, Acad. Press, 1963. (Б. Гудвин, Временная организация клетки, изд-во «Мир», М., 1966.)
23. *Sonneborn T. M.*, in: The nature of biological diversity, Allen, ed» McGraw-Hill, New York, 1963.
24. *Sager R.*, Proc. Roy. Soc. B, 164, 290 (1966).
25. *Curtis A. S. G.*, The cell surface, Acad. Press, 1967.

26. *Heissenberg W.*, The physicist's conception of nature. Hutchinson, 1958.
27. *Schroedinger E.*, Nature and greeks, Cambridge Univ. Press, 1954.
28. *Schroedinger E.*, Mind and matter, Cambridge Univ. Press, 1958.
29. *Wittgenstein L.*, Tractatus logico-philosophicus, 1921.
30. *Whitehead A. N.*, Science and modern world, Cambridge Univ. Press. 1926.
31. *Waddington C. H.*, The Ethical Animal, Allen and Unwin, 1930. (Univ. of Chicago Press, 1967).

### КОММЕНТАРИИ Р. ТОМА

**Телеологический подход в биологии.** Известно, что в классической механике эволюцию системы можно описать либо локальным образом, посредством дифференциальных уравнений, например уравнений Гамильтона  $P = dH/dq$ ,  $Q = -dH/dp$ , либо с помощью некоторого глобального вариационного принципа, например принципа наименьшего действия Мопертюи. Оба эти способа описания эквивалентны, хотя один из них отражает механистический, а другой — телеологический аспект рассматриваемого явления.

Весьма вероятно, что в биологии всякий эпигенетический или гомеостатический процесс может быть истолкован двояко: с точки зрения детерминизма и с позиций телеологии. Не следует забывать, что основной единицей, служащей объектом изучения в биологии, является не отдельный индивидуум, а непрерывная пространственно-временная конфигурация, связывающая родительский организм с его потомками (или даже сообщество таких конфигураций — в случае видов, связанных между собой такими функциональными взаимодействиями, как взаимоотношения хищник — жертва, соучастие в оплодотворении и т. п.). Я полагаю, что всякий адаптивный процесс можно связать с некоторой функцией  $F$  «биологического состояния», каким-то образом определяющей локальную «сложность» (или отрицательную энтропию) относительно рассматриваемого процесса. Между двумя точками, отвечающими моментам времени  $t_0$  и  $t_1$  (например, между родительским организмом в возрасте  $A$  и его потомком в том же возрасте  $A$ ), непрерывная конфигурация будет развиваться таким образом, чтобы обеспечить минимум общей сложности, т. е.  $\delta \int_{t_0}^{t_1} S dt = 0$ . В результате будет достигнута минимальная сложность изучаемого процесса, т. е. его адаптация достигнет максимальной эффективности. Естественный отбор представляет собой, разумеется, лишь один из факторов подобной эволюции; я полагаю, что внутренние механизмы — по существу ламарковского типа — действуют в том же направлении.

Однако в отличие от положения в классической механике нельзя надеяться, что такая эволюция будет непрерывной и дифференцируемой в каждой точке особи; эволюция есть результат множества локальных изменений стохастического характера, причем лишь этот общий результат подчиняется ва-

риационным принципам. Таким образом, прерывистые изменения при этом никак не исключаются.

Когда мы наблюдаем живые существа, нам сразу бросается в глаза телеологический характер строения их органов и особенностей их поведения (по аналогии с тем, что мы сами собой представляем, и с нашим поведением как представителей животного мира); однако их детерминистский и механистический аспект ускользает от нашего внимания, поскольку он связан с очень длительным эффектом статистического характера, «солидарным с эволюцией», причем определяющие этот эффект факторы (влияние обмена веществ на случайные мутации), по-видимому, очень малочисленны.

