**Эдуард Казанцев**

 **Начала**

 **теоретической**

 **биологии**

**Эдуард Казанцев**

Исследование: **Начала теоретической биологии**

Montreal.: Accent Graphics Communications, 2015. - 111 с.

**ISBN**

 Предпринята попытка построить теоретическую биологию на принципиально новой системе базовых понятий.

 В работе предлагается базовые понятия биологии, отличающаяся от традиционно используемой системы базовых понятий физики, таких как материальная точка, пространство, движение. Обсуждается понятие биологического «вакуума».

 Для широкого круга читателей, студентам, аспирантам и научным работникам естественнонаучного профиля.

 © Э.Казанцев, 2015

 **Оглавление**

 **Предисловие** 4

 **Глава 1. Базовые понятия физики** 7

* 1. Пространство 7
	2. Материальная точка 8
	3. Движение 9
	4. Математические модели механики 10

 **Глава 2. Базовые понятия биологии**  18

 2.1 Биологическое «движение» 18

 2.2 «Материальная» точка биологии 21

 2.3 Биологическое «пространство» 29

 2.4 Математическая модель роста 30

 **Глава 3 Биологическая эволюция** 48

 3.1 Направленность биологической эволюции 48

 3.2 Эволюция структурного гена 53

  **Глава 4 Эволюция Вселенной** 75

 4.1 Достижения современной космологии 75

 4.2 Нерешенные проблемы теории Вселенной 81

 **Глава 5 Возврат к истокам**  88

 5.1 Наука Древней Греции 88

 5.2 Модель «движения» с учетом «вакуума» 91

 5.3 Биологический смысл «вакуума» 95

 **Заключение** 107

 **Литература** 109

 **Резюме** 110

 **Summary** 111

 **Предисловие**

Теоретическая биология традиционно понимается, как наука о живой материи. Считается, что от теории неживой материи (физики) ее отличает свойство эволюционности. Все чаще упоминается необходимость системного подхода в исследовании биологических процессов. В последнее время стали особенно активно внедрять в теоретическую биологию достижения современной физики и математики.

 В биофизике физический подход принес некоторые положительные результаты благодаря тому, что часть биологических объектов имеют чисто физическую природу (макромолекулы, мембраны, аксоны и др.). Поэтому их можно изучать физическими методами, не нарушая специфики более сложных биологических образований и процессов. Попытки распространить физические понятия, законы и принципы на биологию в целом, естественно, вызывают негативную реакцию профессиональных биологов и отвергаются также трезво мыслящими физиками.

 Физические модели проникают в биологические теории благодаря тому, что в обоих случаях применяется один и тот же математический аппарат. Но следует помнить, что этот математический аппарат создавался под физические задачи, на основе физических понятий, таких как материальная точка, пространство, движение и др.

 Однако, физический подход приобретает все более доминирующее влияние на современные попытки сформулировать законы и математические модели в теоретической биологии. Другой негативной тенденцией в данной области знания является перегруженность многочисленных вариантов "истинной" теоретической биологии философскими конструкциями.

 Как правило, "нефизические" науки, ориентируясь на богатый опыт физики, в первую очередь обращают внимание на то, что физика оперирует очень эффективными конструкциями под названием «общие принципы» и пытаются взять их за основу, или сформулировать, по аналогии, свои общие принципы. На наш взгляд такой подход не всегда оправдан. Следует помнить, что общие принципы физики были сформулированы в конце длинной и сложной цепочки научного поиска**: базовые понятия → идея → гипотеза → теория → закон → и, наконец, общие принципы.**

 Биологии и другим наукам еще предстоит пройти этот трудный путь. А успехи современной физики, благодаря пройденному пути, действительно впечатляющи. Однако, к сожалению, обусловленный этими успехами технический прогресс опережает биологические возможности человека в осмыслении его негативных последствий.

 Мы считаем, что построение теоретической биологии должно начаться с формулировки "своих" базовых понятий.

 В этой связи, в нашей работе сделана попытка показать, что базовые физические понятия неадекватны реальной ситуации в биологии. Видимо поэтому прогресс в физической науке значительно опережает скромные успехи в других науках. Мы предлагаем новые базовые понятия, учитывающие специфику биологических систем, с помощью которых можно строить соответствующие математические модели. В основном мы ограничились рассмотрением только классических понятий, не вдаваясь в тонкости более сложных понятий микромира, помня кредо античных философов: «человек – мера всех вещей».

 Тем не менее, система базовых понятий теоретической биологии строились «по образу и подобию» аналогичной системы классической физики, используя богатый методологический опыт, накопленный физикой за многие тысячелетия. Более того, мы убеждены, что в других науках следует также использовать еще одно достижение физики - четкое определение цели своего развития. Любая деятельность без цели бессмысленна. Хорошо известно, что цель физики – создание единой теории всех частиц и полей. По нашему убеждению только та наука может называться фундаментальной, у которой есть свои базовые понятия и цель.

 В предлагаемой читателю книге, мы приняли следующий план:

 В первой главе кратко излагаются базовые понятия классической физики с тем, чтобы можно было их сравнить с новыми базовыми понятиями биологии (глава 2). Здесь также приводятся примеры математического моделирования соответствующих систем и процессов.

 В третьей главе обсуждаются вопросы биологической эволюции, как необходимого, составного элемента теоретической биологии. В четвертой главе приведены сведения о современном состоянии теории эволюции Вселенной. По нашим представлениям, именно проблемы эволюции роднят теоретическую биологию с современной космологией, выводя обе эти науки за рамки традиционной физики.

 Наконец, в пятой главе мы, взамен традиционных философских рассуждений, предлагаем ряд "фантастических" предположений, жизненность которых покажет дальнейшее развитие теоретической биологии (и космологии).

 Автор будет благодарен читателям за конструктивное обсуждение затронутых здесь вопросов. Отзывы и замечания можно присылать по адресу e.mail: kazaned@gmail.com или eduard.kazantsev@rambler.ru

 **Глава 1 Базовые понятия физики**

 **1.1 Пространство**

 Исторически исходным моментом, предшествующим введению понятия пространства, является создание геометрии Евклида (III в. до н.э.), как обобщение многовековых размышлений древних философов Египта, Вавилона и Греции о количественных соотношениях между непосредственно наблюдаемыми объектами. Практически в неизменном виде геометрия Евклида дошла до нашего времени, как система взаимно перпендикулярных плоскостей.

 В XVII веке Декарт ввел понятие координатного пространства, где каждой точке (математической) соответствовал набор действительных чисел (координат). Декарт заложил основы аналитической геометрии, когда можно на математическом языке представлять объекты любой размерности и в любой системе координат (необязательно взаимно перпендикулярной).

 В XIX веке появились математические теории неевклидовых геометрий и возник естественный вопрос – а каково же истинное пространство, в котором мы живем. Самые точные современные измерения показывают, что в пределах видимого космоса наше пространство евклидово (плоское и «перпендикулярное»).

 Поэтому на языке современной науки, любые мыслимые геометрии разворачиваются в евклидовом пространстве, которое является как бы фоном для этих теоретических построений. Таким образом, наше классическое физическое пространство можно с большой точностью определить как бесконечное, трехмерное, изотропное и однородное евклидово пространство [1]. Добавим от себя: физическое пространство нематериально, а какова его истинная природа науке до сих пор неизвестно. Обсуждение неэвклидовых и многомерных расслоенных пространств выходит за рамки нашей задачи.

 **1.2 Материальная точка**

 Понятие материальной точки непосредственно связано с часто применяемым в физике приемом, называемым идеализацией, или приближением. Например, в хорошо известном курсе Механики Ландау и Лифшица [2] дается такое определение: «Одним из основных понятий механики является понятие материальной точки. Под этим названием понимают тело, размерами которого можно пренебречь при описании его движения». Таким образом, материальной точкой может быть и электрон, и ракета, и планета, и галактика, в зависимости от того какую физическую задачу мы хотим решить и в каком приближении. Поэтому в другом, не менее известном курсе физики Фейнмана [3] утверждается: «Чтобы понять физические законы, вы должны усвоить себе раз и навсегда, что все они – в какой-то степени приближения».

 Мы же отметим, на первый взгляд очевидный факт, - материальная точка физики действительно материальна, единственной характеристикой которой является ее масса, как мера инертности физического тела. Немного ниже, когда мы перейдем к биологии и экономике, данное замечание приобретет определенный смысл.

 Хорошо известно, что совсем недавно понятие материальной точки в физике было предложено заменить на понятие "суперструна". Однако это понятие выходит за рамки нашей задачи, поэтому мы не будет здесь его обсуждать.

 **1.3 Движение**

 Под движением материального тела в физике понимают его перемещение по отношению к другим телам.До XVII века в физике отсутствовало строгое математическое определение движения. Впервые проблемой движения серьезно занялся Галилей, который установил в 1632 г.закон инерции.Однако строго сформулировал этот закон Ньютон в 1686 г. (первый закон Ньютона): свободное тело, на которое не действуют силы со стороны других тел, находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. В дальнейшем Ньютон установил (в математической форме) второй и третий законы движения. Поэтому в систему основных понятий физики также входят математические понятия скорости и ускорения.

 Важнейшим открытием последнего времени является установление факта ускоренного расширения нашей Вселенной по экспоненциальному закону. Однако данное ускорение заметно фиксируется только на достаточно значительном расстоянии от наблюдателя и изучается в рамках Космологии - физики больших расстояний, времен и скоростей.

 Заметим, что движение в физике непосредственно связано с понятием времени. Однако глубинный смысл понятия времени науке пока неизвестен. Более того, общая теория относительности рассматривает время в неразрывной связи с пространством.

 **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

 Ниже мы приведем некоторые примеры эффективного использования перечисленных базовых понятий и первых принципов физики в классической механике [2]. Профессиональных ученых не может не восхищать, достигнутая упорным трудом и талантом выдающихся физиков, красота и изящество этой фундаментальной науки.

 **1.4 Математические модели механики**

Физика - единственная из всех наук, которая четко сформировала систему **своих** базовых понятий: материальной точки, пространства, движения, скорости, ускорения и т.д. Благодаря этому ей удалось пройти длинный и сложный путь от основных понятий до общих принципов. В настоящее время мы можем строить математические модели достаточно сложных физических систем исходя из небольшого набора главных принципов, таких, как законы сохранения, принцип наименьшего действия, закон возрастания энтропии и др.

 **1.4.1 Принцип наименьшего действия**

Математический анализ, созданный Ньютоном и Лейбницем в XVIII веке, позволяет находить экстремум функций только одной, максимум двух переменных. Однако реальные системы, как правило, содержат большее число переменных. Поэтому остро стояла проблема - получить общие методы вычисления экстремума для задач с большим числом степеней свободы. Эта проблема была решена независимо физиком Лагранжем и математиком Эйлером с помощью вариационного исчисления. Напомним основные положения данной науки.

Физическую систему полностью определяет задание функции координат и скоростей , которая называется функцией Лагранжа (точкой над переменной обозначается производная по времени). Интеграл от функции Лагранжа называется действием:

. (1.1) Многовековой опыт развития физики позволил Гамильтону сформулировать принцип наименьшего действия, играющий фундаментальную роль в современной физике: между двумя состояниями  и  физическая система движется таким образом, чтобы действие было минимальным.

На математическом языке эта задача звучит так: требуется найти такую функцию , чтобы выражение (1.1), называемое функционалом, было минимальным. Задача была решена с помощью вариационного исчисления и найдено искомое уравнение:

. (1.2)

 Данное уравнение, определяющее условие минимизации функционала , называется уравнением Эйлера − Лагранжа. Зная функцию Лагранжа конкретной системы, мы всегда можем найти уравнения движения этой системы.

 **1.4.2 Законы сохранения**

 Законы поведения физических систем непосредственно связаны со свойствами нашего пространства и времени. Например, **изотропность** **и однородность пространства и времени**  означает, что функция Лагранжа свободно движущейся точки не может содержать в явном виде ни радиус- вектор точки , ни время , не может зависеть в явном виде от направления вектора скорости . Поэтому функция Лагранжа свободно движущейся точки имеет единственно возможный вид (**m** − масса материальной точки):

 **** (1.3) и называется **кинетической энергией** (**Т)** данной системы. Соответственно, уравнение Эйлера−Лагранжа для свободно движущейся точки приобретает вид:

 .

 Откуда следует, что . Но поскольку является функцией только скорости, то отсюда следует, что

 . (1.4)

Это уравнение составляет содержание так называемого **закона инерции**: в однородном и изотропном пространстве свободное движение материальной точки происходит с постоянной по величине и направлению скоростью.

 Рассмотрим теперь систему материальных точек, взаимодействующих только друг с другом, но ни с какими посторонними телами; такую систему называют **замкнутой**. Взаимодействие между точками может быть описано прибавлением к функции Лагранжа свободно движущихся точек определенной функции координат , называемой **потенциальной энергией** системы:

  (1.5)

Этот вид функции Лагранжа показывает, что время не только однородно, но и изотропно, то есть его свойства одинаковы по обоим направлениям. В самом деле, замена  на  оставляет функцию Лагранжа, а следовательно, и уравнение движения неизменными. В этом смысле все движения, происходящие по законам физики, обратимы.

Подставляя функцию Лагранжа (1.5) в уравнение (1.1), найдем уравнение движения системы взаимодействующих частиц:

 , (1.6) которое называется **уравнением Ньютона**; вектор  называется **силой**, действующей на отдельную точку.

 В силу **однородности времени** функция Лагранжа замкнутой системы не зависит явно от времени. Поэтому полная производная функции Лагранжа по времени может быть записана следующим образом:

,

(если бы **L** зависела явно от времени, то к правой стороне данного равенства добавился бы член ). Заменяя производные , согласно уравнению Эйлера−Лагранжа, на , получим:

 .

Отсюда видно, что величина

  (1.7)

остается неизменной при движении замкнутой системы. Эта величина **E** называется **энергией**, а (1.7) выражает **закон сохранения энергии.** Системы, энергия которых сохраняется, называют **консервативными**.

Заметим, что

 .

Подставляя это значение в (1.7), найдем:

  (1.8)

Таким образом, энергия системы может быть представлена в виде суммы кинетической и потенциальной энергий.

 В силу **однородности пространства** свойства замкнутой системы не меняются при любом параллельном переносе системы как целого в пространстве. Изменение функции Лагранжа **L** в результате бесконечно

малого изменения координат  при неизменных скоростях частиц есть****.

Ввиду произвольности  требование  эквивалентно требованию , то есть сумма сил, действующих на частицы замкнутой системы, равна нулю. В силу уравнения Эйлера−Лагранжа получим отсюда:

 . (1.9)

Таким образом, мы приходим к выводу, что в замкнутой системе векторная величина  остается неизменной при движении. Вектор  называется **импульсом**, а (1.9) выражает **закон сохранения импульса**.

 Описание системы с помощью функции координат и скоростей  не является единственно возможным. Это можно сделать также с помощью функции координат и импульса (что оказалось особенно актуальным при построении квантовой механики).

 Величина  представляет собой энергию системы и называется **гамильтоновой функцией** системы.

Из дифференциального равенства  следуют уравнения:

 . (1.10)

Это искомые уравнения движения в переменных и **y**, так называемые **уравнения Гамильтона**. Ввиду их простоты и симметрии эти уравнения называют также **каноническими**.

Полная производная от функции Гамильтона по времени равна:

 . При подстановке сюда (1.10), последние два члена взаимно сокращаются, так что . В частности, если функция Гамильтона не зависит от времени явно, то

 ,

то есть мы снова приходим к закону сохранения энергии (**Н=const**).

 **1.4.3 Начала термодинамики**

 Закон сохранения энергии представляет собой один из фундаментальных принципов Природы, называемым **первым началом термодинамики**. Понятие энергии мы часто используем в повседневной жизни, поэтому тот факт, что количество энергии должно сохраняться, мы воспринимаем достаточно спокойно.

 Однако, как было показано выше, закон сохранения энергии связан с фундаментальным свойством времени - его однородностью и изотропностью. В то же время повседневный опыт подсказывает нам, что время не изотропно: “стрела времени” направлена из прошлого в будущее, и ничто не может заставить течь время вспять. Естественные процессы протекают таким образом, что мы всегда можем отличить прошлое от будущего.

