

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ
Технологический университет



Кафедра философско-исторических и социально-правовых наук

В.В. Горбачев

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Часть 2

Физика живого

Учебное пособие

для студентов гуманитарных специальностей

Рекомендовано редакционно-издательским
советом института

УДК 5(075.8)
ББК 20
Г90

Горбачев В.В. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие: Ч. 2. Физика живого. М.: МИСиС, 2001. – 196 с.

Вторая часть учебного пособия «Концепции современного естествознания» «Физика живого» дает представление о физических принципах объяснения мира живой природы с позиции современной, в том числе постнеклассической физики.

В ней рассмотрены термодинамические и энергетические особенности живых систем, уровни организации и системный подход к их изучению, физические принципы возникновения, воспроизводства и развития живых организмов, физическое понимание эволюционного и индивидуального развития организмов, дано представление о физических и информационных полях биологических структур, изложены физические основы экологии и роль пространства, времени и информации для живых организмов, а также значение асимметрии в возникновении и развитии биосферы.

Пособие предназначено для студентов вузов и колледжей, преподавателей и аспирантов. Может быть полезно и широкому кругу читателей, интересующихся проблемами физики живого.

© Московский государственный
институт стали и сплавов
(Технологический университет)
(МИСиС), 2001

© В.В. Горбачев, 2001

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. От физики существующего к физике возникающего	6
1.1. Термодинамические особенности живых систем	7
1.2. Энергетический подход к описанию живого	10
1.3. Уровни организации живых систем и системный подход к эволюции живого	13
1.4. Физическая интерпретация биологических законов	20
1.5. Пространство и время для живых организмов	24
1.6. Энтропия и информация в живых системах	29
2. Физические аспекты и принципы биологии	34
2.1. От атомов к протожизни	34
2.2. Химические процессы и молекулярная самоорганизация	40
2.3. Биохимические составляющие живого вещества	50
2.4. Клетка как «элементарная частица» молекулярной биологии	66
2.5. Роль асимметрии в возникновении живого	76
3. Физические принципы воспроизводства и развития живых систем	82
3.1. Информационные молекулы наследственности	82
3.2. Воспроизводство и наследование признаков	85
3.3. Процессы мутагенеза и передача наследственной информации	89
3.4. Матричный принцип синтеза информационных макромолекул и молекулярная генетика	92
4. Физическое понимание эволюционного и индивидуального развития организмов	99
4.1. Онтогенез и филогенез. Онтогенетический и популяционный уровни организации жизни	99
4.2. Физическое представление эволюции. Синтетическая теория эволюции	101
4.3. Аксиомы биологии	107
4.4. Признаки живого и определения жизни	113
4.5. Физическая модель демографического развития С.П. Капицы	118
5. Физические и информационные поля биологических структур	123
5.1. Физические поля и излучения функционирующего организма человека	123
5.2. Механизм взаимодействия излучений человека с окружающей средой и возможности медицинской диагностики и лечения	130
5.3. Устройство памяти. Воспроизводство и передача информации в организме	135
6. Физические аспекты биосферы и основы экологии	142
6.1. Структурная организованность биосферы	142
6.2. Биогеохимические принципы В.И. Вернадского и живое вещество	147
6.3. Физические аспекты эволюции биосферы и переход к ноосфере	149
6.4. Физические факторы влияния Космоса на земные процессы	152
6.5. Физические основы экологии	156
6.6. Принципы устойчивого развития	161
Темы курсовых работ, рефератов и докладов	164
Вопросы к зачету и экзамену	167
Литература	169
Словарь терминов	174

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь – это тема детективного романа, всегда прерывающаяся на самом интересном месте.

Р. Фейнман

Наша жизнь есть то,
Что мы о ней думаем.

Марк Аврелий

Непостоянно все, что в мире есть
К тому ж изъянов в том, что есть, не счастье.
Поверь же в то, что сущее незримо
И признано все то, что зримо есть.

О. Хайям

Жизнь – это искусство делать
верные выводы из неверных посылок.

С. Батлер

Переходя к описанию представлений о живом, мы затрагиваем самый глубокий вопрос нашего бытия в реальном физическом мире, который наряду с проблемами происхождения Вселенной и человека волнует человечество с тех пор, как появился Разум. Проблема жизни неоднократно обсуждалась в науке и понимание этой проблемы в соответствии с существующими представлениями было разным. К сожалению, и сейчас современная наука не может дать окончательного ответа на вопрос, что такое Жизнь. Это вовсе не означает, что не существует возможных вариантов ответов. Они безусловно есть, в том числе и приближающиеся, казалось бы, к истине, но это скорее характеристики или отличительные признаки живого, описывающие ту или иную сторону его определения.

А ведь проникновение в сущность понимания жизни, ее возникновения и эволюции определяет будущее человечества на Земле как вида живого. Конечно, в настоящее время накоплен огромный фактический материал, есть его осмысление, особенно в области молекулярной биологии и генетики, есть схемы или модели развития, есть даже практическое клонирование человека, но... нет ответа. Ближе всего к разгадке тайны подошла современная биология, но, как справедливо заметил Н.В. Тимофеев-Ресовский: «в настоящее время никакой теоретической биологии, сравнимой с теоретической физикой, нет» [33].

Более того, биология сообщает множество интересных и важных подробностей о человеке, упуская что-то принципиальное. Мы помним из первой части нашего курса, что само слово «физика» по Аристотелю означает «фюзис» – природа. Так, может быть, ответ о сущности живой природы дает тоже физика? Действительно, вся материя Вселенной и, следовательно, мы сами состоим из атомов и молекул, для которых уже получены количественные и в целом правильные законы их поведения, в том числе и на квантово-молекулярном уровне.

Тем более, что физика была и остается важным фактором общего развития человеческой культуры в целом. В этом смысле физика не только область знания, она создает наиболее близкое для биологии социокультурное понимание, осязаемое без и до рефлексии знания. Вероятно, именно в физическом познании отражены стили мышления. Логико-методологические аспекты познания и самой науки почти целиком основаны на опыте физических наук.

Поэтому задача научного познания живого, вероятно, и состоит в обосновании применения физических моделей и представлений к возможности определять

развитие природы и общества также на основе физических закономерностей и научного анализа получаемых знаний о механизме процессов в живом организме. Как говорил еще 25 лет тому назад М.В. Волькенштейн [26]: «в биологии как науке о живом возможны только два пути: либо признать невозможным объяснение жизни на основе физики и химии, либо такое объяснение возможно и его надо найти, в том числе, на основе общих закономерностей, характеризующих строение и природу материи, вещества и поля».