**Понятие обратной связи.** Как и все понятия, заимствованные из техники, понятие обратной связи нельзя использовать для объяснения стабильности биологических процессов; в лучшем случае его можно было бы использовать для иллюстрации колебательного характера движения, ведущего к достижению равновесия (подобного последовательным приближениям в математике). Единственным приемлемым с точки зрения математики и механики понятием является понятие «структурной устойчивости». В самом деле, структурная устойчивость представляет собой естественный и *непременный* атрибут любой идентифицируемой формы (форма с неустойчивой структурой перестает быть формой: она становится «бесформенной»). Следует, однако, добавить, что устойчивость биологических форм обладает некоторыми специфическими особенностями: эта устойчивость не является абсолютной, поскольку даже слабые воздействия (например, введение в систему метаболизма одной молекулы ДНК) могут нарушить ее. Устойчивость эта особенно хорошо заметна по отношению к некоторым превращениям, о которых в связи с этим говорят, что они входят в «наследственное достояние» вида.

**Гомеостаз и гомеорез.** Различие между «гомеостазом» и «гомеорезом» легко улавливается специалистом в области дифференциальных уравнений. Понятие гомеостаза означает, что точка, изображающая состояние системы, находится в окрестности положения устойчивого равновесия в фазовом пространстве; понятие гомеореза означает, что эта точка находится в окрестности инвариантного множества траекторий  $K$ , представляющего собой центр притяжения (или по крайней мере просто «центр») для близких траекторий. В простейшем случае  $K$  — замкнутая траектория. Однако известно, что с точки зрения локальной структуры возникающая здесь ситуация не отличается существенным образом от состояния гомеостаза. Дело обстоит иначе, если инвариантное множество  $K$  обладает более сложной топологической структурой, например представляет собой тор. Если в результате деформации динамической системы этот центр притяжения распадается, то могут возникнуть самые разнообразные ситуации: вместо множества  $K$  может по-

явиться конечная совокупность центров притяжения меньшей размерности (может быть, даже просто изолированных точек). При этом произойдет вырождение в гомеоретическое состояние меньшей размерности, быть может, даже в гомеостатическое состояние. Во всех случаях это вырождение выражается в морфогенезе «глобальной» катастрофой катаболического характера. Если даже подобная катастрофа и обратима, то восстановление нормального течения морфогенеза, во всяком случае, сильно затруднено. С подобной ситуацией мы (по-видимому) встречаемся при явлении индукции в зародышевом развитии (где к концу катастрофы возникает гомеоретическое состояние меньшей размерности) или гибели живого существа, где конечная ситуация носит явно «гомеостатический» характер.

Этот последний пример четко показывает, что для биологии важно лишь понятие гомеореза, поскольку гомеостаз наступает только после прекращения обмена веществ, иначе говоря — после смерти живого существа. С этой точки зрения для синтеза живой материи из неживой необходимы подлинно анаболические превращения всеобщего характера: для образования гомеоретической ситуации на основе некоей гомеостатической ситуации потребуется бесконечное множество локальных синтезов, осуществляемых за какое-то конечное время в соответствии с вполне определенной пространственно-временной схемой. Сомнительно, чтобы традиционная химия справилась с этой задачей, разве что она попытается точно воспроизвести обмен веществ в процессе жизнедеятельности.

**Молекулярная биология и генетика.** Гены представляют собой истинные *deus ex machina* современной биологии; хотя, быть может, такая оценка и не является преувеличенной, тем не менее их следует вернуть на соответствующее им место в общей перспективе жизни как динамического явления. Основная роль генов, очевидно, заключается в регуляции обмена веществ или эпигенеза. Ниже мы изложим примитивную геометрическую схему, иллюстрирующую эту роль генов. Допустим, что в цитоплазме для наилучшего отправления жизненных функций должен быть обеспечен некий локальный уровень обмена веществ — оптимальный уровень ( $o$ ); допустим далее, что в результате каких-то пертурбаций во внешней среде этот локальный уровень обмена веществ становится субоптимальным ( $s$ ). Подобная ситуация не может сохраняться долгое время без серьезных последствий для жизнедеятельности клетки (в частности, для ее размножения); «регуляцию» или возврат к оптимальному уровню можно выразить геометрически следующим образом: в какой-то данный момент  $t$  возникнет очень маленький участок с обменом на уровне  $o$ , окруженный ударной волной  $W$ , носящей сначала точечный характер, которая отделяет этот участок от окружающей цитоплазмы с уровнем обмена  $s$ . В последующий период эта ударная волна  $W$  развивается и заполняет всю клетку, так что через некоторое время вся