 В этой связи, **второе начало термодинамики** устанавливает наличие в природе фундаментальной асимметрии, то есть однонаправленности всех происходящих в ней спонтанных процессов. Об этом свидетельствует все окружающее нас: горячие тела самопроизвольно охлаждаются, однако холодные сами по себе не нагреваются; молекулы духов вылетают из флакона, но никогда не собираются опять во флакон; прыгающий мяч в конце концов останавливается, однако покоящийся мяч никогда самопроизвольно не начинает прыгать и т.д.. Здесь проявляется еще одно фундаментальное свойство Природы, которое Кельвин и Клаузиус смогли отделить от свойства сохранения энергии. Это свойство состоит в том, что, хотя полное количество энергии должно сохраняться в любом процессе, распределение энергии изменяется необратимым образом. Количественной мерой распределения энергии служит энтропия. Второе начало указывает естественное направление, в котором происходит изменение и распределение энергии, причем это направление совершенно не зависит от ее общего количества: **любой процесс в замкнутой системе протекает таким образом, что энтропия системы со временем не убывает**. Если система при этом находится в равновесии, ее энтропия остается неизменной. При неравновесных процессах энтропия системы**возрастает.**Закон возрастания энтропии можно рассматривать также как меру необратимости процессов, протекающих в системе. Отметим, что возрастание энтропии при необратимых процессах является обязательным законом лишь для замкнутых систем, то есть систем, которые никак не взаимодействуют с внешней (по отношению к этой системе) средой. Об изменении энтропии незамкнутой системы ничего определенного в общем случае сказать нельзя. Она может оставаться постоянной, возрастать и даже уменьшаться.

 Энтропия - менее привычное нам понятие, чем энергия. Однако это - не менее фундаментальное понятие. Проще всего принять, что существует в Природе нечто подобное энергии, что наряду с энергией определяет состояние системы.

 Энергия системы - это способность совершать работу. Энтропия системы - это мера ее беспорядка.

 Чем выше степень упорядоченности макросостояния системы, тем меньше вероятность реализации такого состояния. Чем больше беспорядок в данном макросостоянии, тем больше энтропия этого состояния системы.

 Многочисленные неудачные попытки математически доказать второе начало термодинамики, начиная с **Н**-теоремы Больцмана , наконец, в середине ХХ века, увенчались успехом. Благодаря идее Н.С.Крылова (1948 г.) о наличии в макросистемах глобальной неустойчивости, Я.Г.Синаем (1963 г.) была строго доказана требуемая теорема.

 **Глава 2 Базовые понятия биологии**

 **2.1 Понятие биологического "движения"**

 **2.1.1 Рост - как "движение"**

 Как было отмечено выше, под движением материального тела в физике понимают его перемещение по отношению к другим телам. В биологии, по-видимому, следует пересмотреть это понятие, так как простое физическое перемещение биологического объекта совершенно не отражает специфики развития живых организмов. Действительно, если какой-то биологический объект (особь) физически перемещается, то это перемещение относительно других особей или неживых объектов трудно отнести к биологическому понятию «движения». Строго говоря, понятие биологического «движения» до сих пор в биологии не рассматривалось. Растения тоже являются биологическими объектами, но они лишены возможности перемещаться как животные, птицы и даже бактерии. Но бесспорно в растениях происходят процессы, которые можно отнести к категории биологического «движения». Аналогичные процессы происходят во всех живых объектах. И не трудно заметить, что универсальным свойством любой живой материи является ее рост, поэтому именно **рост следует считать «движением» живого тела**. Таким же универсальным свойством живой материи является размножение. Однако любое размножение с необходимостью требует предварительного роста материальных структур клетки, поэтому мы считаем размножение следствием более фундаментального процесса роста [4].

Невольно мы сталкиваемся с необходимостью введения новых терминов, что может отвлечь от нашей главной задачи – построение базовых понятий биологии. Поэтому, на первых порах, чтобы отличать биологические понятия от физических, будем употреблять их в кавычках. Это позволит проследить аналогию и отличие биологических понятий от физических. Наша цель состоит в том, чтобы показать к каким последствиям для теоретической биологии может привести такое переопределение физических понятий. В остальном предлагаемая теория будет строиться по «образу и подобию» теоретической физики.

 **2.1.2 Экспоненциальный рост**

 Проблема роста занимает в физиологии живых организмов главенствующее положение. Однако до сих пор не определено само понятие «роста». Разные авторы трактуют его по-разному. Например:

а) увеличение живой массы клеток; б) увеличение объема или величины клеток; в) увеличение числа клеток; г) увеличение сухой биомассы и т.д. К тому же проблема роста осложняется процессом дифференциации тканей на различных стадиях развития организма. Видимо проблему роста следует рассматривать отдельно на разных этапах организации живой материи: клеточном, органном, организменном, популяционном. Такой подход, во-первых, поможет выявить наиболее информативные параметры роста, а, во-вторых, позволит вычленить истинный, «свободный» рост из многочисленных наслоений, обусловленных взаимодействием клеток, органов, особей между собой и с окружающей средой.

Наличие множества параметров, характеризующих рост (морфологических, биохимических, физиологических, биофизических и др.), указывает на то, что живая система является существенно многомерной. Видимо свойство многомерности живой материи является одним из ее фундаментальных свойств и требует особого, детального рассмотрения.

 В реальной ситуации наблюдается большое количество типов роста, что на наш взгляд, является следствием огромного разнообразия объектов исследования и неконтролируемости внешних условий. Аппроксимация кривых роста живых организмов различными математическими функциями составляет предмет исследования самостоятельного научного направления.

 Чаще всего в биологии наблюдается, так называемый, **экспоненциальный рост.**

Чтобы рост живой материи отвечал экспоненциальному закону необходимо выполнение соответствующего, довольно уникального, условия. Назовем его **условием оптимальной среды**: во-первых, экспоненциальный рост возможен только при наличии нелимитированного количества необходимого субстрата и энергии. Сюда относятся и питательные вещества, и свет, и вода, и оптимальные значения температуры среды, ее химического состава, давления, влажности и т.д. То eсть, живая материя должна быть помещена в некий идеальный резервуар с неограниченными запасами вещества и энергии. Во-вторых, содержимое этого резервуара должно быть доступным любой клетке живой материи и никакие внешние силы или взаимодействия между клетками не должны ограничивать свободное размножение клеток.

Если условие оптимальной среды нарушается, то характер роста живой материи отклоняется от экспоненциального и может принимать самые разнообразные формы.

 Из вышеизложенного следует вывод, что экспоненциальный рост организма есть выражение свободного «движения» живой материи, поэтому он может быть интерпретирован, как аналог закона инерции в физике: **«если на живое тело не действуют никакие внешние силы и выполняется условие оптимальной среды, то данное тело сохраняет состояние покоя или экспоненциального роста»**. Внешние силы здесь следует понимать в самом широком биологическом смысле, включая смену генетических программ развития живого организма, взаимодействие между клетками и т.д.

 **2.2 "Материальная точка" биологии**

 **2.2.1 Геном** - **как "материальная точка"**

 Живая материя состоит из клеток. Управляющим центром роста клетки служит геном - носитель наследственной информации. Клетка не существует без генома и геном не может существовать без клетки. Даже в случае простейших вирусоподобных частиц геном окружен белковой оболочкой, поддерживающей его стабильную структуру. В более сложных клеточных формах живой материи стабильность генома обеспечивается не только его белковой оболочкой, но и всей системой функционирования живой клетки.

Простейшая функция генома - материализация закодированной в его структурных генах информации о белках, с помощью которых будет построена клетка, а в более сложных вариантах - и живой организм. Если первый этап - «наработка» геномом строительного материала - в настоящее время достаточно хорошо изучен в рамках современной молекулярной генетики, то следующие этапы «работы» генома по строительству клеток и всего живого организма, так называемый процесс морфогенеза, еще мало исследован. Есть две точки зрения на механизм данного процесса. Одна - предполагает, что в геноме каким-то образом содержится вся информация, весь план будущего организма. Другая - считает, что функция генома ограничена только управлением процесса синтеза белков, а дальнейшая судьба клетки и организма определяется динамическими свойствами диссипативных структур с определенными начальными и граничными условиями.

 Как мы выяснили в разделе 1.2, материальной точкой физики является физическое тело, а мерой инертности этого тела служит его масса. В биологии **за «материальную» точку следует принять геном** конкретного живого тела, а мерой инертности данной «материальной» точки, по-видимому, следует считать **информационное содержание генома** данного тела. Фактически - это количество информации той части генома живых клеток, которая контролирует рост этих клеток. Грубо говоря, величину **информационного содержания генома** определяет число « работающих» генов в клетке. Известно, что в процессе роста отдельного организма (в онтогенезе) число «работающих» генов регулярно меняется: одни гены включаются, другие выключаются, поэтому на длительных отрезках времени величину информационного содержания геномаследует считать переменной.

Таким образом, «**материальной» точкой в биологии следует считать геном, а «массой материальной» точки служит информационное содержание генома**. Под геномом понимается не только его структурная часть, кодирующая белок, но и все, что определяет будущий организм.

Главный момент, на который следует обратить внимание, - это то, что «масса материальной» точка биологии оказывается нематериальной.

 **2.2.2 Структура генома**

 Центральным звеном предлагаемой теории оказывается геном. Не только вопросы теории, но и решение большинства фундаментальных проблем генетики зависит от правильного представления о структуре генома. Поэтому есть необходимость, хотя бы кратко, остановиться на этом вопросе.

Под геномом понимают совокупность ядерных элементов генетической конституции организма. Материальными носителями генома являются хромосомы. Хромосома состоит из двух продольных нитей - хроматид. Каждая хроматида распадается, в свою очередь, на две полу-хроматиды, а те - на две четверть-хроматиды. Еще более тонкие субмикроскопические продольные структуры - хромонены под световым микроскопом уже не различаются. Самая тонкая элементарная нить хромонемы диаметром 100-200 ангстрем состоит из 103 - 104 нуклеопротеиновых цепочек, расположенных в основном параллельно оси хромосомы.

Основной единицей периодической структуры хроматина служит нуклеосома («коровая частица»). Центральная часть нуклеосомы состоит из ДНК и комплекса из восьми молекул белков-гистонов. На поверхности гистонового октамера, имеющего клинообразную форму, ДНК образует примерно 1,75 витка левой суперспирали. Внешние размеры нуклеосомного кора составляют 110х110х57 ангстрем. Плотно упакованные нуклеосомы образуют в хроматине нить диаметром в 10 нм, которая далее сворачивается в соленоид или в суперглобулу. Сходство первичной организации нуклеосом, выделенных из различных источников, подтверждает консервативность их структуры.

Морфология хромосом выражается в последовательности эу- и гетерохроматиновых сегментов. Система эухроматина, организованная структурными, менделирующими генами и обслуживающими их элементами ДНК, составляет устойчивую часть генома. Система гетерохроматина, сформированная высокоповторяющимися, «бессмысленными» последовательностями нуклеотидов, составляет относительно лабильную часть генома. Одной из характерных особенностей гетерохроматина является высокая качественная и количественная внутривидовая изменчивость. Однако особи с высоким и низким содержанием гетерохроматина могут не отличаться ни по фенотипу, ни по жизнеспособности. Функция гетерохроматина до сих пор остается загадочной. Принципы конденсации эухроматина и гетерохроматина различны: природа конденсации эухроматина обусловлена последовательными уровнями спирилизации и суперспирилизации длиной нити ДНК; в гетерохроматине отсутствует спиралевидная конденсация. Все гетерохроматиновые участки способны эктопически (негомологично) конъюгировать (попарно соединяться) между собой, что определяет неслучайные ассоциации хромосом в клеточном ядре. Положение хромосом в геноме высокоупорядочено, однако механизм порядка в геноме неизвестен.

Хромосомы следует рассматривать в непосредственном их отношении с ядерным матриксом, составленным из набора некоторых негистоновых полипептидов. Функционально ядерный матрикс не только определяет размеры, форму и морфологические особенности ядра, но и является твердым носителем, с участием которого выполняются основные функции хромосом. Реконструкция с помощью ЭВМ 3-мерной модели ядер выявила довольно сильную скручиваемость хромосом, преимущественно с правосторонней закрученностью. Обнаружена высокая частота соединений между определенными локусами гетерохроматина и ядерной мембраной. Хромосомы постоянно разделены на пространственные домены, так что они оказываются натянутыми поперек ядра в поляризованной ориентации. В целом, выявленные домены хромосом и специфические контакты хромосом с ядерной оболочкой не связаны со строго определенным размещением хромосом внутри ядра.

Начиная с 1980 г. наблюдается резкое возрастание интереса к вопросу о молекулярной организации генома. Открытие «избыточной» ДНК, множественных генов, подвижных генетических элементов и т.д. заставило ученых пересмотреть ряд положений классической генетики. Оказалось, что структурные гены составляют лишь 3% всей ядерной ДНК. Остальная часть генома - это, так называемая, «избыточная», «молчащая», «эгоистическая» ДНК. Если структурные гены содержат «уникальные», смысловые последовательности пар нуклеотидов, кодирующих белки, то «избыточная» ДНК в основном состоит из, так называемых, повторяющихся последовательностей, которые не кодируют никаких белков и не играют заметной роли в контроле транскрипций соседних генов. Существуют сотни (и даже тысячи) различных семейств повторяющихся последовательностей. Число повторов колеблется от единиц до 106. Повторы некоторых семейств (300-400 пар нуклеотидов) собраны в длинные тандемные группы («сателлитная» ДНК), расположенные в основном в прицентромерном гетерохроматине, благодаря чему последний приобретает более компактную структуру. Большинство семей повторов организовано гораздо сложнее, чем тандемные группы и образуют классы умеренно-повторяющихся ДНК. Среди них можно выделить: класс диспергированных коротких элементов, (< 1 тыс. нуклеотидных пар), класс сблоченных длинных элементов (1-2 тыс. нуклеотидных пар) и, наконец, класс крупных мобильных элементов (> 3 тыс. нуклеотидных пар). Отличительной особенностью повторяющихся последовательностей является их способность к размножению (амплификации) внутри генома без выполнения каких-либо функций, полезных для клетки. В этой связи они и получили название «эгоистической», «паразитной» ДНК. Однако способность некоторых повторяющихся последовательностей перемещаться по геному заставляет думать, что «эгоистическая» ДНК может оказывать существенное влияние на «уникальные» гены. Предполагают, что перемещающиеся элементы вероятней всего являются основной причиной наблюдаемой генетической изменчивости. Некодирующие участки входят также и в структурный ген (так называемые, интроны).

Структура генома существенно меняется в онтогенезе. В раннем эмбриогенезе, на стадии 2-4 клеток, ювенильные хромосомы представлены нитью нуклеопротеида, в которой последовательности уникальных генов чередуются с единичными копиями сателлитной ДНК - основы для развития будущего гетерохроматина. В ядре зиготы и в первых бластомерах гетерохроматин почти лишен высокоповторяющихся последовательностей ДНК, формирующих взрослый гетерохроматин, который развивается путем амплификации исходных последовательностей сатДНК в раннем эмбриогенезе. Превращение ювенильных хромосом во взрослые связано с появлением в них гистоновых белков нового типа и повышением в них содержания негистоновых белков. Дифференцировка клеток и развитие тканей сопровождается формированием гетерохромативной структуры, специфичной для каждого типа ткани. В ряду митотически делящихся клеток в хромосомах точно поддерживается соотношение копий нетранскрибируемой ДНК и копий транскрибируемых генов.