По-видимому, истинное толкование биологических явлений – атомно-молекулярное. Постановка и решение проблемы генетического кода, раскрытие молекулярной природы наследственности и изменчивости, в конечном счете, сводится к квантово-механической трактовке этих явлений. Можно предположить, что в природе, неживой («косной» по В.И. Вернадскому) и живой, управляют единые законы, только механизм их проявления разный. Это стало особенно ясно после использования синергетических идей в самоорганизации сложных систем. Поэтому применение физических моделей к проблемам живого, на наш взгляд, вполне правомерно, что и рассматривается в данном учебном пособии.

Естественно, при этом будут даны современные представления о процессах в живых организмах, специфике установленных законов их развития и возникновения самой жизни не только с позиций постнеклассической физики, но и рассматриваемого в нашем пособии холистического подхода. Для более углубленного и подробного ознакомления с современной биологией необходимо обратиться к соответствующей литературе, список которой дан в конце пособия, где по нашей традиции также приведен словарь терминов, используемых в этой части пособия.

Тем не менее, очевидно, что эту проблему одной физикой, одним разделом науки не решить. Появились некие, в том числе и физические принципы, не противоречащие основным известным законам. (А это, как мы знаем, очень важно для истинности настоящей науки!). Но в целом феномен живого пока ускользает от нашего понимания. Чтобы понять его, как и общую картину мира, надо отойти от частных наук. Большое видится на расстоянии и со временем... Как остроумно заметил блистательный Н.В. Тимофеев-Ресовский [33]: «Мы все такие материалисты, что нас всех безумно волнует, как возникла жизнь. При этом нас почти не волнует, как возникла материя. Тут все просто. Материя вечна, она всегда была и не нужно никаких вопросов. Всегда была. А вот жизнь, видите ли, обязательно должна возникнуть. А может быть, она тоже всегда была. И не надо вопросов, просто всегда была, и все».

Вторая часть нашего пособия по концепции современного естествознания – это приглашение к совместным раздумьям на поле современной науки. Как сказал великий Омар Хайям:

В этом мире ты мудрым слывешь.
Ну и что?
Всем пример и совет подаешь.
Ну и что?
До ста лет ты намерен прожить. Допускаю,
Может быть, до двухсот проживешь.
Ну и что?

1. ОТ ФИЗИКИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО К ФИЗИКЕ ВОЗНИКАЮЩЕГО

В первой части пособия [38] мы попытались представить свое объяснение законов природы на основе имеющихся физических представлений или, следуя терминологии И.Р. Пригожина [116, 117], физики необходимого и существующего. Эта физика, основанная главным образом на понятиях классической и квантовой механики, равновесной термодинамики и в какой-то степени космомикрофизики, в определенные моменты развития человеческого разума давала ответы на вопросы о происхождении и эволюции *Универсума*. Под Универсумом понимается существующий и доступный нашему наблюдению мир, который можно рассматривать как целое. Согласно Н.Н. Моисееву [97] «все, что лежит вне Универсума, не существует и относится к вере, т. е. находится вне науки и практического опыта».

Однако, как мы неоднократно убеждались, многие сложные системы живой и особенно живой природы требуют принципиально другого подхода к ним – как сложным самоорганизующимся объектам, в которых идут неравновесные нелинейные процессы когерентного характера. Поэтому можно считать, что представления предыдущей физики, хотя и были правильными, необходимыми, но, тем не менее, имели известные ограничения, задаваемые физическими моделями, и поэтому подчас были недостаточными.

Была физика существующего, но она не описывала адекватно физику возникающего, не могла дать правильную оценку развития будущего. В частности, физике была чужда идея исторического развития, круговорота веществ в природе, учета явлений памяти систем, влияния будущего на настоящее, создающая роль хаоса и его взаимоотношения с порядком, разное понимание времени, сущности живого и другие вопросы, которые физика фактически отдала или другим наукам, или теологии. Тем не менее, сейчас она должна их перед собой ставить и пытаться решить.

В значительной мере этот переход от физики существующего к физике возникающего в настоящее время осуществляется за счет использования представлений о самоорганизации. Сейчас предпринимаются попытки на базе современных физических моделей объяснить возникновение и развитие различных изменений в сложных объектах косной и живой природы, т. е. привести в описательные науки о природе и живом (географию, геологию и другие) некие физические начала. В этом смысле физику живого можно рассматривать как феномен *постнеклассической физики*.

Как известно, долгое время в решении этих вопросов принадлежала биологии, однако с развитием ее теоретической базы и возникновением молекулярной биологии и молекулярной генетики удалось физико-химическими причинами объяснить механизмы организации и передачи генетического кода и синтеза клеток, белков, аминокислот и других важных для жизни молекулярных соединений. Это привело к возможности физического объяснения биологических процессов на основе общих закономерностей – как классических представлений строения вещества и его взаимодействия через поля, так и понимания неравновесных нелинейных процессов самоорганизации в сложных физико-химических системах, какими являются живые организмы.

Необходимо подчеркнуть, что такой подход не означает механистического приложения и использования количественных законов физики в этих описательных компонентах нашего знания о живой природе, а является шагом вперед в понимании

эволюции мира и зарождения жизни с позиции физики. В рамках такого подхода мы можем использовать весь аппарат естественно-научных методов познания и холистического подхода современного естествознания к описанию всего сущего, лишая возможности применения псевдофилософских и теологических построений.

На самом деле осмысление того, что происходит во Вселенной, в самом человеке, осознание своей причастности к Универсуму и своего положения в нем в значительной мере определяется пониманием самой сущности жизни и физика сейчас уже не может игнорировать эти вопросы.

1.1. Термодинамические особенности живых систем

Жизнь больше не выглядит как островок сопротивления второму началу термодинамики или как деятельность каких-то демонов Максвелла. Она возникает теперь как следствие общих законов физики.

И. Пригожин

Еще в 1945 г. один из отцов-основателей квантовой физики Э. Шредингер в своей знаменитой книге «Что такое жизнь с точки зрения физики» [157] попытался дать общие соображения о термодинамике жизненных процессов. Кстати, эта работа подтолкнула многих физиков к занятиям молекулярной биологией, а некоторых привела и к Нобелевской премии. Основной идеей Э. Шредингера было утверждение, что «живая материя уклоняется от деградации к равновесию». Но равновесие в изолированной, замкнутой системе характеризуется в рамках классической термодинамики максимумом энтропии. Значит, если система «уклоняется» от равновесия, то она должна постоянно компенсировать производство энтропии какой-то энергией. с точки зрения физики – своей свободной энергией:

$$F = U - TS, \quad (1.1)$$

где F – свободная энергия;
 S – энтропия;
 U – внутренняя энергия системы;
 TS – связанная энергия.