клетка вновь перейдет на уровень  $o$ . Речь здесь идет, разумеется, об идеализированной схеме, которая слишком проста и поэтому может лишь частично реализоваться в настоящей клетке; кроме того, в клетках, содержащих ядра, роль этих изменчивых ударных волн, по-видимому, выполняет относительно стабильная ядерная оболочка. Далее вполне можно допустить, что уровни  $o$  и  $s$  непрерывно переходят один в другой, так что ударная волна  $W$  может иметь свободную границу, изображаемую в каждый данный момент кривой (в соответствии с явлением Римана — Гугоньо). Можно поэтому представить себе, что «точка инициирования» оптимального уровня  $o$  и граничная кривая ударной волны  $W$  связаны со специализированными молекулярными структурами: кривая соответствует бактериальной хромосоме (или ее части), а «точка инициирования» — оператору Жакоба — Моно. Поверхность волны  $W$  — это участок, отделенный от хромосомы нитями информационной РНК; весьма вероятно, что эта структура представляет собой поверхность лишь в окрестности хромосомы, а затем принимает форму сектора трехмерного вейера — в этом секторе нити информационной РНК захватывают рибосомы, где происходит синтез ферментов, способствующих переходу с уровня  $s$  на уровень  $o$ . Когда на всем пространстве устанавливается оптимальный уровень  $o$ , синтетическая активность хромосомы затухает.

Можно задать вопрос, почему в приведенной выше схеме сингулярности обмена веществ всегда связаны со специфическими молекулярными структурами? Быть может, в этом-то и кроется одна из самых основных проблем динамики жизни. Можно предложить, отнюдь не считая это окончательным ответом, следующую схему: макромолекула (или в более общем случае — макромолекулярная структура) оказывает на обмен веществ в своем непосредственном окружении каталитическое (ферментативное) действие, которое при этом изменяется в зависимости от положения рассматриваемой точки в данной системе. Геометрически, такое действие определяется в локальном биохимическом пространстве векторным полем, которое на самой молекуле имеет сингулярность (обращается в бесконечность). Можно допустить, что при данном локальном уровне обмена веществ под влиянием теплового возбуждения более или менее случайно образуются молекулярные структуры, которые, вообще говоря, обладают лабильностью; однако если эти молекулярные структуры оказывают на обмен веществ в своем окружении ферментативное действие, приводящее к локальному уменьшению энтропии, то их устойчивость возрастает (в соответствии с принципом Лешателье). В случае относительно гомогенного локального обмена веществ в пространстве образуются статистически гомогенные структуры; если же обмен веществ имеет скачок или сингулярность, где происходит значительное возрастание энтропии, то можно ожидать образования молекулярных структур  $M$ , геометрически связанных с этой сингулярностью, относительно устойчивых и