При развитии половых клеток в ранней профазе мейоза гетерохроматин эллиминирует и преобразованные гетерохроматиновые зоны возвращаются к той структуре, которую они имели на самых ранних стадиях дробления ядра. В этой связи биологическую эволюцию можно представить себе, как историю бессмертных клеток зародышевого пути. Таким образом, блоки гетерохроматина не передаются из поколения в поколение организмов. Они формируются заново в каждом поколении в раннем эмбриогенезе путем амплификации исходных последовательностей гетерохроматина ювенильных хромосом. На этом основании делается заключение о предопределении пути развития клетки на самых ранних стадиях дифференцировки. Между растениями и животными в этом плане есть одно принципиальное различие. У животных организмов обнаружено, что в процессе развития происходит потеря части или даже целых хромосом (явление диминуции). Поэтому из ядер клеток взрослого животного нельзя получить взрослое животное. Такой проблемы практически не существует у растений.

Даже из краткого перечисления основных экспериментальных данных по структуре генома можно видеть, что наличие в геноме структурных генов, кодирующих белки, далеко не достаточно для управления функционированием сложного организма. Бесспорно, здесь также важна роль «молчащей» ДНК. Нельзя не вспомнить теорию «хромосомного поля» Лима-де-Фариа (1954), гетерохроматиновые теории Гольдшмидта (1951) и Альтенбурга (1957), теорию эпигенеза Уоддингтона (1940) и др. В настоящее время наблюдается некоторый возврат к теориям классической генетики. Выдвигаются предположения, что изменения «высших» структур ДНК (спирализация, укладка), изменения характера связей с белками и т.д. также могут быть приняты в качестве эпигенетических механизмов. Ратнер (1975) предложил вариант динамической памяти, когда кодирующую роль играет порядок подачи по каналам связи сигналов разной природы и длительности. Чернавский (2004) выдвинул гипотезу о существовании вторичной информации, записанной в ДНК, но не на специальном ее участке, а на структурных генах базового метаболизма; иными словами, она наложена на информацию о базовом метаболизме. То есть предполагается, что кроме динамического способа реализации генетической информации существует второй способ - параметрический - когда свойства структуры определяются только параметрами системы. Изменяя (задавая) параметры, можно изменять (задавать) все свойства конечной структуры. Запись информации о параметрах не требует иного носителя помимо структурной информации, более того, она может быть наложена на информацию о структуре ферментов метаболизма. Представление о вторичной информации может быть распространено также и на «молчащую» ДНК. Одновременно можно себе представить появление наложенной третичной, четверичной и т.д. систем записи генетической информации.

В целом, «материальная точка» биологии (геном) вероятней всего является сложной динамической структурой с многоуровневой иерархической системой записи генетической информации. И от успехов в развитии наших представлений о структуре генома будет существенно зависеть прогресс теоретической биологии.

Очевидно, что в зависимости от решаемой задачи, за "материальную" точку биологии может быть принят не только геном отдельной клетки, но и геном целой особи, и геном популяции, и т.д.

 **2.3 Биологическое "пространство"**

Теперь следует выяснить – в каком «пространстве» «движется» «материальная» точка биологии. Здесь надо сделать достаточное усилие и представить себе «движение » нематериальной биологической точки - генома в определенном биологическом «пространстве». Достаточно очевидно, что это должна быть биомасса клетки (особи, популяции и т.д.). Если это утверждение неочевидно, то придется принять его как постулат. Таким образом, мы считаем, что **биологическим «пространством» является биомасса живой клетки**  **(особи, популяции и т.д.).**

 В принципе, биологическое «пространство» можно считать трехмерным, хотя в некоторых случаях размерность биологического "пространства" может быть иная (см. ниже).

 Итак, «движение» генома (рост) происходит благодаря производству биомассы, которая и является биологическим «пространством» для генома. Естественно, вся эта сложная биологическая система «вложена» в, привычное нам, физическое трехмерное евклидово пространство. Не трудно видеть, что биологическое "пространство" оказывается материальным.

 Необычность такого представления о биологическом "пространстве" и недостаточность фактического материала по данному вопросу, не позволяют более подробно обсудить эту проблему.

 **2.4 Математические модели роста**

 **2.4.1 Модель роста раковой клетки**

 **1) свободное "движение" генома**

 Сформулированные выше базовые понятия биологии позволяют, пока еще в рамках традиционной «физической» математики, построить некоторые модели функционирования живых систем. В качестве примера мы выбрали, достаточно актуальную проблему раковой опухоли, которая наиболее ярко демонстрирует закон экспоненциального роста [4]. Экспоненциальный рост характерен не только для увеличения массы раковых клеток, но и их объема, линейных размеров и т.д. В этой связи в дальнейшем, для простоты, будем рассматривать раковую опухоль в виде шара радиуса **R,** и закон ее роста запишем в виде закона Мальтуса:

  (2.1)

- удельная скорость роста. Далее следуем известной схеме вывода уравнений общей теории относительности (ОТО) в ньютоновском приближении [5]. Вводим понятие плотности информационного содержания генома:

 (2.2)

где **v** - объем шара. Следовательно:

 . (2.3)

Подставляя в (2.3) выражение для закона роста (2.1), получим

  . (2.4) Уравнение (2.4), вытекающее из закона экспоненциального роста показывает, что  не зависят от координат. Это означает, что заданная в начальный момент времени определенная плотность информационного содержания генома  при экспоненциальном законе роста (2.4), во все последующие моменты остается такой же, не зависящей от координат, хотя и меняется с течением времени ** = (t)**.

 **2) взаимодействие геномов**

Теперь введем силу, которая тормозит «свободный» экспоненциальный рост организма. Следуя опыту физики, предположим, что данная сила (точнее – ускорение) пропорциональна «массе» генома **(I)** иобратно пропорциональна квадрату расстояния **R** между геномами(эта зависимость обусловлена трехмерностью пространства – теорема Эренфеста [2] ):

 , (2.5)

В отличие от физики мы заменили параметр **m** (масса тела) на его биологический аналог **I** (информационное содержание генома); здесь - пока неизвестная постоянная – аналог гравитационной постоянной. Подставив сюда (2.1) и (2.2), получим:

. (2.6)

Уравнения (2.4) и (2.6) образуют систему, полностью определяющую рост раковой опухоли. В эти уравнения не входят ни линейные размеры организма, ни его «масса». Основными параметрами теории служат плотность информационного содержания генома  и удельная скорость роста организма .

Умножив уравнение (2.5) на  и один раз проинтегрировав, получим:

. (2.7)

Это уравнение имеет вид закона сохранения энергии: первый член слева - кинетическая энергия; второй член слева (отрицательный) - потенциальная энергия; константа справа - полная энергия. Определим эту константу, полагая, что в некоторый момент времени **t0** нам известны и **R0**. Считаем также, что нам известно значение  в момент **t0 .** В результате получим:

. (2.8) Следовательно: , (2.9)

где:  (2.10)

 есть критическая плотность информационного содержания генома;

**ρ0** - плотность информационного содержания генома в момент времени **t0**.

 Ограничимся здесь анализом общего характера решений уравнения (2.9) при различных значениях плотности **ρ0** :

а) **ρ0 >ρс ;** второй член а уравнении (2.9) положителен, поэтому по мере увеличения **R** будет такой момент времени **tm** когда вcя правая часть обратится в нуль. В этот момент рост раковой опухоли прекратится и сменится его убылью.

б) **ρ0 < ρс ;** в этом случае рост будет продолжаться неограниченно. В пределе при **t → ∞**, **R → ∞** имеем уравнение экспоненциального роста.

 Можно дать следующую биологическую интерпретацию полученных выше результатов. Как мы видим, характер роста раковой опухоли определяется величиной отношения между **ρ0** и**ρс** :

а) если **ρ0 >ρс** (в работу включено достаточно большое количество генов), то такая система характеризуется «замкнутым» типом роста. В данном случае через определенное время **tm** деление клеток прекращается, контролирующие процесс роста гены выключаются, давая возможность вступить в работу другой группе генов. Такая согласованная работа генома в клетке определяет, по-видимому, наиболее устойчивое и продолжительное функционирование живого организма.

б) если же **ρ0<ρс** (в работу включено небольшое количество генов), то данная система демонстрирует «открытый» тип роста, когда клетка стремится к неограниченному, экспоненциальному росту. Такая ситуация и характерна для роста раковых клеток.

Согласно изложенной выше модели, одной из возможностей вернуть раковую клетку к «нормальному», ограниченному росту могла бы служить экспрессия достаточного количества заблокированных генов в данной клетке так, чтобы плотность работающих генов превысила критический уровень **ρс**.

Как правило, экспрессирующие геном агенты являются факторами, ускоряющими рост клеток. Поэтому, на первый взгляд, ситуация может показаться парадоксальной: чтобы замедлить рост раковой опухоли надо в нее ввести факторы, ускоряющие рост клеток. Таким образом, одним из практических выводов предлагаемой теории является то, что причиной прогрессивного развития раковой опухоли является пороговая репрессия генома.

**2.4.2 Конъюгация гомологичных хромосом**

 Одной из важнейших проблем теоретической биологии бесспорно является проблема взаимодействия между геномами. Принятая нами выше сила такого взаимодействия (формула 2.5) основывалась на теореме Эренфеста [2], как следствие трехмерности пространства. Экспериментального подтверждения данной закономерности пока нет, поэтому представляет интерес теоретическая модель взаимодействия гомологичных хромосом, благодаря обмену между ними колебательной энергией [4].

 Следует отметить, что здесь (а также в разделе 3.2) мы привлекаем физические законы. Это означает, что мы не отрицаем рассмотрения некоторых явлений в живой материи с точки зрения физики, так как ряд биологических структур и процессов могут иметь чисто физическую природу. Поэтому физический подход надо рассматривать как дополнительный к биологическому, но только в определенных рамках его применения.

**1) колебательный механизм взаимодействия макромолекул**

 Критический анализ существующих гипотез о механизме конъюгации хромосом дан в работе [6]. Там же сформулированы основные требования, которым должна удовлетворять теория, претендующая на объяснение данного явления: во-первых, силы притяжения между хромосомами должны быть достаточно дальнодействующими; во-вторых, эти силы должны быть селективными — притягиваются только строго идентичные участки гомологических хромосом, и, в-третьих, энергетические затраты на притяжение должны соответствовать энергетическим возможностям клетки.

В настоящем разделе в качестве физической модели взаимодействия хромосом используется известный процесс биений, заключающийся в том, что между двумя резонансно-связанными осцилляторами происходит периодическая перекачка колебательной энергии от возбужденного осциллятора к покоящемуся. Обмен колебательной энергией между такими двумя осцилляторами рассматривается как их эффективное взаимодействие по аналогии с подобными .процессами в электродинамике (обмен фотонами), мезодинамике (обмен мезонами) и гравитации (обмен гравитонами). Осцилляторами служат **α**-спиральные участки белковых молекул, способные к параметрическому возбуждению собственных колебаний за счет тепловых флуктуаций окружающей среды (см. ниже).

Приложение данного механизма не ограничивается рамками конъюгации хромосом, а, видимо, может иметь место для целого ряда специфических взаимодействий между макромолекулами в живой клетке . Гамильтониан системы двух осцилляторов **А** и **В**, находящихся в упругой среде на некотором расстоянии друг от друга, имеет вид

  , (2.11)

где **НА** и **НВ**  - энергии свободных осцилляторов

 (2.12)

**m** - массы осцилляторов, **Х** - их смещения; **Нπ** - энергия поля излучения осцилляторов в упругой среде

 , (2.13)

**ϕ** - скалярный потенциал поля, **v** - скорость звука в среде, **r** — радиус - вектор волны, **ρ** - плотность среды; **Нint** - энергия взаимодействия осцилляторов с волновым полем

 (2.14)

**α** - силовая постоянная (константа связи), **ϕ(rA)** - поле в точке расположения осциллятора **A***,* **ϕ(rB)** - поле в точке расположения осциллятора **B***.* Варьируя гамильтониан (2.11) по **δϕ** и **δX***,* получим уравнения движения

 (2.15)

 . (2.16)

Будем искать **Хβ** в виде

  (2.17)

где  - колебания невозмущенных осцилляторов;  - колебание осциллятора в точке **А***,* возмущенное волновым полем осциллятора в точке **В***,*  - колебание осциллятора в точке **В***,* возмущенное волновым полем осциллятора в точке **А**. Соответствующие решения для полей ищем в виде

 (2.18)

где  и  - поля невозмущенных осцилляторов, а и  - поля с соответствующими возмущениями. Тогда энергия взаимодействия двух осцилляторов примет вид

 (2.19)

 (2.20)

. (2.21)

Подставляя решения для невозмущенных осцилляторов в (2.15) и усредняя произведения реальных частей по времени, получим потенциальную энергию взаимодействия двух осцилляторов с точностью до первого порядка малости константы связи **(ωА = ωВ)**

 (2.22)

где  - расстояние между осцилляторами;  - волновой вектор; **a**, **b** и **γА**, **γВ**- соответственно амплитуды и фазы колебаний.

Подставляя решения для возмущенных осцилляторов ив (2.15), проводя усреднение по времени и ограничиваясь членами второго порядка малости, после несложных преобразований получим потенциальную энергию взаимодействия с точностью до второго порядка константы связи

 . (2.23)

Сила притяжения между двумя осцилляторами в принятом приближении имеет вид

 (2.24)

 .

Для численного расчета могут быть использованы следующие значения входящих в (2.24) параметров: **v**≈105 cм⋅с-1; **ω**≈109 с-1; **ρ**≈1 г⋅см-3; **a** (или **b**) ≈10-8 см; **α** ≈ 105 г⋅с-2; **m** ≈ 10-16 г; **k**≈104 см-1.

**F(2)** представляет собой резонансную силу притяжения, пропорциональную **R-3**. Множитель **(b2 - a2)** отражает специфику биений.

 представляет собой резонансную дальнодействующую силу, имеющую «зоны» притягивающего и отталкивающего действия. Важную роль в выражении для **F(1)** играет множитель **cos (γA - γB*)****,* определяющий условие фазовой синхронизации

 Обычно перекачка колебательной энергии от одного осциллятора к другому не может происходить продолжительное время ввиду быстрого затухания подобных колебаний из-за сил трения. Поэтому необходимо рассмотреть условия, при которых конфигурация макромолекулы позволяет поддерживать ее незатухающие колебания за счет флуктуаций среды.

**2) параметрическое возбуждение водородной связи**

 В конъюгации хромосом фактически участвует комплекс ДНК с белками-гистонами, содержащими большой процент α-спиральных участков. Спираль удерживается водородными связями, направленными параллельно ее оси и соединяющими плоские пептидные группы.

Хотя физическая природа водородной связи (ВС) еще до конца не понята, однако накоплено достаточное количество экспериментальных данных, которые довольно полно описывают ее поведение. Для ВС характерны энергии порядка 0,1 - 0,5 эв, в этом смысле она является как бы промежуточной между валентными (2,0 - 5,0 эв) и ван-дер-ваальсовыми (0,01 - 0,02 эв) связями.).

ВС существенным образом определяет структуру и свойства большого класса молекулярных соединений и в особенности биологических макромолекул - нуклеиновых кислот, белков, углеводов, липидов. Наиболее важными из всех соединений, входящих в биологические структуры, являются белки - длинные полимерные цепи, которые находясь во взвешенном состоянии в растворе, приобретают компактную глобулярную структуру благодаря ван-дер-ваальсовым в гидрофобным взаимодействиям. Глобула, как правило, содержит ряд хорошо упорядоченных участков, стабилизированных BC, так называемые, α-спирали Полинга-Кори. На один оборот **α**-спирали приходится 3,6 мономерных единицы , шаг **α**-спирали - 5,4 , диаметр - 10 . Спираль удерживается BC типа **С=0...H-N**, направленными параллельно ее оси и соединяющими плоские пептидные группы **HN-CO** : первую с четвертой, вторую с пятой и т.д. Следует отметить, что **α**-спираль не является единственно возможной спиральной конфигурацией полипептидных цепей. Теоретически предсказаны **π**-спираль ( 4,4 мономерных единицы на виток ), **γ**-спираль (5,1 мономерных единиц на виток) в др .