Из (1.1) следует, что энергия состоит из свободной и связанной энергии.

Свободная энергия – та часть внутренней энергии, за счет которой может совершаться работа, а связанная энергия через первое начало термодинамики $\delta Q = du + \delta A$ определяется теплотой $\delta Q = SdT$ и не может быть полностью превращена в полезную работу δA . Связанная энергия, которая рассеивается в окружающее пространство, как раз и характеризуется энтропией S . Формула (1.1) определяет свободную энергию по Гельмгольцу, а свободная энергия G по Гиббсу:

$$G = H - TS,$$

где H – энтальпия или теплосодержание.

Кстати, из идеи Шредингера и формулы (1.1) следует, что Э. Шредингер уже неявно, но предполагал, что живой организм – это открытая система, обменивающаяся с окружающей средой энергией, материей и информацией.

Как нам уже известно из физики существующего [38], все превращения энергии описываются термодинамическими законами, которые при правильно сформулированных физических ограничениях и адекватных физических моделях применимы и для жизненных процессов. Из простого физического соотношения (1.1) вытекает представление, что уменьшение энтропии (возникновение отрицательной энтропии, негэнтропии по Э. Шредингеру) в живом организме при взаимодействии его с окружающей средой связано с ростом свободной энергии. А термодинамика («властная тетка» из главы 7 первой части пособия) говорит, что увеличение свободной энергии происходит с упорядочением системы, ее усложнением и отклонением от равновесия.

Сам Э. Шредингер считал, что живые организмы «извлекают упорядоченность из окружающей среды», питаются структурированной, упорядоченной пищей, а отдают природе менее структурированные «отходы производства» своей жизнедеятельности. Биологи это общее положение развивают как возникновение специфической упорядоченности для разных видов животных («волчья» и «заячья» упорядоченность по Б.М. Медникову [89]). Сначала поступающая пища расщепляется до низкомолекулярных веществ, аминокислот, углеводов, сахаров и т. д., общих для всей живой природы, а затем за счет поглощения энергии извне из «элементарных кирпичиков» жизни организмы строят присущие лишь им белки. Поэтому каждый организм и характерен неповторимой, именно ему присущей комбинацией белковых молекул, своей специфичной упорядоченностью.

Таким образом, живые организмы избегают повышения энтропии и повышают ее в окружающей среде при общении с ней живого организма. Энтропия – «омертвленная» энергия, которую нельзя превратить в работу. Вспомним еще раз, что по законам классической термодинамики в изолированных системах тепло полностью не переходит в работу, оно рассеивается, т. е. процесс идет от порядка к хаосу.

Для живых организмов, как открытых систем, с физической точки зрения акт творения живого будет состоять «в спонтанной трансформации тепловой энергии необратимых флуктуаций в целенаправленную механическую работу создания высокоорганизованной системы» [115] именно за счет свободной энергии. Следовательно, динамическая неравновесность живых систем уже по определению, как говорят в точных науках, свидетельствует об их непрерывной упорядоченности, так как равновесие соответствует беспорядку, хаосу и приводит к смерти живого организма, когда энтропия его максимальна.

Энтропия, как нам известно, выступает как мера хаоса, неопределенности, усреднения поведения объектов, установления стабильного состояния и даже определенного единообразия. Надо отметить, что простые меры из жизни биологических объектов показывает, что они не хотят подчиняться термодинамическому закону для изолированных систем. Одним из биологических законов развития является как раз разнообразие видов и разновидностей различных организмов, что неумолимо должно приводить к уменьшению энтропии в живых системах. Кстати, гипотетическое появление белой вороны в стае черных также означает уменьшение энтропии стаи. А увеличение неопределенности в статистических хаотических состояниях с максимальной энтропией – враг номер один для человека: возникает психическая напряженность, дискомфорт, неудовлетворенные потребности, отрицательные эмоции. Поэтому наш организм и стремится минимизировать именно энтропию.

Для материальных объектов неживой природы при небольших отклонениях от равновесия даже для нестационарных процессов в рамках классической термодинамики

между потоками вещества и силами, вызывающими движение этих потоков, существуют линейные связи, так называемые соотношения Л. Онсагера (1903 – 1976).

$$J_i = \sum L_{ij} X_j, \quad (1.2)$$

где J_i – поток;

X_j – термодинамическая сила;

L_{ij} – линейный коэффициент.

Оказалось, что для сложных самоорганизующихся объектов живой природы процессы обмена веществом и энергией с окружающей средой макроскопически неравновесны, идут при наличии большого градиента концентраций химических веществ, температуры, электрических потенциалов, давления, а не подчиняются соотношениям (1.2). Коэффициенты L_{ij} становятся нелинейными. Поэтому и сама самоорганизация живых организмов является нелинейным процессом.

Как уже обсуждалось, уравнения, описывающие такую систему, являются, естественно, нелинейными и множеству решений нелинейного уравнения соответствует множество путей эволюции живой системы, которые и описываются этими нелинейными уравнениями. Возникновение нелинейности связано с усилением флуктуаций процессов, изменением пороговой чувствительности к управляющим параметрам, появлению бифуркаций и неожиданности изменений направлений течения процессов при дискретности возможных путей эволюций. Такие представления полностью вписываются в рамки теории самоорганизующихся сложных систем как неживой, так и живой природы. Заметим, что так же, как и ранее, под самоорганизацией мы понимаем установление в неравновесной диссипативной среде пространственных структур, которые могут развиваться и во времени. Параметры их определяются уже свойствами самой среды и мало зависят от источника неравновесности в виде потоков энергии и вещества, начального состояния среды и условий на границах.

Мы видим, таким образом, что неустойчивость становится одним из главных факторов развития самоорганизующихся систем, в том числе и биологических. Развитие началось из хаотического состояния, но законы неравновесной термодинамики привели его к направленному ходу. Становление новых форм происходит тогда, когда система в ходе своих внутренних перестроек и усложнений приобретает признаки неустойчивости. Это приводит к качественным изменениям через точки бифуркации, и характер этого механизма именно нелинейный. Причем под неустойчивостью можно понимать возникновение и режимов сверхбыстрого нарастания развития («режимы с обострением»), и процессов с нелинейной положительной связью, а не просто попадание системы в точки бифуркации. Кстати, понятие бифуркаций (для гуманитариев, по Ф.И. Тютчеву – «минут роковых») вводят в физико-химическую основу биологических явлений представления об истории или памяти, элементы которых прежде считались вотчиной социальных и других гуманитарных наук.