характерных для метаболической природы этой сингулярности (т. е. приводящих к уменьшению энтропии). Более того, эти молекулярные структуры, однажды образовавшись, могут обладать внутренней устойчивостью, что позволяет им существовать в тех сингулярных условиях обмена веществ, в которых они возникли. Если впоследствии условия обмена веществ вновь становятся близкими к исходным, то присутствие молекулярных структур  $M$  обуславливает ферментативное действие, способствующее возвращению к этому сингулярному уровню обмена веществ  $S$ . Общим результатом подобной ферментативной связи между обменом веществ и молекулярной структурой будет эффект «облегчения» или «памяти»: вероятность возвращения к сингулярному состоянию  $S$  во много раз возрастает после того, как это состояние было многократно реализовано, поскольку могли возникнуть и сохраниться структуры  $M$ , катализирующие возвращение к  $S$ . Подобный механизм позволяет получить представление о том, как может естественным путем возникнуть механизм «обратной связи». Приведем упрощенную модель такого механизма: пусть  $u$  — скалярная переменная обмена веществ (например, концентрация определенного метаболита); можно предположить, что после какого-либо резкого воздействия  $u$  стремится к некоторому оптимальному равновесному значению  $u = c$ , которое достигается в результате ряда последовательных колебаний, причем функция  $u(t)$  времени  $t$  принимает то максимальные, то минимальные значения. Более того, можно предположить, что эти колебания связаны с пространственным перемещением рассматриваемого метаболита, так что максимумы достигаются в участке клетки А, а минимумы — в некотором другом участке Б, отличном от А. Если размах колебаний достигает некоторой пороговой величины  $f$ , то можно допустить, что в участке А происходит синтез молекул, способствующий переходу производной  $du/dt$  от положительного значения к отрицательному. Точно так же в участке Б может спонтанно проходить синтез молекул, благоприятствующий обратному переходу. Наличие этих молекул способствует глобальной устойчивости функции  $u$ , колебания которой, сколь бы ни велика была амплитуда возмущений, могут лежать лишь между значениями  $c - f$  и  $c + f$ .

На этой модели можно наблюдать очень интересное явление: переход от состояния равновесия с дифференцируемыми колебаниями («центр» в дифференциальной геометрии) к «канализованной» системе с отражающими стенками, где производная (скорость) процесса имеет разрыв. С точки зрения теории регуляторов Жакоба — Моно такое превращение можно было бы истолковать как мутацию, вызывающую переход из «структурного» состояния в индуцируемое (или репрессуемое). В описываемой модели подобная мутация приписывается присутствию специфических частиц и должна быть доминантной у диплоидных форм; доминантные структурные мутации

(мутации  $O^c$ ), если они существуют, обусловлены тем, что сам рассматриваемый механизм как по своей природе, так и в силу необходимости является коррегирующим механизмом (например, синтез какого-либо фермента), требующим присутствия специфических частиц, и тем, что данная мутация оказывает влияние на связь между эффектами частиц двух типов. Вряд ли существует предел сложности каскадов взаимодействий и регуляций, возможных в таких системах. Приписывать, как это обычно делается, каждое возможное взаимодействие определенному гену — значит лишь отодвигать проблему назад: поскольку фенотипическое выражение генов группы  $k$  будет регулироваться генами группы  $(k+1)$ , можно попасть в порочный круг: «*Quis custodiet ipsos custodes?*»<sup>1</sup>.

В этих условиях постулат о существовании метаболических факторов, обладающих генетическими свойствами, представляется неизбежным; я думаю, что существует непрерывный ряд генетических факторов — от классического хромосомного гена, подчиняющегося законам Менделя (у многоклеточных), до факторов, способных делать выбор между различными уровнями обмена веществ и обладающих более или менее лабильными свойствами. Благодаря описанному выше явлению «облегчения» или «памяти» на любом уровне обмена веществ возникает синтез специфических частиц, которые повышают вероятность установления этого уровня. Отсюда следует, что такие частицы способны к самовоспроизведению; их можно было бы рассматривать как вирус, если бы они были способны давать устойчивые вирусные частицы, сохраняющиеся вне клетки. Термодинамическую конкуренцию между двумя возможными уровнями обмена веществ можно рассматривать как борьбу между двумя популяциями «плазмагенных» частиц; с этой точки зрения естественный отбор действует на обмен веществ в пределах каждой особи подобно тому, как он действует на взаимоотношения между особями и видами. Хромосомная природа данного генетического фактора иногда обратима (в качестве примера можно привести умеренные фаги), а это помогает представить себе возможность прогрессивного включения генетических факторов в хромосомный набор. Для более точного описания этого механизма необходимо сначала как следует разобраться в палеогенном происхождении и динамической характеристике хромосом и ядерного материала вообще.