Устойчивость высокоупорядоченной конформации глобулярных белков сохраняется в довольно узком интервале значений параметров среды. Например, при нагревании **α**-спирали ВС рвутся и макромолекула переходит в состояние статистического «клубка». Этот переход может быть вызван также изменением состава растворителя или его **рН**. Статистическая теория переходов "спираль" -"клубок" разработана довольно подробно. Получило свое начало также развитие статистико-термодинамической тeopии перехода "клубок" - "глобула". Однако многочисленные экспериментальные иccлeдoвaния ферментативной активности белков, проводимые при фиксированных значениях внешних параметров - температуры, **рН** среды и др. - показывают, что макромолекула глобулярного белка-фермента является флуктуирующей, динамической системой, в которой происходят процессы спонтанной спирализации и деспирализации. Здесь мы рассмотрим вопрос о возможном существовании в **α**-спирали внутренних причин для «неустoйчивocти», возникающей за счет параметрического возбуждения колебаний BС колебаниями атомов в основной (валентной) цепи.

 Одной из важных особенностей ВС является стремление к расположению атомов **A-H...B**, участвующих в ее образовании, на одной прямой. Экспериментально установлено, что энергия ВС **U** зависит от угла **θ** между направлениями **А-Н** и **А...В** по закону

 , (2.25)

что видимо обусловлено преобладанием «обменных сил» в формированиях ВС. С другой стороны, в больших молекулах типа **α**-спирали , атомы **А** в **В**, связанные ВС, как правило, испытывают периодические смещения под действием соседних атомов валентной цепи в плоскости перпендикулярной к направлению ВС, то есть угол **θ** является функцией времени, что , согласно формуле (2.25), приводит к зависимости от времени энергии ВС. Последнее обстоятельство может существенно повлиять на динамику ВС, так как в соответствующем уравнения движения

 (2.26)

 (**k** - коэффициент квазиупругой силы , -смещения атомов вдоль ВС)

частота колебаний вдоль ВС  окажется зависящей от времени. Действительно, в линейном приближении коэффициент квазиупругой силы **k** имеет вид

 . (2.27)

Для простоты положим изменения угла **θ** чисто гармоническими

, (2.28)

где **θ0**-максимальное отклонение угла **θ** от положения равновесия, **ω1** -частота валентных колебаний атома **В** (в случае **α**-спирали это частота колебаний пептидной связи **N-С**) в плоскости перпендикулярной направлению равновесной ВС. Учитывая малость **θ** разложим **соs2θ** в ряд до **θ2**и, подставляя (2.28) в (2.27), после несложных преобразований, получим

 (2.29)

Подставляя (2.29) в (2.26) и делая замену  **ω1t = z**, запишем уравнение движения для одиночной ВС

 (2.30)

Уравнение (2.30) известно в математической физике как уравнение Матье. В зависимости от соотношения между параметрами **p** и **q** , уравнение Матье имеет области устойчивых и неустойчивых решений.

Уравнение Матье довольно подробно изучено. Приведем вид приближенных решений:

а) , область устойчивости

 , (2.31)

где



.

Из (2.31) нетрудно видеть, что в области устойчивости колебания вдоль ВС модулированы как по частоте, так и по амплитуде (биения). По мере приближения к границе области неустойчивости () глубина биений приближается к полной, а период их неограниченно растет, в пределе переходя в неустойчивые колебания.

б) , область неустойчивости

 , (2.32)



Амплитуда колебаний экспоненциально возрастает. Неограниченный рост колебаний существует и при наличии слабого трения в системе. Действительно, уравнение движения для колебание вдоль BC с учетом затухания **γ**

 (2.33)

сводится к уравнение Матье (2.30) подстановкой . Граница области неустойчивости теперь будет определяться равенством **ρ-γ=0.**

Следствием неустойчивости колебаний BC могут быть аномальные уширения линий в oптических спектрах ВС, конформационные флуктуации макромолекул типа глобулярных белков, ДНК и др. Здесь мы остановимся лишь на исследовании условий, приводящих к неустойчивости колебаний **α**-спирали Полинга-Кори.

Будем рассматривать **α** -спираль как **n**-связанных осцилляторов Матье

, (2.34)

где **ω2**- частота валентных колебаний пептидной связи в направлении ВС.

В силу пространственной симметрии **α**-спирали решения уравнения (2.34) можно искать в виде

 . (2.35)

Здесь **ϕ** есть фазовое различие между движениями смежных мономерных единиц **(o<ϕ<π)**. Множитель **exp (inϕ)** дает соответствующие характеры одномерного неприводимого представления **Г(ϕ)** бесконечной циклической группы **С∞** , изоморфной пространственной группе симметрии **α**-спирали. Подставляя (2.35) в (2.34) и полагая **ω1t=z**, получим уравнение типа (2.30)

 , (2.36)

 (2.37)

Таким образом, колебания **α**-спирали вдоль ВC описываются уравнением Матье с перенормированным параметром . Особенностью полученного уравнения является то, что параметр  зависит от **ϕ**. Построив области неустойчивости для ypавнения Матье при разных значениях ϕ , мы получим «зону» областей неустойчивости.

Таким образом, для колебаний **α**-спирали вдоль ВС область неустойчивости существенно расширяется и при **q** = 0 лежит в пределах от **р** до . В "зоне" параметрического резонанса амплитуда колебаний **α**-спирали вдоль ВС экспоненциально возрастает со временем до полного разрыва всех ВС и **α**-спираль переходит в состояние статистического "клубка". Однако возможна и другая ситуация, когда в результате параметрического возбуждения, **α**-спираль достигает состояния, отвечающего максимуму потенциального барьера, отделяющего данную **α**-конфигурации от какой-либо другой, например **π**- или **γ**-, и система перейдет в одно из этих состояний. В настоящее время трудно выбрать из этих двух наиболее вероятную ситуацию, так как общая картина поведения **α**-спирали в области параметрической неустойчивости колебаний вдоль ВС будет зависеть от множества факторов, среди которых одним из основных несомненно будет взаимодействие **α**-спирали с окружающей средой. Здесь необходимо учитывать а) затухание в системе из-за сил трения; и б) влияние случайных флуктуаций. Рассмотрим эти ситуации:

а) как уже отмечалось выше, с учетом затухания граница области неустойчивости несколько изменится. Теперь параметрический резонанс может наступить только начиная с некоторого порогового значения **q=q0**. В том случае, когда внешние условия не позволяют развиться параметрическому возбуждению в **α**-спирали, или соотношения между параметрами  и **q**, таковы, что решения уравнения (1.46) попадают в область устойчивости, должны наблюдаться плавно модулированные как по частоте, так и по амплитуде устойчивые колебания вдоль оси **α**-спирали. Вoзможно такая ситуация соответствует "дыхательным" колебаниям **α**-спирали вдоль ее оси недавно обнаруженных экспериментально в поли- **L**-аланине ;

б) наиболее быстрым изменениям случайных флуктуаций подвержены смещения атомов **Q** вдоль валентной цепи **α**-спирали , которые связаны с параметром **q** из уравнения Матье соотношением

 , (2.38)

где  - средне-равновесное значение длины ВС, испытывающее более мeдленные изменения случайных флуктуаций. Примем для случайно флуктуирующего параметра **q** распределение Гаycca и усредним по нему неустойчивое решение уравнения Матье для колебаний вдоль ВС

 . (2.39)

Учитывая, что решение уравнения Матье **U(q,t)** является более плавной функцией **q**, чем распределение Гаусса, находим

 (2.40)

Если воспользоваться выражением для средней квадратичной флуктуации одномерного осциллятора

 , (2.41)

то критерий параметрической неустойчивости α-спирали с учетом трения примет вид

 . (2.42)

Из (2.42) нетрудно видеть, что для точного резонанса ( =1) и без трения **(q0 =0)** параметрическая неустойчивость **α**-спирали сохраняется при любых температурах. Это означает, что в данной ситуации не существует стабильной спиральной конфигурации, а состояние системы носит флуктуирующий характер. Если условие резонанса не выполняется (≠1) и в системе существенно затухание **(q0≠0)**, то параметрическая неустойчивость α-спирали возникает только с достаточно высоких (в смысле неравенства (2.42)) температур.

Таким образом, в пределах «зоны» неустойчивости **α**-спираль будет периодически разрушаться под действием собственных колебаний, то есть ее состояние будет носить флуктуирующий характер. Вне этой «зоны» **α**-спираль будет колебаться вдоль своей оси с переменной амплитудой. То есть, **α**-спираль представляет собой осциллятор, периодически испытывающий параметрическое возбуждение своих колебаний за счет тепловых флуктуаций атомов и молекул окружающей среды.

В системе «макромолекулы плюс среда» понижение суммарной потенциальной энергии на величину  обусловлено поступательным движением макромолекул навстречу друг другу. Рассмотрим возможные каналы передачи энергии тепловых флуктуаций среды колебаниям атомов пептидной группы в α-спирали. При **Т**=300**К0**, энергия среды **kT**=0,0410-12 эрг, что соответствует колебаниям с частотой ~200 см-1. Среди интенсивных полос поглощения пептидной группы в ИК-области в нашей ситуации могут играть заметную роль следующие: амид **V** (**ω1**=700 см-1),  амид **VI**

(**ω1**=600 см-1) и амид **VII** (**ω1**=200 см-1). Очевидно, что энергии тепловых флуктуаций среды вполне достаточно для постоянного возбуждения данных нормальных колебаний. Трансляционные колебания вдоль **Н**-связи имеют частоту (**ω0**=200-300 см-1). Сравнивая собственную частоту колебаний **Н**-связи **ω0**с частотами нормальных колебаний пептидной группы **ω1**, легко видеть, что существуют реальные условия для параметрического резонанса. Однако, учитывая силы трения, по-видимому, следует ожидать не развала **α**-спирали, а ее периодического возбуждения по типу биений. Этого достаточно, чтобы поддерживать незатухающим процесс резонансного обмена колебательной энергией между идентичными макромолекулами.

По нашему предположению, определенный участок молекулы ДНК, соединенный с молекулами белков-гистонов, образует тот специфический комплекс **α**-спиральных осцилляторов, который способен на больших расстояниях резонансно взаимодействовать с аналогичным комплексом гомологичной хромосомы. Сигналом к притяжению гомологичных хромосом, по-видимому, служит начало синтеза гистонов и их комплексирование с ДНК, хотя не исключено, что определенную роль здесь может играть и изменение упругих свойств среды.

Заметим, что рассмотренное здесь явление может служить также механизмом терморегуляции живой клетки.

**Глава 3 Биологическая эволюция**

 **3.1 Направленность биологической эволюции**

 **3.1.1** **Взаимоотношение микро- и** **макроэволюции**

 Явление биологической эволюции настолько многопланово и противоречиво, что без введения четкой классификации основных понятий и определений ее обсуждение как правило заходит в тупик.

Если брать определения биологической эволюции в самом общем виде, например, "это процесс постоянного изменения дискретных форм живой материи" , или - "это изменения любого свойства популяции с течением времени" , то мы видим, что они мало конструктивны. Другие определения типа - "это изменение частоты отдельных генов из поколения в поколение" или - "это изменение адаптивных признаков популяции и лежащих в их основе генов с течением времени" достаточно конкретны, но характеризуют локальные процессы внутри вида и относятся к, так называемой, микроэволюции. Эволюционные события более крупного масштаба, протекающие на больших пространствах в течение значительных геологических отрезков времени и касающиеся в основном высших таксономических категорий, носят название макроэволюции.

По-видимому, возможность строгого определения общего понятия биологической эволюции следует отложить до выявления сущности макро- и микроэволюции.

Один из главных вопросов (и преткновений) теории биологической эволюции сводится к тому, можно ли экстраполировать механизмы, лежащие в основе микроэволюции, чтобы объяснить явления макроэволюции? Данный вопрос еще больше запутывается и обостряется, когда его смешивают с проблемой направленности эволюции.

Действительно, фактологической основой макроэволюции служат палеонтологические данные, демонстрирующие четкие детерминированные изменения в органическом мире, в то время как микроэволюционные явления основываются на непосредственных наблюдениях случайных (ненаправленных) событий. В случае признания направленности биологической эволюции современная теория микроэволюции относит ее за счет ортоселекции. Многочисленные попытки создать единую теорию биологической эволюции, объединяющую макро- и микроявления, их направленность и случайность приводили и приводят ко все большему противоречию.

 Существует принципиальная разница между этими явлениями. По своему определению микроэволюционные события во времени - это ничтожный миг по сравнению с макроэволюционными событиями. Уже поэтому нет никаких оснований считать, что в основе обоих явлений лежат одинаковые механизмы. Огромна разница между данными явлениями и по количественным и качественным характеристикам. Многочисленные примеры в живой и неживой природе показывают, что переход от микро- к макроявлениям в корне меняет характер управляющих законов. Известно, что законы строения и движения макрообъектов (растений, животных, машин, зданий, планет) не определяются квантово-механическими законами строения и движения атомов и молекул их составляющих. По-видимому и законы макроэволюции не могут механически повторять законов микроэволюции, так как относятся к качественно иной форме движения живой материи. Соответственно и категории случайности и направленности должны иметь совершенно различный смысл для этих двух качественно отличных явлений.

Исходя из данной точки зрения, проанализируем кратко наиболее фундаментальные разработки в теории биологической эволюции.

 **3.1.2 Направленность или случайность**

 Бесспорно, что в 1809 г. Ламарк впервые дал законченную и ясную феноменологическую картину эволюции живой материи от самостоятельного зарождения простейших организмов до появления человека. Ламарк открыл закон биологической эволюции, хотя в его время биологии, как науки, еще не существовало. Даже сам термин "биология" впервые предложен Ламарком. Философия Ламарка охватывает не только проблему эволюции организмов, но и проблемы превращения материи и энергии, изменения лика Земли, сущности мышления. В настоящее время Ламарка в основном критикуют за его подходы к объяснению механизмов биологической эволюции. Однако не следует забывать того, что во времена Ламарка науке далеко еще не хватало материала, чтобы высказаться по вопросу о происхождении видов иначе, чем в виде пророческих предвосхищений. Сам Ламарк, высказав предположение о причинах изменчивости животных, предупреждал, что "...приняв это выражение в буквальном смысле, пришлось бы обвинить меня в допущении ошибки, так как каковы бы ни были обстоятельства, они никакого изменения в форме и в организации животных непосредственно не производят" . Интерпретаторы Ламарка обычно не обращают внимания на это предупреждение.

На наш взгляд, в целом Ламарка следует считать основоположником феноменологической теории макроэволюции.

 Теорию Дарвина очевидно следует относить только к микроэволюции. Экстраполяция этой теории на макроэволюционные явления вызывает резкие и обоснованные возражения. Одни ученые считают, что принцип естественного отбора, выдвинутый Дарвиным, составляет центральное звено всего эволюционного движения. У Левонтина другая точка зрения: "...главная заслуга Дарвина не в том, что он ввел эволюционизм как мировоззрение (поскольку исторически это не так), и не в том, что он подчеркнул особое значение отбора как основной движущей силы эволюции (поскольку эмпирически это может оказаться не так). Эволюция по Дарвину - это превращение изменчивости среди особей в пределах свободно скрещивающихся групп в изменчивость групп в пространстве и времени". Однако Уоддингтон  считает, что Дарвин имел в виду только выживание отдельных организмов, а размножение и создание следующих поколений это уже дополнения неодарвинизма. Более того, по его мнению, Дарвин имел в виду случайную фенотипическую изменчивость, а неодарвинизм - случайную генотипическую изменчивость. Причем неодарвинизм признает, что случайность генотипической изменчивости вовсе не означает случайность изменчивости фенотипической . С момента появления теории Дарвина не прекращаются дискуссии о смысле естественного отбора и причина, по-видимому, в том, что до сих пор не установлены границы применимости этой теории.

 Среди современных разработок, альтернативой теории Дарвина обычно выступают теории ортогенеза, наиболее ярким представителем которых является "номогенез" Берга, постулирующий развитие на основе закономерностей : "...как проявляются эти закономерности, это мы видим, но почему они таковы, это пока скрыто от нас. Равным образом, почему организмы в общем прогрессируют в своей организации, мы не знаем".