Что же касается биологической изменчивости и приспособляемости живых организмов – в рамках понятий самоорганизации можно сказать, что те живые системы, которые не смогли охватить диапазон жизненно важных воздействий на них внешней среды, попросту вымерли, не выдержав борьбы за существование. На их могилах можно было бы написать, по образному выражению А.И. Молчанова: «Они были слишком линейны для этого мира» [134].

Возвращаясь к энергетическим представлениям в объяснении феномена живого, отметим еще раз, что для устойчивого состояния характерно минимальное производство энтропии, а для неустойчивого стационарного состояния – максимальное ее производство. Как это связать с уже рассмотренным в первой части пособия

принципом производства минимума энтропии Глендсдорфа-Пригожина? Объяснение этого состоит, по-видимому, в том, что развитие организма идет через неустойчивости, но в целом он стремится сохранить свою стабильность, упорядоченность на макроскопическом уровне запасенной свободной энергии, «выкинув» ненужный ему избыток энтропии в окружающую среду.

Живой организм – это открытая система, но если ее рассматривать вместе с внешней средой, то они образуют общую закрытую систему, в которой в целом согласно классической термодинамике энтропия возрастает при усложнении живого. Физический закон сохранения энергии работает и здесь. В живом организме энтропия уменьшается при росте свободной энергии, которая нужна для энергетических процессов в нем, а в окружающей среде – растет. Закон сохранения энергии вместе с законом сохранения вещества определяют также постоянный круговорот веществ и энергии между неорганической (косной) и органической (живой) материей на Земле.

Живое вещество после прекращения своей деятельности отдает неживому все, что оно у него взяло, и общая масса и энергия не изменяются. Однако мы должны понимать, что всякий раз, когда энергия переходит из одной формы в другую, она утрачивает часть своей способности производить полезную работу, подобно тому как сгорание горючей смеси в двигателе автомобиля не полностью переходит в полезное его движение – часть освобождающейся энергии действительно приводит автомобиль в движение, а часть теряется, бесполезно для движения рассеивается через радиатор и выхлопную трубу в полном соответствии со вторым началом термодинамики.

Следовательно, при всяком превращении энергии энтропия возрастает. Отсюда можно сделать два вывода. Первый – энтропия для живого организма не нужна, для выполнения его целевых функций нужна свободная энергия и он за нее «борется», а ненужную, бесполезную для него энтропию «сбрасывает» в окружающую среду. И второй – из этого же термодинамического подхода следует, что для выполнения любой работы необходим избыток энергии. Взаимоотношение между свободной и связанной энергией наглядно выразил И.Р. Пригожин [116]: «структура формулы (1.1) отражает конкуренцию между энергией и энтропией».

Таким образом, все спонтанные процессы природы, в том числе и ее самоорганизация, осуществляются посредством энергетических механизмов, которые подчиняются физическим законам. «Биоэнергетика – основное свойство всего живого», – подчеркивал В.И. Вернадский. Встает вопрос: откуда берется энергия в природе? Первичным началом является лучистая энергия Солнца, а источником энергии для всех видов активности живых организмов служат питательные вещества – органические молекулы. Они содержат энергию, запасенную в химических связях между атомами и освобождаемую для полезной для организма работы при разрыве этих связей, т. е. при участии электронов, а они, как известно, одинаковы и для живой и для неживой природы.

1.2. Энергетический подход к описанию живого

Энергия, которой обладает
Разум, неисчерпаема.

В.И. Вернадский

Энергия есть главная
движущая сила эволюции.

Р. Фокс

На основе энергетических представлений сейчас развивается так называемый энергетический подход к объяснению явлений жизни, развитый в работах

К.А. Тимирязева, В.И. Вернадского, Э. Бауэра, Э. Шредингера и других ученых [2, 8, 18 – 22, 110, 157, 162]. В энергетическом цикле жизни происходят сложные, в том числе окислительно-восстановительные химические реакции, в основе которых лежат кинетические процессы движения электронов. Живые организмы представляют собой системы с малой структурной энтропией, причем они находятся в неравновесных условиях взаимодействия с окружающей внешней средой. В изолированных объектах неживой природы их равновесное состояние с минимумом свободной энергии и максимумом энтропии устойчиво.

Объекты же живой природы являются открытыми системами, в них могут возникать устойчивые неравновесные состояния, за счет которых энергия структуры живой материи превращается во внутреннюю и внешнюю работу. Обмен живых организмов веществом и энергией с окружающей средой способствует росту свободной энергии и отрицательной энтропии в них, т. е. оттоку энтропии из организма, и тем самым поддерживается их неравновесное состояние. Таким образом, целевое назначение взаимодействия со средой состоит в освобождении организма от положительной энтропии (а она, как мы понимаем, неизбежно образуется при превращениях энергии в живых организмах), а взамен в качестве компенсации – в извлечении из окружающей среды отрицательной энтропии.

Происходит, по выражению советского биофизика М.В. Волькенштейна, «экспорт энтропии» из живых организмов. Или, если исходить из всеобщего закона сохранения энергии – увеличение свободной энергии живого организма. Нам уже известно, что чем выше энтропия, тем больше беспорядок. Поэтому уже из энергетических соображений ясно, что живой организм должен быть структурно упорядочен, но характер процессов в нем должен быть неравновесен, нестационарен на микроуровне (заметим, что на макроуровне условием сохранения жизни в целом должна быть стабильность, стационарность). Для сохранения же стационарного неустойчивого состояния живой организм непрерывно потребляет энергию извне.

Такая ситуация полностью аналогична поведению диссипативной структуры. Вспомним пригожинское определение диссипативных структур как новых стационарных состояний, стабилизирующихся в результате обмена веществом и энергией открытых систем с окружающей средой при необратимых процессах вдали от равновесия в нелинейной области, когда параметры системы превышают определенные критические значения. Как было остроумно замечено Г.Н. Алексеевым [2], на гигантской «фабрике» природных, производственных и других реальных процессов закон изменения энтропии (второе начало термодинамики) играет роль директора, а закон сохранения энергии (первое начало термодинамики) – роль бухгалтера.