**Морфогенез и генетика.** Точная оценка роли ядерного материала в морфогенезе — весьма щекотливая задача. Основной процесс морфогенеза, и в частности клеточной дифференцировки, представляет собой с динамической точки зрения «катастрофу»: центр притяжения определенного уровня обмена веществ — первоначально гомогенный по всей области  $D$  — пре-

<sup>1</sup> «А кто же будет охранять самих стражников?» (лат.).

терпевает топологическую деформацию, в результате чего он превращается в конечное (или бесконечное) число новых центров притяжения; борьба между центрами притяжения порождает в  $D$  ударные волны<sup>1</sup>, которые по прошествии некоторого времени получают материальное воплощение, превращаясь в границы органов. В явлениях неживой природы, например в фазовых изменениях (слияние, сгущение и т. п.), эти процессы протекают локально весьма неопределенным образом, а термодинамика определяет лишь общее направление изменения системы. Точно так же в эмбриологии начало катастрофы (слагающееся из множества очень мелких, практически не поддающихся наблюдению явлений) представляет собой в значительной мере случайное явление, однако спустя очень короткое время структуры концентрируются и упрощаются в соответствии с определенными программами (креоды Уоддингтона). Генотип, определяя наличие или отсутствие того или иного фермента, благоприятствующего установлению одного из возможных режимов обмена веществ, может в значительной степени изменить конечную стадию катастрофы. Однако разработка математической модели такого явления весьма затруднительна. Действие генотипа проявляется также в регуляции митоза (скорость, направление), которая определяет «поляризацию» ткани; здесь вступает в игру некая направленная термодинамика, совершенно отличная от классической, и здесь снова математической теории трудно выйти за пределы чисто качественных представлений. Таким образом, роль ДНК в эпигенезе заключается в том, что она «направляет» катастрофы, которыми сопровождается морфогенез; однако утверждать, как это иногда делают, что ДНК вызывает эти катастрофы, было бы преувеличением.

По-видимому, современные успехи молекулярной биологии породили у биологов иллюзии; однако, видя, в каком тупике находится сейчас физика элементарных частиц, они должны были бы проявить большую осмотрительность: по мере перехода на уровень микроскопических величин явления, как правило, усложняются, и весьма вероятно, что биология даст тому новые примеры. Возможно, например, что проанализировать в общих чертах эпигенез какого-либо млекопитающего легче, чем эпигенез бактериофага. В самом деле, в первом случае можно ожидать упрощения за счет статистических закономерностей, тогда как во втором случае мы сталкиваемся с крайне специфическим химическим сродством и неправдоподобно утонченной сложностью. Следует помнить, например, что у нас нет никаких формальных доказательств топологической непрерывности между проникающей в бактериальную клетку вирусной частицей и ее потомками, образующимися

<sup>1</sup> Насколько я понимаю, термин «ударная волна» используется для обозначения границ между отдельными участками многомерного фазового пространства, в которых всю совокупность биохимических процессов можно представить в виде векторного поля, причем в каждом участке векторы концентрируются около «центра притяжения».

в лизированной бактерии. Даже если допустить вероятность существования такой непрерывности, нельзя отрицать — ввиду существования генетической рекомбинации, — что эта непрерывность связана с очень сложными молекулярными превращениями. Все это очень далеко от топологической простоты полового или вегетативного размножения у многоклеточных.