Номогенез основан на палеонтологических данных и бесспорно является макроэволюционной теорией, поэтому с нашей точки зрения сравнивать или противопоставлять ее микроэволюционной теории Дарвина бессмысленно. Привлекательность теории направленной эволюции заключается в том, что она, будь ясно продемонстрирована и истолкована, открыла бы возможности .для прогноза. Речь идет не столько о предсказании будущей эволюции органического мира, сколько об экстраполяциях.

Главной трудностью, неизменно встающей перед объяснением направленности эволюции - это решение проблемы целесообразности, что с необходимостью приводит к вопросу о внутренней природе данного явления. Берг утверждает, что "целесообразность есть основное, далее неразложимое свойство живого, - такое же, как раздражимость, сократимость, способность к питанию, усвоению, размножению. Она не более, но и не менее непонятна, чем любое из перечисленных свойств. Без целесообразности вообще немыслимо ничто живое. Выяснить происхождение целесообразностей в живом, значит выяснить сущность жизни. А сущность жизни столь же мало умопостигаема как и сущность материи, энергии, ощущения, сознания, воли".

Анализ теорий ортогенеза и селекционизма привел Мейена к выводу, что "сама постановка вопроса: что лежит в основе эволюции и ее определенной направленности, - случайность или необходимость, статистичность или жесткий детерминизм - оказывается неправомерной". Ортогенез пользуется только нестатистическими законами, в то время как отбор имеет существенно статистический характер. Осознав это, считает Мейен, мы получаем возможность, сняв главное противоречие между селекционизмом и ортогенезом, объединить их.

 По нашему мнению, противоречие между теориями ортогенеза и селекционизма можно снять только разделив области их применения: для ортогенеза - это процессы макроэволюции, для селекционизма - это процессы микроэволюции.

Успехи современной генетики позволили усилиями большого количества исследователей создать синтетическую теорию эволюции (СТЭ), вобравшую и вбиравщую в себя все новые и новые достижения различных областей биологии, экологии, генетики. В своей основе СТЭ является микроэволюционной теорией, однако ее создатели и сторонники упорно претендуют на "всеобщность" этой теории, включая макроэволюцию. Будущее покажет бесплодность таких попыток, тем более, что в современном виде СТЭ еще далека от формы, позволяющей назвать ее теорией, способной на предсказания.

**3.2 Эволюция структурного гена**

 **3.2.1 Наследственная молекула**

По современным представлениям молекулярной генетики структурный ген является частью гигантской макромолекулы ДНК, эволюция которой содержит три качественно различные фазы. Первая фаза - абиогенное возникновение наследственной макромолекулы из атомов и простейших молекул. Вторая фаза - самоорганизация биологических макромолекул, приведшая к появлению реплицирующихся "индивидуумов". И, наконец, третья фаза - эволюция видов. Как уже отмечалось выше, существующая теория эволюции живых организмов признает единственным направляющим фактором динамики генетического состава популяции естественный отбор. Наследственной молекуле отводится пассивная роль поставщика случайных мутаций. Однако за последнее время исследованиями по молекулярной геносистематике накоплено большое количество экспериментальных данных, указывающих на определенные закономерные направления в изменении нуклеотидных последовательностей ДНК в процессе эволюции:

1. объективно существуют АТ и ГЦ - типы ДНК. Природа не любит "эквимолярной ДНК";
2. в процессе эволюции закономерно возрастает сблоченность пиримидинов (пуринов) в последовательности ДНК и уменьшается степень ее вариабельности ;
3. доля гомологичных последовательностей в ДНК падает по мере того, как мы сопоставляем друг с другом виды со все меньшей степенью филогенетического родства.

Эти и многие другие факты геносистематики, а также многочисленные проявления закономерной направленности третьей фазы биологической эволюции до сих пор не находят себе объективного объяснения. Причину данных явлений, возможно, следует искать в физической природе наследственной макромолекулы. Ниже мы покажем, что ДНК как макромолекулярная система может быть подвержена процессу детерминированного изменения, связанного с внутримолекулярными перестройками.

Отделив процессы макроэволюции от микроэволюционных и сузив задачи макроэволюционной биологии до изучения истории генетического кода и законов, управляющими им от поколения к поколению, мы должны тем не менее указать на те ограничения, которые не позволяют макроэволюцию генетических систем отожествлять с биологической эволюцией. Действительно, в биологии труднее всего предсказать дальнейший ход эволюции. Майр видит причины этого в уникальности всех живых существ, их исключительной сложности и появлении новых свойств в процессе интеграции. Важнейшую роль в эволюции играют фундаментальные ограничения морфологических возможностей, наложенные свойствами материалов, из которых формируются организмы на всех уровнях их строения: возможны вовсе не любые организмы: например, не может быть постепенного перехода между перьями и волосами.

 Законы физики описывают процесс взаимно однозначного отображения, тогда как в ходе генетического наследования отображение не взаимно однозначное. Хотя наследование имеет определенную временную направленность, законы необратимой термодинамики здесь не помогут, так как необратимость наследственных процессов приводит к усложнению живой материи, а не к полному термодинамическому равновесию. В эволюционном плане фенотип играет роль измерительного прибора, который проверяет описание в процессе его взаимодействия о реальной средой.

 **3.2.2 Энергетическая модель гена**

Еще до открытия строения молекулы ДНК, Дельбрюком, на основе экспериментальных работ Н.В.Тимофеева-Ресовского, была разработана так называемая энергетическая модель гена. По Дельбрюку, ген − это часть наследственной молекулы, которая может находиться в двух изомерных конфигурациях, соответствующих двум возможным состояниям гена − аллелям. Эти изомерные конфигурации наследственной молекулы изображаются в энергетическом пространстве (**Е-**пространстве) двумя потенциальными ямами, разделенными потенциальным барьером. Мутация гена в модели Дельбрюка − это конфигурационный переход части наследственной молекулы из одной потенциальной ямы в другую. Нетрудно заметить, что модель Дельбрюка естественным образом обобщается на случай множественных аллелей, если допустить, что наследственная молекула может находиться в нескольких изомерных конфигурациях. Каждая потенциальная яма соответствует определенному аллельному состоянию гена.

В настоящее время твердо установлено, что структурные гены − это последовательно расположенные участки линейного полимера ДНК и ген среднего размера содержит примерно 1500 нуклеотидных пар. Если внешнее воздействие приводит к отрыву азотистого основания от сахаро-фосфатного остова, то геометрия ДНК допускает свободное перемещение данного основания вдоль макромолекулы. В процессе таких перемещений основания могут обмениваться местами, создавая новые комбинации нуклеотидов внутри гена. Поэтому, в свете современных данных молекулярной генетики, под названием «модель Дельбрюка» следует понимать энергетическое представление части молекулы ДНК, в которой различным последовательностям нуклеотидов соответствуют различные «изомерные» состояния гена − аллели. Обычно энергетические различия между изомерными состояниями макромолекул имеют величину порядка **кТ**(0,03эВ). Если расстояния между минимумами потенциальных ям гена (аллелями) по оси **Е** того же порядка, то аллели в **Е**-пространстве образуют почти непрерывный набор энергетических состояний, по которым ген может перемещаться под воздействием той или иной случайной силы. Эти состояния отделены друг от друга потенциальными барьерами **Е0**, причем величины **Е0** должны быть достаточно велики, так как хорошо известно, что спонтанные мутации наблюдаются крайне редко. По теоретическим оценкам Дельбрюка, значениям **Е0** = 0,9 эВ; 1,5 эВ и 1,8 эВ при комнатной температуре отвечают времена ожидания мутации соответственно 0,1 сек., 16 месяцев и 30000 лет.

Будем рассматривать систему гомологичных генов в некоторой идеальной популяции, когда число данных генов (или, что то жесамое**,** особей) постоянно. Под воздействием случайной внешней силы наследственная молекула хотя и редко, но совершает различные перемещения по своим возможным энергетическим состояниям. Одновременно происходит обмен гомологичными генами в процессе кроссинговеров между гомологичными хромосомами. Поскольку число особей в популяции обычно достаточно велико, то такие перемещения наследственной молекулы по своим энергетическим состояниям соответствуют случайному блужданию гена в **Е-**пространстве. Если ввести функцию распределения **f(E,t)**, характеризующую плотность гомологичных генов в данном аллельном состоянии **E** в момент времени **t** , то в процессе случайных блужданий гена возникает диффузионный поток плотности аллельных состояний в **Е-**пространстве, пропорциональный градиенту данной плотности:

 , (3.1)

где **D** − коэффициент диффузии, а знак «минус» показывает, что диффузия идет в сторону уменьшения градиента плотности аллельных состояний.

Предсказать поведение каждого отдельного гена при этом, конечно, невозможно, но поведение системы в целом описывается уравнением диффузии. Здесь отчетливо видно преимущество рассмотрения популяции в **Е-**пространстве. Неравномерное распределение гомологичных генов в обычном координатном пространстве не влечет за собой никаких закономерных перемещений, в то время как градиент плотности гомологичных генов в **Е-**пространстве с необходимостью приводит к появлению диффузионного потока.

Кроме того, энергетическая модель гена с множественными аллелями допускает возможность «спонтанного» перехода гена в нижайшее энергетическое состояние. Это связано с тем, что под действием внешних факторов из ДНК будут выбиваться в первую очередь слабо связанные азотистые основания, в результате чего последние постепенно будут заменены основаниями, связанными с окружающими их соседями более стабильно, что приведет к понижению потенциальной энергии ДНК. Поэтому введем следующее предположение: образовавшаяся в процессе предбиологической эволюции наследственная молекула обладала избытком внутренней потенциальной энергии. Это означает, что если состояние наследственной молекулы в начальный момент времени отвечало неравновесной конфигурации, то в дальнейшем ее макроскопическое состояние будет изменяться до тех пор, пока молекула в конце концов не достигнет своей равновесной конфигурации. Иначе говоря, ряд последовательно проходимых наследственной молекулой аллельных состояний соответствует все более вероятному распределению внутренней энергии молекулы, то есть на ген в **Е-**пространстве будет действовать некая направленная сила **F,** стремящаяся привести его к минимуму потенциальной энергии. В этом случае к диффузионному потоку **q1** следует добавить поток **q2,** обусловленный силой **F**:

 , (3.2)

здесь коэффициент  имеет смысл средней скорости направленного движения гена в **Е-**пространстве под действием силы **F**.

Подставляя оба потока **q1** и **q2** в уравнение неразрывноcти, выражающее закон сохранения числа гомологичных генов в системе, получим кинетическое уравнение для функции распределения **f(E,t)**:

 **.** (3.3)

Нетрудно видеть, что данное уравнение совпадает о известным уравнением Фоккера**−**Планка, а рассматриваемый процесс напоминает случайное блуждание броуновских частиц в жидкости. В нашем случае медленному оседанию частиц под действием силы тяжести соответствует процесс стремления наследственной молекулы к минимуму своей потенциальной энергии. Таким образом, можно провести некоторую аналогию процесса биологической эволюции с броуновским движением, взвешенных в жидкой среде, частиц. Микроэволюция − это случайные диффузионные скачки гена по своим аллельным состояниям за относительно короткие промежутки времени. Макроэволюция − это относительно медленное, направленное движение гена в энергетическом пространстве в сторону уменьшения потенциальной энергии наследственной молекулы. Различные виды отбора можно рассматривать как внешние условия, изменяющие темп и направление диффузионного потока путем изменения численности особей в популяции.

Решение уравнения (3.3) описывает эволюцию во времени функции распределения генов по аллельным состояниям для популяции, число особей в которой постоянно, в то время как изменение численности популяции определяется естественным отбором. Учет взаимодействия исходной популяции со средой приведет к тому, что число особей в популяции будет изменяться, что влечет за собой нарушение закона сохранения числа частиц в системе. Поэтому уравнение (3.3) должно быть дополнено членом типа внешнего источника:

 .

Задавая конкретный вид источника **S(E,t)**, можно исследовать поведение функции распределения **f(E,t)** при различных внешних условиях. Решение уравнения (3.3) графически представлено на рис. 3.1:



Рис.3.1. График изменения функции распределения генов по аллельным состояниям со временем (t0 < t1 < t2 < t3).

Биологический смысл введенных здесь предположений и вытекающих из них следствий вполне ясен. Функция распределения **f(E,t)** характеризует генетическую конституцию популяций в каждый моментвремени, другими словами, она показывает, какова плотность гомологичных генов в каждом аллельном состоянии. Естественно, что данная функция имеет вид «колокола» (гауссовское распределение) (см. рис. 3.1). Расплывание «колокола» обусловлено случайной диффузией генов в **Е-**пространстве, то есть в изолированной популяции должна наблюдаться тенденция к равномерному распределению отдельных генов по всем возможным аллельным состояниям.

Сдвиг со временем «колокола» в сторону отрицательных энергий обусловлен стремлением наследственной молекулы к минимуму своей потенциальной энергии. Биологически это соответствует процессу направленной эволюции, что несколько противоречит общепринятой точке зрения, но тем не менее имеет множество экспериментальных подтверждений и ни в коей мере не противоречит принципу естественного отбора. Рассматриваемый процесс направленного изменения генетического состава популяции идет на фоне естественного отбора, и степень его проявления зависит от характера последнего.

По прошествии достаточно длительного времени в популяции должно наблюдаться еще одно интересное явление − скопление генов в нижайшем энергетическом состоянии. Биологические последствия подобного итога эволюции предсказать трудно, однако, по-видимому, такому финалу не в силах помешать даже естественный отбор.

 В рамках предложенной теории некоторые данные молекулярной геносистематики получают свое естественное объяснение. Уменьшение степени вариабельности ДНК соответствует конечным этапам эволюции − скоплению генов в нижайшем энергетическом состоянии, в то время как начальные этапы эволюции должны были идти с увеличением степени вариабельности ДНК.

 **3.2.2 Эволюционное уравнение**

 Уравнение (3.3) выведено путем качественных соображений. Ниже мы приведем кратко вывод этого уравнения из общих принципов неравновесной термодинамики, что позволит выяснить явный вид кинетических коэффициентов **D** и  , входящих в уравнение (3.3).

Рассмотрим следующую модель популяции: число особей в популяции **N** достаточно велико и постоянно; на популяцию не действуют никакие внешние факторы и она находится достаточно делительное время **t** при постоянной температуре **Т**; скорость размножения и гибели для всех особей одинакова; хромосомы каждой особи не претерпевают никаких структурных изменений.

Макроскопическое состояние совокупности гомологичных генов такой популяции может быть представлено точкой в **Е**-пространстве: декартовой координатой в котором служит энергия **Е** малой подсистемы - гена. Ген должен содержать достаточное количество частиц, чтобы к нему были применены методы статистической механики.

 Введем вероятность **f(Е)dЕ** того, что вcя система находилась в состоянии лежащем между **Е** и **E**-. Если принять гауссовское распределение для стационарной функции распределения **f(E)** то в качестве переменной, вместо энергии **E** , удобно выбрать ее флуктуацию **е** **=** **E**-, показывающую степень отклонения системы от равновесного состояния. В дальнейшем  выбирается за начало отсчета и полагается равным нулю. Далее, введем нестационарную функцию распределения **f(e,t**) и, связанную с ней, нестационарную плотность вероятности ****

. (3.4)

Для марковских (случайных) процессов нестационарная плотность ве- роятности удовлетворяет уравнению Чепмена-Колмогорова

 , (3.5)

которое в предположении медленности процесса, известными методами сводится к уравнению Фоккера-Планка

** ,** (3.6)

где

, (3.7)

. (3.8)

Используя соотношение (3.4) и уравнение (3.6), можно записать кинетическое уравнение для функции распределения

 , (3.9)

где - **Q** есть поток функции распределения

 . (3.10)

То еесть, мы получили уравнение неразрывности (3.3), решение которого описывает эволюцию во времени неравновесной функции распределения **f(e,t)**. Дальнейшая задача сводится к нахождению явного вида кинетических коэффициентов **а(е)** и **b(e)**.

Для определения коэффициента **a(е)** воспользуемся условием медленности процесса, введенного при получении уравнения (3.6); то есть предположим, что время релаксации для установления неполного равновесия при заданном значении **е** много меньше времени релаксации для установления полного равновесного состояния с **e=0**.