Мы уже неоднократно подчеркивали, что энтропия, связанная с равномерным распределением вероятности состояний, максимальна в хаосе, таким образом, развития системы, т. е. ее эволюции не происходит (не забываем, правда, как следует из синергетики, что в диссипативных системах из хаоса может возникнуть порядок). А как отмечал Ф. Ауэрбах, принцип изменения – это принцип поведения энтропии: «Принцип сохранения энергии имеет то единственное значение, что ничто не может совершаться вопреки его требованиям, но это не значит, что что-нибудь действительно истекает из него, по его инициативе. Он является надсмотрщиком, но не предпринимателем. Он имеет распределительный, но не производственный характер» [4]. Эктропия, по Ауэрбаху (сейчас мы говорим – свободная энергия), приводит к возникновению жизни. Эти процессы существуют, потому что существует жизнь и ее развитие. Из первого закона термодинамики следует, что развитие, эволюция подчиняется закону сохранения и превращения энергии в том смысле, что энергия переходит в процессах жизнедеятельности из одной формы в другую.

И жизнь, с точки зрения физики, – это борьба живого с энтропией. Конечно, надо осторожно относиться к прямому применению понятий термодинамики к развитию живой природы. Тем не менее, это разумный следующий шаг по отношению к описательному биологическому пониманию эволюции. С точки зрения целостного восприятия мира и его объяснения в современном естествознании, незнание второго начала термодинамики, по меткому выражению английского физика и писателя Ч. Сноу [129] равносильно незнанию произведений В. Шекспира.

Такие идеи высказываются не только физиками, но и биологами. Так, еще в 1935 г. советский биолог Э. Бауэр [8, 163] предложил механизм биологической эволюции, основанной на представлении, что живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет свободной энергии постоянную работу против равновесия, т. е., по существу, до появления синергетики он рассматривал живой организм как открытую неравновесную систему. Неравновесное состояние живой материи и ее сохраняющаяся работоспособность обеспечиваются ее молекулярной структурой, причем эта работоспособность обусловлена свободной энергией, присущей данной молекулярной структуре. По мнению советского биолога В.А. Энгельгардта (1894 – 1984), образование сложных биологических структур происходит с уменьшением энтропии и увеличением свободной энергии [162]. Это физическое требование выступает как ведущий фактор структуризации живых систем на молекулярном уровне.

Э. Бауэр ввел для живого организма также понятие устойчивого термодинамического неравновесия, которое проявляется при наличии трех условий. Первое – само наличие свободной энергии, проявляющейся («разряжающейся», по Бауэру) без всякого внешнего воздействия, т. е. свойства спонтанной деятельности организма. Второе – реакция на внешние воздействия, выравнивающая градиент энергии и восстанавливающая его первоначальное значение (в биологическом понимании это свойства раздражимости и возбудимости). Третье условие связано как раз с накоплением свободной энергии путем работы против факторов, ведущих к равновесию, что в биологии означает проявление целесообразного поведения и приспособительной деятельности.

А что означает с точки зрения физики целесообразное поведение (на языке философии – целевая функция) системы? Ответ на этот вопрос, как и на многие другие вопросы современного естествознания, пока не является однозначным. С одной стороны, это выполнение системой основных физических законов и, прежде всего, законов сохранения, состояния устойчивости и стабильности системы. Для человека же с общепризнанной точки зрения, – это устойчивое, стабильное состояние, существование его как вида, т. е. сохранение человеческой жизни на Земле.

Это хорошо вписывалось в физический менталитет классической физики – постоянство физических сущностей. И этот здоровый консерватизм физики не давал физикам воспринимать саму идею развития. С другой стороны, без развития системы она перестает существовать. Налицо философский постулат единства и борьбы противоположностей. Как мы уже видели, синергетический подход позволяет снять этот парадокс через развитие сложных систем, через неустойчивости, которые могут быть и стационарными, устойчивыми («устойчивое неравновесие» – по Э. Бауэру). В этом смысле устойчивость живой системы состоит в ее развитии, но это развитие определяется возникающими неустойчивостями. Заметим, что вдали от равновесия вещество становится более активным. По образному выражению И.Р. Пригожина, оно обретает новые свойства: в равновесии оно «слепо», в сильно неравновесных процессах – «прозревает».

Биологические законы эволюции Ч. Дарвина (изменчивость, наследственность, естественный отбор) и даже более общие принципы развития Универсума по этой триаде также могут быть наполнены физическим смыслом. Изменчивость (фи-

зически – стохастичность) создает поле возможностей, путей развития той или иной системы, наследственность ограничивает это поле, а отбор реализующейся формы развития определяется некоторыми правилами или принципами. Принципы отбора – это те законы (физики, биологии, общественного развития), которые из допустимых движений развития с некоторой вероятностью отбирают при самоорганизации системы те, которые мы наблюдаем в реальности.

В классической динамике реальные движения отбираются из множества виртуальных с помощью известных нам законов Ньютона, которые и являются простейшими принципами отбора для механики Ньютона – Галилея. Кстати, к этим же правилам отбора относятся и те следствия человеческого опыта и поведения, на которые человек неосознанно опирается в своей практической деятельности, принимая то или иное решение. Тогда в целом для Универсума как самоорганизующейся системы стимулы и границы определяются понятиями, доступными для научного изучения. А физические законы сохранения, как мы знаем, – это законы сохранения количества движения, энергии и момента количества движения.

Поэтому синергетика своими представлениями обогащает и физику возникающего, и биологию. Например, ту же наследственность можно представить как память системы. Нелинейное развитие случайных процессов через бифуркации приводит к одномоментной потере устойчивости, созданию принципиальной неопределенности, неустойчивости, когда пути эволюции в точках бифуркации становятся непредсказуемыми, и поскольку на систему действуют случайные факторы, память системы теряется. Механизмы же развития системы между бифуркациями могут быть определены, и в этом смысле теория самоорганизации выступает как универсальный эволюционизм. В целом же эволюцию, как мы уже понимаем, обеспечивают нелинейные процессы.

1.3. Уровни организации живых систем и системный подход к эволюции живого

Недостаточное знание – опасная вещь. Пей вволю из его источника или вовсе к нему не подходи. Выпьешь мало – опьянеешь. Выпьешь много – отрезвеешь.

А. Поуп

Мы находимся в положении, несколько аналогичном положению человека, держащего связку ключей и пытающегося открыть одну за другой несколько дверей. Рано или поздно ему удастся подобрать ключ к очередной двери, но сомнения относительно взаимно однозначного соответствия между ключами и дверями у него остаются.