**Случайность и мутация.** Строго случайный характер (если такое выражение имеет смысл) мутаций представляет собой одну из догм современной биологии. Мне представляется, однако, что эта догма противоречит физическому закону действия и противодействия: из двух возможных мутаций  $m$  и  $m'$  несколько больше шансов на возникновение имеет та, которая оказывает более благоприятное влияние на обмен веществ (т. е. приводит к уменьшению энтропии). Из классической схемы теории информации

Источник → Канал → Приемник

явствует, что источник действует на приемник; однако приемник оказывает реципрокное воздействие на источник — этот обратный эффект обычно не поддается наблюдению, поскольку энергия источника слишком велика по сравнению с энергией взаимодействия. Это положение не распространяется на нуклеиновую кислоту, собственная энергия которой незначительна по сравнению с энергиями, действующими в системе обмена веществ. Мне могут возразить, что в данном случае приемник представляет собой «открытую» систему: вполне допустимо, что ДНК оказывает направляющее действие на обмен веществ, не вызывая при этом сколько-нибудь заметного противодействия, подобно тому как стрелочник определяет направление движения поезда, тогда как поезд не оказывает никакого действия на стрелочника. Однако это сравнение, как и всякое сравнение с явлением из мира техники, не вполне правомерно: оно справедливо лишь в случае отсутствия обмена веществ — что бы произошло, если бы стрелочник перевел свою стрелку под идущим полным ходом поездом? А ведь весьма вероятно, что большинство спонтанных мутаций происходит на стадии интерфазы, в разгар метаболической активности. Разрывы и транслокации хромосом, наблюдаемые в анафазе, представляют собой лишь видимые результаты нарушений обмена веществ, происходивших на предшествующих анафазе стадиях и нарушивших ее течение. Часто говорят об ошибках в процессе удвоения ДНК; мне трудно согласиться с современными представлениями, согласно которым замены пары нуклеотидов (или включения дополнительной мутантной пары) достаточно для инактивации гена. По-моему, сторонники этих представлений повторяют ошибку морфологов, которые считали, что разрушение одного нейрона нарушает процесс мышления. Кстати, даже если принять эту антропоморфистскую точку зрения на механизм считывания ДНК,

который может быть нарушен в результате простой ошибки («описки»), то нельзя ли допустить, доводя антропоморфизм до предела, что эти ошибки направляются в соответствии с теорией Фрейда потребностями и «неосознанными порывами» (драйвами) обмена веществ в окружающей среде? Мне кажется неизбежным вывод, о том, что метаболизм оказывает воздействие (несомненно, очень слабое,, но в конечном итоге, быть может, определяющее) на статистическую частоту различных мутаций. Именно этот долгосрочный эффект позволил бы объяснить вариационный принцип минимальной энтропии и телеологический характер биологических процессов, о котором мы говорили вначале.

**Эволюция.** Напомним возражение — весьма обоснованное, — которое выдвигают телеологи против механистической теории эволюции: если эволюция направляется случайными мутациями, регулируемые лишь естественным отбором, то каким образом она могла обеспечивать образование все более и более сложных структур вплоть до человека и исключительно сложных изысканий человеческого разума? Я думаю, что существует лишь один способ отвести это возражение, да и тот могут назвать идеалистическим. Когда математик Эрмит писал Стильтьесу: «Мне кажется, что числа существуют вне нас и оказывают на нас столь же неизбежное и необходимое влияние, как натрий и калий», он, на мой взгляд, зашел не так уж далеко. Существование натрия или калия обусловлено наличием соответствующей формальной структуры, обеспечивающей стабильность атомов Na или K. В случае простого элемента, например молекулы водорода, можно легко объяснить такую структуру с точки зрения квантовой механики; в случае же атомов Na или K дать такое объяснение гораздо труднее, хотя нет никаких оснований сомневаться в существовании подобной структуры. Я думаю, что в биологии также существуют формальные структуры и даже геометрические единицы, определяющие единственно возможные формы, к которым может привести динамическая система самовоспроизведения в данной среде. Переходя на язык геометрии, допустим, что эволюцию некой биохимической смеси в данной среде можно описать траекториями некоторого векторного поля в соответствующем функциональном пространстве. Пусть  $F_t$  — оператор сдвига вдоль траекторий за время  $t$ . Если принять за начало определенную форму  $s$ , то эта форма будет самовоспроизводиться при условии, что к концу периода времени  $t$  образовавшаяся форма  $Ft(s)$  будет представлять собой топологическую сумму  $S_1 \cup S_2$  двух неперекрывающихся форм, изоморфных  $s$ . Тем самым нам придется исследовать для каждого значения  $t$  «спектр» оператора удвоения  $Ft$ , т. е. совокупность форм  $su$  таких, что  $Ft(s) = S_1 \cup S_2$ . Этот спектр, вероятно, дискретный, и не исключена возможность, что на его собственных элементах можно определить такие операции, как топологическая сумма, топологическое произведение и т. п. Иными