Тогда средние от макроскопических флуктуаций удовлетворяют линейному дифференциальному уравнению первого порядка

 , (3.11)

здесь **M** - константа. Средние определяются формулой

 . (3.12)

Решение уравнения (3.11) есть

 . (3.13)

Воспользовавшись условием нормирования **** на единицу,
представим (3.12) в виде

 (3.14)

и приравнивая (3.14) к (3.13), получим

. (3.15)

Далее, разложим экспоненту в левой части равенства (3.15) в ряд, разделим обе части равенства на **t** и устремим **t** к нулю; в итоге получим

. (3.16)

Сравнивая (3.16) с (3.7), легко видеть, что

**a(e) = - eM** . (3.17)

Феноменологический коэффициент **М** не зависит от времени и по своему смыслу совпадает с обратным временем ожидания спонтанной мутации **tm**

  . (3.18)

Величина **tm** определяется высотой потенциального барьера **E0** , отделяющего одно аллельное состояние гена от другого.

 , (3.19)

где **t0** - постоянная порядка 10-13 - 10-14 сек.

Для вычисления коэффициента **b(e)** используем граничное значение потока при . Очевидно, что конечное состояние системы соответствует равновесному распределению Максвелла-Больцмана

 ** , (**3.20)

а поток функции распределения (3.10) в этом состоянии равен нулю

 . (3.21)

Решая данное дифференциальное уравнение относительно **b(e)** находим:

. (3.22)

Подставляя найденные значения **a(e)** и **b(e)** общее выражение для потока (3.10), получим окончательный вид кинетического уравнения для функции распределения генов по своим аллельным состояниям

  , (3.23)

где 

 .

 Для решения уравнения (3.23) требуется задание граничных и начальных условий. Граничные условия должны задаваться на концах интервала изменения флуктуации **(0 ÷ e0)**, где **e0** - максимально возможная флуктуация. Очевидно, что ген, достигнув границы **е = о** не сможет проникнуть за эту границу (то есть, исчезнуть), поэтому поток функции распределения (3.10) в этой точке должен обратиться в ноль

. (3.24)

Это и есть первое граничное условие задачи (граничное условие 3-го рода).

На другой границе **e = e0** функция распределения нестационарна, поэтому второе граничное условие будет неоднородным

. (3.25)

Хорошо известно, что даже при произвольном начальном распре- делении диффундирующих частиц, в процессе случайных блужданий, они за достаточно длительное время распределятся по закону Гаусса. Поэтому естественно, в качестве начального распределения функции **f(e,t)** выбрать гауссовское распределение

. (3.26)

Данное распределение имеет максимум при **e=e1 (e1e0)** и быстро спадает с увеличением **e** симметрично в обе стороны ( - средний квадрат флуктуаций).

Найти точное решение уравнения (3.23) с сформулированными выше начальными и граничными условиями не представляется возможным, поэтому решим задачу приближенно в некоторых предельных случаях.

а) положим кинетические коэффициенты **D** и  постоянными, не зависящими от **е**

 **D = M (kT)2;  = M kT,** (3.27)

что соответствует ситуации, когда **e<kТ<****е0** . Тогда кинетическое уравнение (3.23) принимает вид

 . (3.28)

С помощью подстановки Смолуховcкого

 , (3.29)

уравнение (3.28) cводитcя к уравнению диффузии

  (3.30)

c первым граничным условием

 . (3.31)

Так как мы с самого начала предполагали, что рассматриваем процессы вдали от границы **e0 (ee0)** и при диффузии гены постоянно испытывают смещения со скоростью  к границе **е** ***=* 0**, то естественно вообще пренебречь влиянием границы **e0** и считать, что диффузия происходит на полуоси  .В этом случае второе граничное условие не требуется.

Сделаем приближение и в начальном условии: устремим к нулю, тогда гауссовское распределение можно заменить на  -функцию Дирака, в результате чего получим

 . (3.32)

Решение уравнения диффузии (3.30) на полуоси имеет вид

  , (3.33)

где **G(e,z,t-t0 )** - функция Грина уравнения (3.30) c граничным условием (3.31)

  (3.34)

В результате несложных преобразований получаем окончательный вид решения уравнения (3.28)

 (3.35)

здесь **Ф** - интеграл вероятностей.

Нетрудно видеть, что при **t=t0,** функция **f(e,t)** превращается в -функцию, а при  - в функцию Максвелла-Больцмана. При промежуточных значениях **t** функция распределения имеет вид гауссовcкого "колокола", который со временем "расплывается" и одновременно смещается в сторону границы **e=0**. Графическое представление полученного решения показано на рис. 3.1.

б) исследуем противоположный случай, когда **е** **>** **kТ**. Произведя замену

 **e1/2 = x; 2e1/2f = g; Mt = y** , (3.36)

получим приближенное уравнение

. (3.37)

Функция Грина для (3.37) имеет вид

. (3.38)

Подставляя (3.38) в общее решение (3.33), с учетом (3.36) получим выражение для функции распределения

. (3.39)

Нетрудно видеть, что при , функция распределения (3.39) стремится к - функции Дирака

 .

При **,** функция распределения

 

несколько отличается от распределения Максвелла-Больцмана, однако при промежуточных значениях **t** поведение решения (3.39) совпадает с полученным ранее решением (3.35).

Решения (3.35) и (3.39) описывают эволюцию во времени функции распределения генов по аллельным состояниям для популяции число особей в которой постоянно, в то время как изменение численности популяции определяется одним из важнейших факторов эволюции - естественным отбором. Очевидно, что описать единой формулой все многообразие естественного отбора не представляется возможным, поэтому ниже мы попытаемся дать физическую формулировку хотя бы некоторым его проявлениям.

Отбор может происходить как внутри популяции, так и в результате конкурентных взаимоотношений между различными популяциями.

Естественный отбор внутри популяции определяется жизнеспособностью вновь возникших мутаций в условиях определенной внешней среды. Очевидно, что внешняя среда отбирая наиболее приспособленные мутанты, никак не влияет на энергетическое состояние гена. Если же предположить, что каждое аллельное состояние гена вырождено, то есть одному и тому же энергетическому состоянию соответствуют несколько возможных конфигураций наследственной молекулы, то в этом случае естественный отбор внутри популяции будет соответствовать диффузии гена не на оси **Е** , а в плоскости **(Е,** **Еn)** .

При выводе уравнения (3.23) мы предполагали, что число особей в популяции постоянно. Учет взаимодействия исходной популяции со средой приведет к тому, что число особей в популяции будет изменяться, т.е. это влечет за собой нарушение закона сохранения числа частиц в системе, поэтому уравнение (3.23) должно быть дополнено членом типа внешнего источника

. (3.40)

Задавая конкретный вид источника **S(e,t)** можно исследовать поведение функции распределения **f(e,t)** при различных внешних условиях. Ситуации, рассмотренной выше, будет соответствовать следующий вид внешнего источника

 . (3.41)

Решение уравнения (3.40) может быть записано в общем виде

. (3.42)

Первое слагаемое в первой части (3.42) дает решение уравнения (3.23) без внешнего источника, а второе слагаемое в (3.42) описывает внешнее воздействие. Подставляя **S(е)** из (3.41) во второе слагаемое общего решения (3.42) и используя функцию Грина (3.38), после необходимых вычислений, получим добавку к решению (3.39), обусловленную внешним источником

. (3.43)

Нетрудно видеть, что добавка отрицательна и пропорциональна **t** ,то есть со временем гены будут исчезать из популяции.

Достаточно простой вид функции распределения (3.39) позволяет формально вычислить величину

 , (3.44)

носящую название энтропия. Здесь **Δe -** элементарный объем фазового пространства, в нашем случае совпадающий с расстоянием между энергетическими уровнями аллелей.

Хорошо известно, что энтропия есть величина, характеризующая средние свойства системы за некоторый, отличный от нуля, промежуток времени, поэтому формулу (3.44) следует понимать, как дискретную во времени последовательность равновесных энтропий множества квазиравновесных состояний.

Непосредственная подстановка функции распределения (3.39) в формулу (3.44) дает логарифмическую расходимость, так как при  распределение (3.39) стремится к **δ** - функции. Чтобы избежать указанной расходимости, заменим распределение (3.39) на следующее

 , (3.45)

где 

которое при  стремится к гауссовскому распределению. Проводя необходимое интегрирование в формуле (3.44) с функцией (3.45), получим в

  , (3.46)

где  - обобщенная функция вероятности

 .

Не трудно видеть, что при больших значениях **Δе** энтропия монотонно уменьшается со временем. В этом нет противоречия c законами термодинамики, так как вычисленная величина **H**  относится к совокупности наследственных молекул взаимодействующих со средой и, естественно, полученное уменьшение энтропии происходит за счет увеличения энтропии окружающей среды.

Следует отметить, что решение (3.35) в определенные моменты времени допускает двугорбое распределение функции **f(e,t)**, что можно сопоставить аналогичному распределению частоты встречаемости нуклеотидного состава ДНК для актиномицетов. Бимодальное распределение ДНК по АТ и ГЦ-типу имеет, по-видимому, иную причину: конечная конфигурация молекулы ДНК допускает два стабильных энергетических состояния - одно соответствует ДНК АТ-типа, другое- ДНК ГЦ-типа. Экспериментально установлено, что зависимость температуры плавления ДНК от содержания в ней ГЦ-пар строго линейна. Поэтому, хотя эволюция ДНК идет в сторону уменьшения ее потенциальной энергии, но на этом пути у наследственной молекулы есть две возможности - эволюционировать по пути ДНК АТ-типа или эволюционировать по пути ДНК ГЦ-типа.

 **Глава 4. Эволюция Вселенной**

 **4.1 Достижения современной космологии**

 **4.1.1 Историческая справка**

 Как известно, в 1916 году Эйнштейн, стремясь создать релятивистскую теорию гравитации, нашел аналог классического уравнения Пуассона для гравитационного потенциала φ:

 $∆$ **φ = 4πG𝛒**

Таким аналогом оказалась система из десяти нелинейных уравнений тензорного типа:

 $R\_{ik}- \frac{1}{2}g\_{ik}T=ϰT\_{ik}$ (4.1)

 Эйнштейн попытался использовать уравнения (4.1), как математическую модель стационарной, замкнутой Вселенной. Однако модель, вопреки его желанию, оказалась неустойчивой: гравитирующая материя приводила к катастрофическому сжатию Вселенной. Чтобы получить «желаемую» стационарность Вселенной, он ввел в уравнения (4.1), так называемый, **ᴧ**- член (математически это было корректно и даже необходимо):

$R\_{ik}- \frac{1}{2}g\_{ik}T+ᴧg\_{ik}=ϰ T\_{ik}$ (4.2)

 Эйнштейн интерпретировал **ᴧ**-член как некий «новый эфир», с непривычным для классической физики свойством отрицательного давления, компенсирующим гравитационное сжатие.

 Однако вскоре, в 1922 году, Фридман математически строго доказал, что исходная модель Эйнштейна (4.1) действительно нестационарна, но Вселенная должна не «сжиматься», а «расширяться», даже без  **ᴧ**-члена , что и было подтверждено астрономическими наблюдениями Хабблом в 1929 году. В дальнейшем, большую популярность приобрела концепция «Большого Взрыва» Вселенной при ее рождении. На некоторое время наступила определенная «ясность» почему, чем дальше от нас расположены другие галактики, тем больше скорость их удаления от наблюдателя (закон Хаббла).

 Эйнштейн признал правильность модели Фридмана, отказался от **ᴧ**-члена в уравнениях (4.2), и о «новом эфире» надолго забыли, пока не обнаружили в астрономических наблюдениях (1998 г.), что наша Вселенная, через 5 млрд. лет после момента «Большого Взрыва», стала опять ускоренно «расширяться». Началось интенсивное изучение (теоретически и наблюдательно) свойств «нового эфира» (названного вакуумным (скалярным) полем), описываемым, ставшим знаменитым,  **ᴧ-**членом в уравнениях (4.2). Сейчас общепризнано, что без вакуумного поля нашей Вселенной вообще бы не существовало.

 Естественно ожидать, что понятие вакуумного поля должно быть одним из центральных понятий космологии, а возможно – и биологии, поэтому следует детально проанализировать данное понятие.

 **4.1.2 Основные этапы эволюции Вселенной**

 В настоящее время космологическое описание основных этапов эволюции Вселенной представляется следующим образом:

 1 этап – «сверхбыстрая» (во много раз быстрее скорости света) инфляция вакуума и пространства (модель Линде).

 2 этап – окончание «Взрыва», «быстрый» разогрев пространства, рождение частиц и физических полей с их «разлетанием» уже по инерции (закон Хаббла).

1. этап – начало «новой» (второй) инфляции видимой Вселенной и «появление» невидимой темной энергии и темной материи.

 Сейчас ведется обширная дискуссия по множеству нерешенных проблем космологии. Мы хотим обратить внимание на некоторые из них.

 **1) когда появилось пространство?**

 При рассмотрении первого этапа эволюции Вселенной, возникает принципиальный вопрос о моменте появления физического пространства.

 Если предположить, что пространство (физическое) изначально уже существовало, тогда не ясно, как могло происходить его движение во время инфляции со скоростью большей, чем скорость света?

 Или надо принять факт появления пространства только между первым и вторым этапами эволюции Вселенной в момент окончания «Большого Взрыва»?

 Если допустить второе предположение, на наш взгляд более логичное, то картина эволюции Вселенной выглядит так:

 - на первом этапе эволюции еще не было ни материи, ни физического пространства. Был только уникальный, «кипящий» вакуум в планковской области (возможно, с таким же уникальным «не физическим» пространством). Вакуум «взорвался», «сверхбыстро» (инфляционно) расширился (так как не было физического ограничения на скорость «движения») и прекратил свое «сверхбыстрое» расширение из-за внезапного рождения («выщепления», «редукции») физического пространства.

 - на втором этапе эволюции, появившееся физическое пространство с необходимостью накладывает ограничение на скорость расширения (до скорости меньшей, чем скорость света), что привело к резкому торможению движения пространства, поэтому выделилось огромное количество тепловой энергия вакуума, в результате чего пространство «разогрелось», создав условия для рождения физических полей и частиц. Естественно, при этом движение свободных частиц стало равномерным, но с разными скоростями в разных частях Вселенной. То есть, описание второго этапа эволюции Вселенной вполне может быть осуществлено на базе основных понятий физики (что и сделал Гамов в рамках фридмановской модели в 1948 г.).

 - на третьем (современном) этапе эволюции Вселенной, с появлением «новой» инфляции, с необходимостью требуется ввести в список основных понятий космологии понятие «нового» вакуума. Здесь возникают очень серьезные и трудные вопросы о природе этого вакуума, а также о природе темной энергии и темной материи (чем и занимается космология в настоящее время).

 По-видимому, несмотря на впечатляющие успехи современной космологии, ей, так же как и биологии, требуется внимательно отнестись к построению своих базовых понятий, причем отдельно для каждого этапа эволюции.

 **2) физический вакуум**

 Хорошо известно, что природа физического вакуума принципиально различна в различных ситуациях. Это строго доказано в физике элементарных частиц:

 - исходный физический вакуум (с огромной плотностью энергии и отрицательным давлением) часто описывают, так называемой, пространственной группой Ли максимально возможной симметрии. Существует надежда на прогресс в данной области благодаря зарождающейся суперструнной теории со «своей» понятийной базой, отличной от традиционной физической.

 - в процессе эволюции Вселенной, исходный физический вакуум спонтанно «расщеплялся» на вакуумы меньшей симметрии и энергии, с помощью которых формировались известные сейчас физические поля и частицы. В итоге, разные вакуумные поля «компактифицировались» внутри соответствующих элементарных частиц, из которых в дальнейшем и строилась физическая материя. Данные вакуумы, «сконструированные» на основе «своих» специфических понятий физики элементарных частиц, в настоящее время хорошо изучены.

 - неожиданным и непонятным для современной космологии оказался тот факт, что плотность энергии вакуума в космических масштабах на втором этапе эволюции оказалась равной нулю (проблема равенства нулю **ᴧ**-члена в уравнениях Эйнштейна). Существует большое количество теорий пытающихся решить данную проблему.