Ю. Вигнер

Несколько позже австрийский биолог Л. Берталанфи (1901 – 1972) разработал представления о неравновесности живого организма, введя, кстати, термин «открытые системы», ныне широко используемый в синергетике [12]. Он рассматривал стационарные состояния в неравновесной живой системе, которые определил как текущее равновесие. На основе обобщения физических, в частности термодинамических представлений, он разработал свою теорию биологических организмов, рассматривая организм как целостную сложную иерархическую систему. По

существо, в применении к биологии он предложил и использовал метод системного анализа, активно применяемый сейчас в науке и технике. Им высказана идея, что системная организация – основа точной биологии. Организм – пространственное целое, проявляющееся во взаимодействии частей и частных процессов. Процессы в живом организме обуславливаются целостной пространственной системой, подчиненной жесткой иерархии.

Концепция структурных уровней дает возможность не только описать живые организмы по уровням их сложности и закономерностям функционирования, но и расположить в иерархическом порядке, при котором каждый предыдущий уровень входит в последующий, образуя единое целое живой системы. Тем самым представление уровней организации органично сочетается с целостностью организма. Критерием выделения основных уровней выступают специфические дискретные структуры и фундаментальные биологические взаимодействия.

Различают следующие уровни организации биологических структур: самоорганизующиеся комплексы, биомакромолекулы, клетки, многоклеточные организмы [17]. Тимофеев-Ресовский приводит другую классификацию уровней: клеточный, молекулярно-генетический, организменный, популяционно-видовой и биогеоценозный [132]. Существует и другая градация: молекулярный, клеточный, тканевой, органный, онтогенетический, популяционный, видовой, биогеоценотический и биосферный. Критерием выделения системно-структурных уровней организации живого являются выделенные специфические взаимодействия. На каждом уровне выделяют элементарную единицу и элементарные явления.

Элементарная единица – это структура, закономерное изменение которой приводит к элементарному явлению. Элементарной единицей на молекулярно-генетическом уровне является ген, на клеточном уровне – клетка. На организменном уровне – особь, на популяционном уровне – совокупность особей одного вида – популяция. Совокупность элементарных единиц и явлений на соответствующем уровне отражает содержание эволюционного процесса.

Более подробное рассмотрение этих уровней организации отложим до соответствующих разделов этой части курса, а здесь отметим аналогию с физической шкалой размеров и масс [38, рис. 6.5 и 6.6), дискретностью энергетических уровней в квантовой механике и тем, что такая классификация уровней организации живого хорошо вписывается в концепцию квантовой лестницы природы по Вайскопфу, и лишь развивает дальше ее четвертую ступень.

Важным является то, что переход от одного уровня к другому происходит скачкообразно, дискретно в соответствии с основными принципами квантовой механики, и такие переходы в физическом представлении есть неравновесные фазовые переходы, которым в синергетике соответствуют бифуркации. Механизм перехода в понятиях синергетики реализуется через хаотические состояния, а через него реализуется связь разных уровней организации. В точках бифуркации даже малое случайное изменение может привести к сильному возмущению системы и возникновению фазового перехода. Кстати, и гибель живого организма можно рассматривать как фазовый переход «жизнь – не жизнь».

Представления о целом и части, используемые не только в системном анализе, но и в философии, полезны для применения в физике живого, поскольку живым организмам присущи гармоническая иерархичность и целевая функция [40, 41]. Действительно, рассматривая любые явления и свойства живой и неживой природы, мы обязательно сталкиваемся с проблемой целого и части – все наблюдаемые объекты являются частями более общего понятия целого и, в свою очередь, состоят из каких-то частей. Эти представления применимы к эволюции лю-

бой сложной неравновесной системы с нелинейной динамикой ее развития в процессах самоорганизации. Гармонизация этих процессов в живых организмах и шире – во всей природе также находит свое отражение в понятиях «ян» и «инь» восточной философии и в идее «золотого сечения» [41], как это мы уже рассматривали в главе 7 первой части пособия [38].

Математическим же обоснованием гармонического соотношения частей организма, его соразмерности и к порядку, и к необходимому организму хаосу, обусловленности пространственно-временного и функционального взаимодействия органов, например, человека и процессов в его организме является метод Фибоначчи. Числа ряда Фибоначчи, связанные с параметрами жизненных процессов, отражают не только изменение и устойчивость живого организма, но и его энергетический баланс, определяющий развитие.

Различие в процессах самоорганизации в неживых и живых системах, как отмечали И. Пригожин и И. Стенгерс [117], заключается в том, что молекулы неорганического мира, участвующие в сложных химических реакциях, просты, а в биологической самоорганизации реакции достаточно просты, а молекулы становятся макромолекулами; укрупняются и усложняются. Это обусловлено тем, что происходит переход структуры реакций, процесса в структуру элементов – молекул, т. е. процесс закрепляется в структуре. Взаимоотношения между структурой и процессами отражает уже приводимый нами известный закон единства и борьбы противоположностей, закон единства сохранения и изменения, который составляет суть развития самоорганизующихся систем. И здесь третий член золотой пропорции Фибоначчи снимает противоречие между сохранением (устойчивостью) и изменением через развитие, которое включает и то, и другое – состояние и процесс [114].

По существу, ряд Фибоначчи становится системообразующим фактором гармонической самоорганизации живого организма. В этом смысле эволюция как раз не просто адаптация организма к внешним условиям, а стремление его к гармонии, соразмерности развития всего организма как целого и функционировании его внутренних органов как частей. Структурно-функциональная организация человеческого тела и его организма в процессе эволюции отражает эту гармонию по методу Фибоначчи, и красота строения и целесообразность его функций и действий давно уже отмечена в коллективном опыте человечества. Интересно, что рекурсивный (возвратный: каждое последующее число ряда Фибоначчи является суммой двух предыдущих) характер этого гармоничного ряда в применении к живым организмам позволяет учитывать память о предыдущих поколениях.

Заметим также, что с гармонией развития организма как целого, так и его частей хорошо согласуется уже известный нам универсальный для всего современного естествознания принцип дополнительности Бора. Применительно к рассматриваемой проблеме он отвергает возможность понимания жизни и ее эволюции путем вычленения и рассмотрения отдельных частей организма: определяя более точно одну сторону живого объекта, мы теряем определенность в понимании другой [39].