словами, можно в абстрактном функциональном пространстве определить область существования и устойчивости каждой из этих собственных форм (как функций внешних факторов); таким образом можно получить палеогенную (палеонтологическую?) карту, состоящую из «креодов», формально аналогичную эпигенетическому ландшафту Уоддингтона. Итак, эволюция есть не что иное, как распространение фронта гигантской волны по этому «палеогенному» пространству. Как и в развитии зародыша, здесь следует ожидать процессов индукции, «катастроф», регрессий, причем по тем же формальным причинам. В основе всех этих процессов лежит, по-видимому, притяжение форм: всякая собственная форма (я бы сказал «архетип», если бы этот термин не имел телеологического оттенка) стремится обеспечить свое существование и притягивает фронт существующих форм, когда этот фронт достигает соседних топологических форм. Между центрами притяжения существует конкуренция, и можно было бы говорить о «злокачественности» формы в смысле ее способности к притяжению соседних форм. С этой точки зрения было бы заманчиво приписать кажущееся прекращение эволюции в настоящее время чрезмерной (слишком «злокачественной») силе центра притяжения, которым является человек. Из всех теоретически возможных живых форм<sup>1</sup> фронт волны затрагивает и, таким образом, обеспечивает существование лишь незначительного меньшинства.

Такие телеологи, как Тейяр де Шарден, могли бы, используя аналогию между эволюцией и развитием зародыша, утверждать, что, подобно тому как развитие зародыша происходит в соответствии с определенным планом, волна жизни разворачивается в структурном пространстве в соответствии с неким Планом, неизбежным и предрешенным. Однако при этом упускается из виду одно существенное отличие: развитие зародыша воспроизводимо и в силу этого является объектом изучения, тогда как ход эволюции не может быть воспроизведен и не может служить, объектом изучения. Утверждать, что какое-либо уникальное и невоспроизводимое явление протекает в соответствии с определенным планом, — типичный образец бесплодных и досужих рассуждений.

Я не исключаю возможности такого же упрека по отношению к схеме палеогенной карты: поскольку речь идет в принципе о невоспроизводимых явлениях, подобная карта может оказаться лишь бесплодной умозрительной схемой. На этот упрек я бы ответил: единственное возможное достоинство данной схемы состоит в том, что она привлекает внимание к локальным аналогиям и никак не исключает возможности того\* что кому-нибудь удастся (особенно на быстро размножающихся низших организмах) экспериментальным путем вызвать локальные эволюционные сдвиги в заранее намеченном направлении (например, опыты Уоддингтона на дрозофиле). Глубже вникая в существо проблемы, можно заметить, что любая точка зародыша

находится на незначительном расстоянии от какого-нибудь клеточного ядра, которое содержит всю информацию, необходимую для локальной реализации плана строения данной особи; между тем в волне эволюции единственными общими для всех живых существ факторами являются элементарные биохимические компоненты: ДНК, РНК, белки, а также генетический код и т. д., которые, по-видимому, не образуют достаточно сложных структур, могущих обеспечить реализацию некоего глобального плана жизни в целом. Вот почему я предпочитаю считать (до того как удастся получить дальнейшие данные), что в основе эволюционного развития, быть может, лежит детерминизм весьма локального характера.