 Первый этап эволюции Вселенной был впервые исследован де Ситтером (1917г.) в рамках модели Эйнштейна (4.2), в предположении, что во Вселенной нет ни материи, ни физических полей, ничего кроме «нового эфира». Де Ситтер получил решение, предельно упрощенных уравнений Эйнштейна, в виде экспоненциально расширяющегося пространства.

 В настоящее время, в связи с возросшей ролью проблемы вакуума, интерес к модели де Ситтера также сильно возрос. Однако заметим, что де Ситтер рассматривал «расширение» пространства, которого с нашей точки зрения, на первом этапе эволюции Вселенной еще не существовало.

 Второй этап Эволюции Вселенной хорошо описывается моделью Фридмана**.** Реалистичное предположение Фридмана об однородности и изотропности физического пространства, позволило ему существенно упростить систему нелинейных уравнений Эйнштейна (4.2) без потери их физического содержания.

 Решения данной модели, полученные Фридманым, прочно вошли в фундамент современной теории нестационарной Вселенной [7].

 Третий этап эволюции Вселенной с необходимостью требует учитывать роль «нового» вакуума. В настоящее время ведутся интенсивные исследования в данном направлении, но, к сожалению, космология пока не располагает достаточной информацией ни о «новом» вакууме, ни о темной энергии, ни о темной материи.

 Нас же интересует, в первую очередь, вопрос, надо ли учитывать вакуум в моделях биологического «движения» и, если – да, то какой биологический смысл заложен в этом понятии?

 **4.2 Нерешенные вопросы теории Вселенной**

 К современному сценарию рождения и эволюции Вселенной применяют разные названия: «инфляционная Вселенная», «раздувающаяся Вселенная», «многоликая Вселенная» [8].

 Сперва приведем некоторые данные: возраст Вселенной, согласно последним наблюдениям, примерно 13,7 миллиарда лет. Средняя плотность вещества, примерно 10–29 г/см3. Вес наблюдаемой части Вселенной , больше 1050 тонн. Момент, начиная с которого впервые мы можем Вселенную рассматривать в терминах нормального пространства-времени, называется планковским временем (tp ~ 10–43 с). Сейчас Вселенная экспоненциально расширяется, то есть это ускоренное расширение (открытие последних лет). Плотность энергии в пустоте (в вакууме) очень маленькая: она такого же порядка, как плотность энергии вещества во Вселенной, 10–29 г/см3. Есть еще темная энергия и темная материя.

 Полный бюджет энергии и материи во Вселенной представлен так: 74% примерно составляет темная энергия. Что это такое, никто не знает. Либо это энергия вакуума, либо это энергия медленно меняющегося однородно распределенного специального скалярного поля . Темная материя (примерно 22% всего бюджета) , что-то такое, чего мы не видим, но косвенно фиксируем. И примерно 4% , это «нормальная» материя, которую мы видим.

 Вот как описывает инфляционный сценарий один из его создателей, А.Д.Линде: *«Инфляция — это часть траектории, которая существовала как бы до "Большого взрыва". Это время, когда Вселенная расширялась после рождения, экспоненциально и с ускорением, благодаря скалярному полю.*

 *Что такое скалярное поле? Мы знаем, например, электромагнитное поле. У него имеется величина и направление. У скалярного поля имеется только величина, а направления нет. То есть оно гораздо проще, чем электромагнитное поле. Выглядит как вакуум, если оно не движется, если оно постоянно. Но только это специальный вакуум, потому что у него может быть потенциальная энергия. Это первое свойство его. И, во-вторых, если в разных частях Вселенной разный вакуум, то там также разный вес элементарных частиц, разные их свойства, поэтому от того, есть или нет это скалярное поле, а) зависят свойства элементарных частиц и б) зависит плотность энергии вакуума во Вселенной. В инфляционном сценарии потенциальная энергия этого скалярного поля пропорциональна его квадрату. Энергия очень большая, коэффициент расширения (Хаббловская постоянная) большой, коэффициент трения большой. Если коэффициент трения большой, скалярное поле уменьшается очень медленно. Если скалярное поле уменьшается очень медленно, то в течение большого времени оно остается почти постоянным. И в таком случае Вселенная начинает расширяться экспоненциально.*

 *Далее возникают квантовые флуктуации, которые порождают галактики. Вселенная за счет этих квантовых флуктуаций порождает не только галактики, но большие части самой себя, то есть порождает себя. И она становится бесконечной и самовоспроизводящейся Вселенной.*

 *Но помимо всего этого возникает еще один эффект. Может быть много скалярных полей. У них может быть много разных минимумов потенциальной энергии. И после этого, в зависимости от того, куда мы попали, Вселенная может разделиться на экспоненциально большие области, каждая из которых по всем своим свойствам выглядит , локально , как самостоятельная Вселенная. Каждая из них имеет огромные размеры. Если мы в ней живем, мы не будем знать, что другие части Вселенной существуют. А законы физики, эффективно, везде будут разные. То есть, в действительности, закон физики он один и тот же может быть, имеется одна и та же теория - это так же, как вода, которая может быть жидкой, газообразной, твердой. Но рыба может жить только в жидкой воде. Мы можем жить только в «нашем» минимуме. Поэтому мы там и живем. Не потому, что других частей Вселенной нет, а потому, что мы можем жить только здесь. Так возникает картина, которая и называется «многоликая Вселенная».*

 *Все это можно сказать другим языком. Мы знаем, что наши свойства определяются генетическим кодом — кодом, который нам достался в наследство от наших родителей. Мы знаем также, что существуют мутации. Так вот, во время расширения Вселенной тоже были мутации. Вселенная, даже если с самого начала она находилась в одном минимуме, то после она начинает прыгать из одного минимума в другой и разбивается на разные типы Вселенной. И вот этот механизм квантовых флуктуаций, которые перебрасывают Вселенную из одного состояния в другое — можно назвать механизмом космических мутаций.*

 *Многие вопросы, которые инфляция пыталась решать, их никто и не считал серьезными долгое время. Сейчас, когда мы говорим про эту «мульти-*

*Вселенную», откуда мы знаем, что эта картина имеет смысл, помимо того, что она естественно возникает в теориях такого типа: в теории струн, в теории инфляции. Есть ли экспериментальное свидетельство? А посмотрите: масса электрона в 2000 раз меньше, чем масса протона. Почему? Масса протона в 100 раз меньше, чем масса дабл-ю-бозона (w-бозона). Почему это так? Масса протона и масса нейтрона примерно одинаковы, не дай Бог нарушить этот баланс. Если мы изменим массу электрона в 2 раза, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим заряд электрона в 2 раза, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим энергию вакуума в 100 раз, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим, рассогласуем соотношение между массой протона и массой нейтрона чуть-чуть, жизнь нашего типа станет невозможной.*

 *Выглядит так, что наша Вселенная специально сделана для нас — и это называется антропным принципом. И ни один уважающий себя физик никогда в течение долгого времени не рассматривал такие вопросы всерьез. Я знал одного человека, который в Советском Союзе занимался антропным принципом - это Иосиф Леонидович Розенталь. И ходил я на его доклады так, из вежливости, и слушал, что он такое говорит, и понимал, что это нелепо. А потом, когда инфляционный сценарий возник, выяснилось, что можно так говорить. Потому что никто нам не дал много вселенных, Вселенная нам дана одна, и всё.*

 *Выяснилось, что инфляционная космология дает возможность создать много разных типов Вселенной. И тогда в одной из них электроны, может быть, тяжелее, и электромагнитная константа связи, может быть, тяжелее. Так вот, оказывается, возможно обсуждать вопрос о том, в какой Вселенной мы живем: мы живем в той Вселенной, где мы можем жить, а их 101000 типов, и в одной из них существуют электроны такие как нужно, протоны такие как нужно. То есть для того, чтобы мы могли задавать эти вопросы, для того чтобы нам не говорить, что кто-то специально сделал Вселенную, которая создана для нашего удобства. Для того чтобы избежать такого ответа на этот вопрос, мы должны сказать, что у нас было много возможностей выбора. И вот эта Вселенная, этот вариант теории, в котором есть много возможностей, он позволяет ответить на вопросы такого типа. Есть экспериментальное свидетельство — космологическая постоянная ( энергия вакуума) ничтожно мала. Единственный способ, который мы сейчас знаем, объяснить это — предположить, что теория многоликой Вселенной справедлива. Естественно возникает вопрос о каком-то Космическом сознании. Когда такой вопрос о сознании вылезает на первый план, он обычно практикующими физиками отодвигается в сторону, и большая часть нормальных физиков не считает, что этот вопрос главный. С другой стороны, когда вы занимаетесь квантовой космологией, очень трудно от этого вопроса отделаться. И тогда вопрос ставится так: что, сознание является просто функцией материи, отражением материи, или оно является условием существования всего мира или что-нибудь еще? И вопросы эти даже на простом уровне достаточно нетривиальны. Я в свое время написал что-то на этот счет в последней главе моей книжки, которая была издана в Советском Союзе, и когда я это дело написал, редактор на меня посмотрела и сказала: «Знаете что, я вам рекомендую: выбросьте вы это отсюда, потому что ваши коллеги перестанут вас уважать». Я сказал: «Но если я это выброшу, то я себя перестану уважать, а это для меня важнее». И я там оставил. Но, по счастью, никто не доходит до десятой главы, поэтому с уважением всё нормально. Но фактически это очень важная вещь, насчет сознания, насчет жизни. Мы изучаем Вселенную как модель для чего-то гораздо более важного. Мы хотим изучить себя, а мы изучаем наш дом. Когда мы начинаем говорить о сознании — это место, когда лучше кончить...».*

 Я должен признаться, что именно данная глава в книге А.Д.Линде [8] подтолкнула меня к более глубокому изучению проблемы сознания в космических масштабах (хотя идея эта посетила меня уже давно [9,10]). Поэтому ниже, не переживая, "что скажет Мари-ванна", я представлю свое видение данной проблемы.

Равенство нулю плотности энергии вакуума в космосе в настоящее время подтверждается прямыми наблюдениями видимой части Вселенной. Отсюда следует равенство нулю космологической постоянной  **ᴧ** в уравнениях Эйнштейна. В то же время, физика элементарных частиц требует, чтобы плотность энергии вакуума имела достаточно большую величину (**≈1025 г/см3**). Считается, что данное противоречие теории и эксперимента является самым острым кризисом в современной физике. Приходится допускать, что эффективное значение плотности энергии вакуума состоит из двух одинаковых по абсолютной величине, но противоположных по знаку, значении **.** Это можно понимать, как указание на существование некоего дополнительного «второго» вакуума, компенсирующего влияние "первого" физического вакуума в космических масштабах. Заметим, что даже слабое отклонение эффективного значения плотности энергии вакуума в нашей области Вселенной от нуля исключило бы всякую возможность возникновения Мира, пригодного для жизни.

В настоящее время в теориях со спонтанным нарушением симметрии предпринимаются многочисленные попытки решить указанную выше проблему энергии вакуума. Например, предполагается, что существует, так называемый, "теневой мир", взаимодействующий с реальным миром только через посредство гравитационных сил. В результате оба мира, существуя параллельно («параллельные миры»), практически не чувствуют друг друга. Теневой мир может быть идентичным двойником по отношению к наблюдаемому миру, поэтому возникает надежда на взаимную компенсацию соответствующих вакуумных энергий. Однако, детальные расчеты показывают, что в таком варианте "теневого мира" проблема равенства нулю плотности анергии вакуума не решается. Линде предложил рассматривать "теневой мир" с, так называемой, антиподной симметрией, так что она связывает между собой состояния с противоположным знаком энергии. Здесь также существует некое глобальное взаимодействие Вселенных: каждая Вселенная дает не зависящий от времени вклад в усредненную плотность энергии вакуума другой Вселенной, причем усреднение проводится по всей истории Вселенной. В этом варианте параллельных миров существует ряд моделей, в рамках которых аффективная космологическая постоянная может обращаться в ноль.

Привлечение в космологию идей типа «параллельных миров» или типа «антропного принципа» показывает, что уже настал момент, когда глобальные физические Теории Всего Сущего необходимо рассматривать совместно с элементами биологического знания.

Предполагать, что наша уникальная Вселенная возникла случайно, как один из, огромного числа, вариант, так же наивно, как предполагать, что жизнь на Земле возникла в результате случайного сочетания атомов и молекул. Уже давно замечено, что почему-то счастливая случайность стала преследовать нашу Вселенную с самого начала ее рождения. В процессе фазовых превращений вакуума наша Вселенная удивительно точно попадала в нужный (для возникновения жизни) минимум потенциальной энергии, удивительно точно и своевременно проходили все этапы рождения требуемых (для возникновения жизни) полей и частиц, с невероятной точностью проходил нуклеосинтез главных биологических атомов углерода и кислорода. В этой связи Ф.Хойл считает, что совпадение в синтезе углерод-кислород столь удивительно, что кажется «нарочно подстроенным»: «здравая интерпретация фактов дает возможность предположить, что в физике, а также химии и биологии экспериментировал «сверхинтеллект» и что в природе нет слепых сил, заслуживающих внимания». Подобное же удивление вызывают и случайные совпадения фундаментальных физических констант нашей Вселенной. По этому поводу И.Д.Новиков пишет [9] : *"Все это выглядит так, как будто природа специально "подгоняла" значения констант такими, чтобы могли появиться сложные структуры во Вселенной и, в частности, могла появиться жизнь. При этом природе "приходится" устраивать иногда значительные флуктуации от типичных значений констант, устраивать весьма "тонкую настройку" законов физики".*

 **Глава 5 Возврат к истокам**

 **5.1 Наука Древней Греции**

 У истоков наших научных знаний стояли ученые Древней Греции. Наряду с логикой, этикой, физикой и математикой, важное место в занятиях древних мыслителей занимало учение о душе.

 Дошедшие до нас документы, свидетельствуют о выдающимся родоначальнике греческой науки Пифагоре (576 -500 гг. до н.э.), основателе знаменитой "пифагорийской школы". Пифагор впервые ввел термины "математа" (знание, наука), космос и др. Большое внимание в "пифагорийской школе" придавалось теории чисел (с мистическим уклоном). Особый интерес Пифагор придавал понятию "душа". Считалось, что цель жизни человека - освободить душу от власти тела и не дать ей вернуться опять в какое-либо тело. Возможно, что мистические начала философии Пифагора обусловлены его обучению в ранних годах у жрецов Египта. Кстати, не только ученые и философы Европы считали корнями своих знаний науку Древнего Египта, но и представители искусства также безоговорочно называли египетских художников и скульпторов своими учителями.

 Огромный след в становлении греческой науки оставил Сократ (469 - 399 гг. до н.э.). Сократ считается основателем иронического диалога, с помощью которого собеседник Сократа, неожиданно для себя, убеждался в самостоятельном решении сложной проблемы. Хотя Сократ принципиально не записывал свои размышления, тем не менее школа его учеников была не менее знаменита, чем "пифагорийская школа".

 Одним из талантлевых учеников Сократа был Платон (427 - 347 гг. до н.э.), чьи труды почти полностью дошли до наших дней. Ранние его работы публиковались в виде бесед с Сократом. У Платона душа представлялась метафорически в виде колесницы с конями-антогонистами, символизирующими двойственность души. Мир живых существ Платон изображал в виде теней на стенах пещеры, свет в конце которой символизировал "божественное знание".

 Учеником Платона был Аристотель (384 -322 гг. до н.э.). Аристотель был убежден, что ничто в природе не совершается «понапрасну», без цели. У Аристотеля цель выражается в стремлении косной материи к осуществлению в какой-либо форме. Цель является побудительной силой всякого движения (развития). Цель может быть внешней и внутренней. В живой природе действуют внутренние цели (энтелехия).

 Эти идеи Аристотеля развил позднее Лейбниц (1646 - 1716 гг.), который ввел понятие монады - особой духовной сущности всех природных тел. Монады образуют непрерывный и восходящий ряд (по степени совершенства) и постоянно самосовершенствуются. С древних времен эта наука называется телеологией. В дальнейшем духовные начала получили название «жизненной силы» и ушли в область псевдонауки.