Кстати, согласно этому же принципу можно высказать и парадоксальную мысль: познание жизни и сама жизнь несовместимы! Например, при хромосомном анализе определения дозы радиации, полученной человеком ранее (так называемая реконструированная доза), лазерный луч убивает усики хромосом, лишая их тем самым способности двигаться, а значит, и жить. Анализ сделан – а жизнь на хромосомном уровне погибла! Относительно живого организма как целостной системы В.А. Энгельгардт выделял три признака, характеризующих взаимоотношения между целым и частями [162]. Первый – возникновение в системе взаимодействующих связей между целым и частями. Второй – утрата некоторых свойств частей при вхожде-

нии их в состав целого. И, наконец, – появление у возникающего целого новых свойств, определяемых как свойствами основных частей, так и возникновением новых связей между частями.

В связи с работами Л. Берталанифи можно также заметить, что не только физики вносят свой вклад в биологию, но и биологи – в физику, как, впрочем, это было и раньше в истории науки. Именно в процессе изучения или использования живых объектов и систем в экспериментах выяснились многие закономерности, которые затем стали достоянием и предметом изучения точных наук. Так, работы итальянского физиолога Л. Гальвани (1737 – 1798) по исследованию свойств мышцы дали толчок к изучению электричества, и он в результате даже дал свое имя целому классу электрических гальванических явлений. Английский химик Д. Пристли (1733 – 1804) проводя эксперименты на живых организмах, существенно расширил сведения об открытом им кислороде. Французский химик А. Лавуазье (1743 – 1794) провел исследования дыхания и горения, внося тем самым вклад и в химию, и в биологию. Один из основных законов природы – первое начало термодинамики, было сформулировано немецким судебным врачом Ю. Майером. Немецкий врач-офтальмолог Г. Гельмгольц (1821 – 1894) много сделал для развития физической оптики.

Число таких примеров можно продолжить. Кроме Г. Гельмгольца и Ю. Майера врачом был Н. Коперник; А. Лавуазье, французский математик Ферма (1601 – 1665) и итальянец Авогадро – юристы, англичанин Д. Джоуль (1818 – 1895) по основной профессии был пивоваром, а француз Ампер (1775 – 1836) и англичанин М. Фарадей (1791 – 1867) вообще не имели образования, т. е. по современным понятиям были дилетантами. Последний пример только подтверждает возможность развивать смежную науку, будучи в ней «дилетантом», а правильнее сказать – специалистом в другой области. И вообще природа сама по себе не знает деления на физические и биологические науки, она ведь целостна, едина, а это разделение вносит изучающий ее человек.

Хотя все-таки именно физика вносит в биологию приемы мышления, анализа и обобщения, свойственные представителям точных наук. Доказательством этого, по мнению В.А. Энгельгардта, является тот факт, что среди большинства ученых, получивших Нобелевские премии за исследования в области биологии и медицины, нет или почти нет собственно биологов, а есть физики, химики, кристаллографы и представители других точных наук. Это, несомненно, показывает, насколько сейчас биология действительно является областью науки, разрабатываемой представителями именно точных дисциплин.

Тем не менее, следует отметить, что различие логических подходов в физике и биологии создает определенные трудности взаимодействия между этими науками и затрудняет создание достаточно обоснованной физическо-биологической теории биологических явлений. Для биологии очевиден вопрос «для чего?», т. е. формулировки рассматриваемых закономерностей носят финалистический характер. Физика спрашивает: «почему?», «вследствие чего?», т. е. формулирует физические законы как казуальные. Понятно, что истинный научный смысл имеет именно последний подход. Физика и естествознание в целом казуальны – наука ищет причины (causa) явлений.

Однако эти разные методологические подходы могут быть объединены, поскольку в действительности нет принципиального противоречия между финализмом и казуальностью, и, следовательно, такое различие в подходах в биологии и физике является чисто внешним, а не глубинным. Любая физическая закономерность может быть выражена через принцип оптимальности, или вариационный принцип. Сама идея вариационного принципа, как известно, состоит в отыскании экстремума или оптимума, т. е. носит четко выраженный финалистический характер (принцип П. Мопертьюи в механике, Ферма – в оптике, Ле Шателье (1850 – 1936) – в термо-

динамике и в целом в современном естествознании, правило Э. Ленца (1804 – 1865) в электротехнике и ряд других).

Поэтому физические законы и обобщения на их основе в естествознании можно формулировать как казуально, так и финалистически. Вариационный финализм сводится к казуальности. Отметим здесь еще раз глубокую роль в познании природы оптимальных принципов, которую хорошо понимали жившие до нас естествоиспытатели. «Кто хочет познать наибольшие тайны природы, пусть рассматривает и наблюдает минимумы и максимумы противоречий и противоположностей», – говорил Дж. Бруно. А Г. Гегель подчеркивал, что «именно в этих крайностях вещи умопостигаемы и объединяются в понятия».

Можно остановиться еще на одном отличии биологического и физического методов познания природы. Как мы уже отмечали, классической физике была чужда идея эволюции. Она действительно пыталась в меру своих представлений ответить на вопросы «почему» и «как» устроен реальный физический мир, но не могла объяснить, почему именно так, а не иначе. Это идет от классической ньютоновской посылки – «Причину же этих свойств силы тяжести я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю... Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех небесных тел и моря». Хотя количественные (и правильные!) законы движения, перемещения, изменения положений реальных объектов в определенных условиях она прекрасно описывает.

Но сейчас мы понимаем, что этого мало, и используем в постнеклассической физике уже известный антропный принцип (АП), который, по мнению многих космологов, является единственной систематической попыткой научно объяснить кажущуюся таинственной структуру физического мира. Надо отметить, что АП вводит в физику некие новые ощущения, несвойственные ей как классической науке, например, роль человека как наблюдателя, соучастника эксперимента становится неустранимой, уже фундаментальным представлением.

Более того, этот принцип затрагивает понятие целеполагания, целевую функцию процесса эволюции. В телеологическом смысле из АП вытекает, что «подгонка» фундаментальных физических констант, благоприятная для возникновения и существования человека, обусловлена тем, что именно человек является целью происходящих в природе эволюционных процессов. Такая интерпретация АП в эволюции живого находит хорошее понимание в биологии, так как главная в ней – идея развития, она распространяется на основные законы живой природы. Таким образом, биологические закономерности возникают вместе со становлением самой жизни.

В то же время классическая физика, начиная с Ньютона, не ставила перед собой проблемы объяснения действующих во Вселенной физических законов. Наоборот, фундаментальный принцип любого физического исследования – объективная воспроизводимость эксперимента – основан, по существу, на неизменности физических законов: в различные моменты времени законы природы действуют одинаково. Получается, как отмечает В.С. Степин [137], что во времени нет выделенных точек, в которых бы менялся характер изучаемых физикой законов. Хотя даже простая логика подсказывает, что, может быть, как раз несоответствие существующих законов, применяемых при объяснении неизвестных, непознанных физикой явлений, свидетельствует, что в этом изменяющемся мире должны изменяться и законы физики.

На самом деле мы в этом неоднократно убеждались: в квантовом мире и космосе требуются свои механики. Но в целом здесь очередной парадокс между биологическими и физическими подходами к изучению единой природы и необходимости правильного истолкования АП. Мы же не можем применить к настоящей

науке богословский аргумент Божьего замысла. Как и «стрела времени», этот парадокс в настоящее время объясняется через синергетическое понимание эволюции сложных неравновесных когерентных самоорганизующихся открытых систем, формирование по И.Р. Пригожину физики возникающего. Такое понимание физики возникающего на основе современных представлений теории самоорганизации и может стать физикой живого.

Сейчас уже является общепринятым положение, что живые организмы являются открытыми неравновесными системами, и, естественно, поэтому хочется применить те же физические законы, которые используются для объяснения и даже управления физико-химическими процессами в объектах неживой природы. Кое-что в этом направлении удалось сделать, хотя, конечно, окончательного ответа на такое желание у нас еще нет. Отметим, тем не менее, что такой подход очень хорошо вписывается в холистическое восприятие и объяснение мира и позволяет в какой-то мере с общих позиций описывать и живую, и неживую природу и говорить об их единстве.

Используя здесь принцип дополнительности Н. Бора, можно считать, что нельзя судить о содержании общих биологических закономерностей, оставаясь только в рамках чисто биологических воззрений, тем более, что, как считают некоторые биологи, и об этом уже упоминалось во введении, биология сообщает множество интересных и важных подробностей о человеке, упуская, тем не менее, нечто принципиальное. По Бору, нужно дополнение в лице физики! Сам Бор предполагал на основе своего принципа, что познание живого организма как атомно-молекулярной системы принципиально дополнительно к изучению этого организма как целостной системы и ни один результат биологического исследования не может быть однозначно описан иначе как на основе понятий физики и химии. Именно в этом смысле следует понимать, что лишь одними законами биологии или физики невозможно объяснить феномен живого.

Как мы уже неоднократно обсуждали ранее, имелось противоречие между моделью эволюции Больцмана для неупорядоченных, но стремящихся к равновесию изолированных систем неживой природы и эволюцией Дарвина для высокоупорядоченных структур живого организма. В общем смысле под эволюцией понимается процесс длительных, постепенных, в основном, медленных изменений, по которым, в конце концов, ведут к возникновению качественно новых изменений, приводящих к образованию уже других структур, форм, организмов и их видов.

В 1859 г. английские естествоиспытатели Ч. Дарвин (1809 – 1882) и А. Уоллес (1823 – 1913) представили в лондонское линеевское общество совместный доклад о механизме, обеспечивающем направленность эволюции. В этом же докладе была высказана главная идея этого механизма – естественный отбор, согласно которому живые организмы могут самосовершенствоваться, эволюционировать в сторону все большей приспособленности к среде обитания и, таким образом, виды живых организмов могут изменяться. На большом фактическом материале ими было показано, что в целом развитие организмов в историческом плане идет от простых одноклеточных до многоклеточных млекопитающих, т. е. по восходящей линии – от простого к сложному, упорядоченному.

Более того, Ч. Дарвина и А. Уоллеса можно считать в известном смысле предтечами биологической синергетики, поскольку из их идей вытекало, что порядок и целесообразность могут спонтанно возникать из беспорядка. Механизмом такой эволюции является естественный отбор, а материалом для отбора – наследственная изменчивость. Следует также заметить, что заслугой Ч. Дарвина не является сама идея эволюции, этим вопросом занимались и Аристотель, и шведский натура-

лист К. Линней (1707 – 1778), и французский биолог Ж. Ламарк (1774 – 1829), и другие ученые, а то, что он первым увидел в природе принцип естественного отбора.

Кстати, по поводу того, что Ч. Дарвин был первым. Как это часто бывает в науке, и мы это уже отмечали применительно к другим ученым, к идее естественного отбора пришел практически одновременно с Ч. Дарвином и малоизвестный натуралист (ставший, правда, впоследствии основателем зоогеографии) А. Уоллес, который использовал в своих предположениях работу «Опыт о законе населения» английского экономиста Т. Мальтуса (1776 – 1834). Свои результаты в виде небольшой брошюры в 20 страниц он и отослал Дарвину в 1858 г., результатом чего явился их совместный доклад. Однако, когда в 1859 г. появилась книга «Происхождение видов путем естественного отбора», то автором ее был только Ч. Дарвин. И мы теперь связываем эту теорию именно с ним. Книга вышла 24 ноября 1859 г. и все 1250 экземпляров были распроданы в первый же день. Как говорили современники Ч. Дарвина, по своему воздействию на человеческое мышление она уступала только Библии.

К чему вела физическая эволюция Больцмана для изолированных систем в рамках равновесной термодинамики, мы уже знаем: именно к установлению равновесия, к равновесному распределению хаотических состояний. Может быть, поэтому физика в своих классических рамках и не интересовалась развитием систем или тем же круговоротом веществ в природе. Классические физические представления, в том числе и квантовая механика, могли объяснить, как устроена природа на атомно-молекулярном уровне, но не отвечали на вопрос, каким образом она получилась именно такой, и как правильно определить, в каком направлении должно развиваться живое. Подчеркнем еще раз, что налицо высокая упорядоченность живой материи по Ч. Дарвину и полная разупорядоченность, в конечном итоге, в неживой природе по физической модели Л. Больцмана для замкнутых систем.

Конечно, это некие фрактальные взгляды: в природе, в том числе и живой, присутствуют процессы, приводящие и к хаосу, и к порядку, более того, они взаимодействуют в их гармоничной динамике. Это находит свое объяснение в применении принципов и идей синергетики к эволюции и снимает кажущееся противоречие между идеями эволюций Больцмана и Дарвина в современной синтетической теории эволюции. Второй закон термодинамики в современном представлении отражает необратимость всех реальных процессов в живой и неживой природе и, следовательно, может являться всеобщим законом развития материи. Физический же смысл эволюции состоит во все большем удалении живого от равновесия, от состояния той первичной среды, в которой оно возникло. Заметим также, что биоэнергетическая направленность эволюции определяет повышение в целом энергии жизнедеятельности живого, перераспределение которой в организме происходит в соответствии с законами неравновесной термодинамики, и увеличивает его преимущество в борьбе за существование и приспособление к окружающей среде.