Хотя все древнегреческие мыслители придавали большое значение математике, но реальное развитие данной науки началось с работ Евклида (365 - 300 гг. до н.э.) и Архимеда (287 - 212 гг. до н.э.).

За сравнительно небольшой отрезок времени (250 лет) Древняя Греция дала миру плеяду гениальных ученых, определивших все дальнейшее развитие европейской цивилизации. В этой связи, Ньютон (1642 - 1727 гг.) писал: "я видел дальше других, только потому, что стоял на плечах гигантов". Удивительно, что все эти гиганты мысли, включая Ньютона и Лейбница, были глубоко религиозными людьми, верившими в существование души и сверхестественную силу, управляющую нашим Миром.

Но удивляться надо не мистическим воззрениям древних мыслителей, у которых видимо были на то объективные причины, а полному игнорированию современными учеными духовной составляющей науки о живой материи.

Успехи материалистической физики бесспорны, но если мы хотим построить теорию живой материи - теоретическую биологию - то, видимо, с необходимостью придется опять обратиться к учению древних, а именно - к учению о душе. И необязательно это называть религией, так как современные знания о Мире допускают введение понятий, позволяющих придать древним метафорам новое, научное содержание. Мы не будем маникально настаивать на окончательной истинности наших предположений, представленных ниже, но сделать первый шаг в этом направлении все же необходимо.

 Как мы уже отмечали (в разделе 2.4), уравнения «движения» "материальной точки" биологии (генома) в ньютоновском приближении по форме совпадают с уравнениями общей теории относительности, которые служат основой построения моделей эволюции нашей Вселенной. Другими словами, по нашему представлению, живая клетка (организм, популяция и т.д.) является неким прообразом Вселенной. В этой связи, ставя своей целью построение основ теоретической биологии, следует внимательно проанализировать главные проблемы и достижения современной космологии, чтобы выявить дополнительные возможности использования накопленного опыта физической науки.

 **5.2 Модель «движения» с учетом «вакуума»**

 Мы будем основываться на предположении, что в самом начале рождения нашей Вселенной исходный («материнский») вакуум **ᴧ** «расщепился» на две «антиподные» (по терминологии Линде) компоненты: физическую $λ\_{1}$ и биологическую $λ\_{2}$, так что в сумме плотность энергии космического вакуума стала равной нулю ($ᴧ=$ $λ\_{1}$-$ λ\_{2} =0$). Следствием данного предположения является утверждение, что биологический «вакуум» ($λ\_{2}$) ответственен за формирование живой материи. По определению, этот биологический «вакуум» должен обладать свойствами «антиподными» свойствам физического вакуума, то есть действовать разнонаправлено со вторым началом термодинамики. Не исключено, что данный «вакуум», так же как и его «антипод» – физический вакуум, мог спонтанно «расщепляться» в процессе эволюции, формируя все многообразие нынешнего биологического мира.

 Возможно именно «антиподность» биологического вакуума и определяет специфику живой материи, принципиально отличающейся от физической (мертвой) материи. Естественно, должны были формироваться и соответствующие биологические поля, о которых уже давно «грезят» биологи.

1. Уравнения Фридмана по форме (!) совпадают с уравнениями, использованными нами в разделе 2.4. Естественно, в биологическую модель вложено совершенно другое содержание, хотя мы не меняли даже буквенные символы, имеющие другое, чем в физике, значение: 𝛒 - плотность информационного содержания генома, 𝛂 - относительная скорость роста, 𝛄 - коэффициент взаимодействия между геномами. Сделано это специально, чтобы проследить аналогию с физической моделью Фридмана. Имеется в виду хорошо известная, сыгравшая огромную эвристическую роль в физике, электро-механическая аналогия.

 Рассмотрим биологическую модель «движения» из раздела 2.4 и дополним ее $λ\_{2}$ – членом, отвечающим за биологический «вакуум»:

  (5.1)

  + $γ\_{2}$ $λ\_{2}$(5.2)

Дополнительное слагаемое (третье) в правой части уравнения (5.2) кроме плотности энергии биологического «вакуума» $λ\_{2}$, содержит также коэффициент $γ\_{2}$(аналог гравитационной постоянной),существенно отличающийся от коэффициента 𝛄 в предшествующем (втором) слагаемом. Дело в том, что введенное нами дополнительное слагаемое - «космологического» происхождения и значения параметров в этом слагаемом надо брать из астрономических наблюдений. Более того, в отличие от $ᴧ$**-**члена, представленного в модели Фридмана как кривизна пространства, в нашей модели $λ\_{2}$–член – это плотность энергии «вакуума». Значения 𝛂, 𝛄 и 𝛒 берутся из биологического эксперимента.

Для дальнейшего анализа модели, удобно представить два дифференциальных уравнения первого порядка (5.1) и (5.2) в виде одного дифференциального уравнения второго порядка:

$\frac{d^{2}ρ}{dt^{2}}$ **- 3**$α^{2}$**𝛒 + 3𝛂**$\frac{dρ}{dt}$ **- 4π𝛄**$ρ^{2}+3 λ\_{2}γ\_{2}ρ $ **= 0** (5.3)

1. Проведем качественный анализ полученной модели (5.3) опираясь на опыт решения подобных уравнений в физике. При этом будем постоянно помнить, что здесь речь идет о «движении» плотности «информационного содержания» генома (коротко - плотность информации). Не трудно заметить, что уравнение (5.3) имеет вид, также хорошо известный в математике [10]. Возможны следующие решения данного уравнения:

а) если оставить в уравнении (5.3) только второе и третье слагаемые, то получим уравнение свободных колебаний осциллятора с отталкивающей силой:

$\frac{d^{2}ρ}{dt^{2}}$**-3**$α^{2}$**𝛒+3𝛂**$\frac{dρ}{dt}$**=0**  (5.4) Оно имеет экспоненциальное решение, естественно – неустойчивое (особая точка типа «седла»), что и следовало ожидать для биологического экспоненциального «движения»;

 б) добавление к уравнению (5.4) нелинейного слагаемого (-**4π𝛄**$ρ^{2})$приводит к "труднорешаемому"уравнению:

$\frac{d^{2}ρ}{dt^{2}}$ **- 3**$α^{2}$**𝛒 + 3𝛂**$\frac{dρ}{dt}$ **- 4π𝛄**$ρ^{2}=0$ (5.5)

 Однако, в некоторых частных случаях, удается получить решение данного уравнения в виде функции Вейершрасса, имеющей фрактальный характер.

 Известно, что фрактальность (самоподобие) означает, что каждая точка данной функции повторяет всю функцию. В нашем случае речь идет о "плотности информации", поэтому ее фрактальность имеет далеко идущие выводы.

в) если учесть последнее слагаемое в уравнении (5.3), то не трудно видеть, что оно имеет ту же структуру, что и второе, потому их можно объединить в одно:

$\frac{d^{2}ρ}{ dt^{2}}+ 3($**-** $α^{2}$ **+**$ λ\_{2}γ\_{2})ρ$ **=0** (5.6)

Это уравнение обычного осциллятора, но с «частотой»:

 $ω^{2}= 3($**-** $α^{2}$ **+** $λ\_{2}γ\_{2})$**,** (5.7)

которая, в зависимости от величины слагаемых в скобках может быть: - положительной, тогда "плотность информации" будет "пульсировать" (с учетом фрактального эффекта), или

- отрицательной, тогда «движение» будет экспоненциальным.

 г) наконец, учитывая, что речь идет о "плотности информации", имеет смысл рассмотреть предельный случай уравнения (5.3) (есть только некая "плотность информации"). Тогда остается уравнение:

 $ \frac{d^{2}ρ}{dt^{2}}$ **= 0.** (5.8)

Егорешение:

 𝛒 **= *t* *· const*.** (5.9)

Если бы мы решали задачу движения материального объекта, или физического вакуума, или пространства, то данное решение вряд ли имело какой-то смысл. Но равенство между временем и "плотностью информации", заставляет «слегка» задуматься.

 **5.3 Биологический смысл «вакуума»**

 В данном, заключительном разделе нашего исследования, мы вынуждены отойти от традиционного, научного стиля изложения и привлечь на помощь, даже не гипотезы, а что-то больше похожее на фантастику. Время покажет, насколько эта фантастика близка к истине.

 Если назвать биологический «вакуум» хорошо известным, кратким и емким словом «дух», то сразу возникнет подозрение о внесении в науку религиозной компоненты. К сожалению, до сих пор наука и религия рассматриваются как антиподы, продолжая бессмысленный спор о том, есть ли Бог, или нет. Здесь же речь идет о «духе», как о некотором «вакууме», со свойствами «антиподными» физическому вакууму. Многие «серьезные» ученые верят в существование «духа» и предпринимаются многочисленные попытки его экспериментального обнаружения. Но, пока такой эксперимент не состоялся, придется отказаться от «научного» обоснования своих гипотез.

 1) Для наглядности воспользуемся следующей схемой эволюции вакуума в нашей Вселенной:

 «материнский» биологический «вакуум»$ λ\_{2}$

Большой вакуум

Взрыв жизнь на

 физический вакуум $λ\_{1}$ Земле

 ⊡

 рождение смерть

 пространство-время Солнца Солнца

 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 lg t

 $10^{-40}$ $10^{-30}$ $10^{-20}$ $10^{-10}$ 1 $10^{10}$ $10^{20}$ $10^{30}$ **t** (сек)

$ $ 13,7 млрд. лет

 Схема представлена в логарифмическом масштабе времени. Итак, в результате «Большого Взрыва» «кипящего вакуума» в планковской области, «радиус» Вселенной достиг колоссальных размеров (трудно воспринимаемым в, привычном нам, понимании), так как скорость «раздувания» была на много порядков выше скорости света. В момент окончания Взрыва ($\~10^{-35}$ сек), родившиеся физическое пространство и «материнский» вакуум, продолжали по инерции (равномерно) расширяться уже со скоростью, меньшей скорости света. Условно, в момент времени $\~10^{-20}$сек произошло спонтанное расщепление «материнского» вакуума на две «антиподные» компоненты - физическую $λ\_{1}$ и биологическую $λ\_{2}$. Каждая из них обладает огромной плотностью энергии, но суммарная плотность энергии космического вакуума $ᴧ=$ $λ\_{1}$-$ λ\_{2} =0.$

 К этому времени физическое пространство стало достаточно «плоским», продолжало расширяться (равномерно), а вакуумы $λ\_{1}$ и $λ\_{2}$ «приступили», каждый к своей «миссии»: физический вакуум – к созданию физических полей и частиц, а биологический «вакуум» – во-первых, к «направлению» физического вакуума на создание условий возникновения живой материи, а во-вторых, к созданию из возникших «нужных» полей и частиц «требуемой» живой материи. Другими словами, мы неявно предполагаем, что биологическое «вакуумное поле» обладает некими «сознанием» и «целью», позволяющим ему направлять эволюцию живой (и неживой) материи в сторону создания все более и более высокоорганизованных форм. К сожалению, эти высокоорганизованные формы живой материи, во временном масштабе эволюции Вселенной, обречены (по крайней мере, на Земле) всего лишь на ничтожный миг своего существования. На схеме это показано, как миг между рождением и смертью Солнца (на небольшом интервале времени в районе 13,7 млрд. лет с момента Большого Взрыва).

 2) Попробуем ответить на вопрос, где находится биологический «вакуум»? По определению, он присутствует не только в космосе, но и в любой биологической структуре (от биологических макромолекул, до сложных организмов), в виде стабилизирующего, «управляющего» поля, без которого любой живой организм не существовал и не эволюционировал бы в определенном направлении. Поэтому, в принципе, модель (5.3) с, пока еще неопределенным, $λ\_{2}$-членом, и с биологическими понятиями, которые мы ввели ранее во второй главе, вполне может (для начала) служить рабочим и, даже, эвристическим инструментом исследования живой материи.

 Одновременно надо ответить на вопрос, а что такое «информационное содержание генома»? Следует признать, что введение данного понятия, на первый взгляд, тоже выглядит фантастическим. Этим понятием мы неявно предполагаем, что в геноме живой клетки присутствует некое «информационное поле». Однако легко показать, что это не фантастика, а реальность. Действительно, общепризнанной считается модель «генетической информации» «записанной» в виде определенной (кодовой) последовательности «букв» (азотистые основания А, Т, Г, Ц) в наследственной молекуле. На языке физики – это скалярное поле, такое же, как «тепловое поле», «записанное» в виде колебаний атомов и молекул. Поэтому замена привычного в биологии понятия «кодовая генетическая информация» на, более физическое, понятие «скалярное информационное поле», видимо не должно вызвать возражений.

 Далее мы «движение» данного «поля» представили не как вербальные (но очень «наглядные») молекулярно-генетические спекуляции (с восторгом воспринимаемые «нематематическим» сообществом), а в виде математической абстракции, имеющей определенные физические аналогии, но, к сожалению, опять «переведенные» на биологический язык, смахивающие на мистику. Более того, автор осмеливается назвать «информационное содержание генома» - «душой».

 Теперь профессиональным математикам предоставляется великолепная возможность, на основе модели (5.3), «расшифровать» известный «роман» между «духом» и «душой», дошедший до нас благодаря попыткам ученых Древней Греции метафорически изложить еще более древние знания. Известно, что тексты той или иной религии, представленные в священных книгах, подчас недоступны пониманию современных людей. Кстати, то же самое можно сказать и о научных книгах. Поэтому попытки выдающихся писателей изложить их в художественной форме вызывает особый интерес.

 3) Одной из таких попыток является интерпретация Т.Манном библейской истории Иосифа-прекрасного в фундаментальном, двухтомном труде «Иосиф и его братья» [11]. На наш взгляд, это одно из лучших художественных изложений (рассуждений) о взаимоотношении Духа и Души, восходящем к истокам платонизма. Изложить эти рассуждения ярче и интереснее, чем классик мирового масштаба, невозможно. Поэтому приводим отрывок из данной книги с максимальным приближением к оригиналу:

 *« Предание делит мир на три действующих лица - материю, душу и дух, - между каковыми, с участием божества, и разыгрывается тот роман, настоящим героем которого является склонная к авантюризму и благодаря авантюризму творческая душа человека, роман, который, как самый заправский миф, соединяет весть о начале с предвестием конца и дает ясные сведения об истинном месте рая и о "падении".
    Получается, что душа, то есть прачеловеческое начало, была, как и материя, одной из первооснов бытия и что она обладала жизнью, но не обладала знанием. В самом деле, пребывая вблизи бога, в горнем мире покоя и счастья, она беспокойно склонилась - это слово употреблено в прямом смысле и показывает направленье - к бесформенной еще материи, одержимая желанием слиться с ней и произвести из нее формы, которые доставили бы ей, душе, плотское наслажденье.*

 *Однако после того, как душа поддалась соблазну и спустилась с отечественных высот, муки ее похоти не только не унялись, но даже усилились и стали настоящей пыткой из-за того, что материя, будучи упрямой и косной, держалась за свою первобытную беспорядочность, наотрез отказывалась принять угодную душе форму и всячески сопротивлялась организации. Тут-то и вмешался бог, решив, по-видимому, что при таком положении дел ему ничего не остается, как прийти на помощь изначально существовавшей с ним рядом, а теперь сбившейся с пути душе. Он помог ей в ее любовном борении с неподатливой материей; он сотворил мир, то есть создал в нем, в угоду первобытно-человеческому началу, прочные, долговечные формы, чтобы от этих форм душа получила плотскую радость и породила людей. Но сразу же после этого, следуя своему замысловатому плану, он сделал еще кое-что.*

 *Из субстанции своей божественности он послал в этот мир, к человеку, дух, чтобы тот разбудил уснувшую в человеческой оболочке душу и по приказу отца своего разъяснил ей, что в этом мире ей нечего делать и что ее чувственное увлечение было грехом, следствием которого сотворение этого мира и нужно считать. О том дух и твердит, о том и напоминает без устали заключенной в материю душе, что, если бы не ее дурацкое соединенье с материей, мир не был бы сотворен и что, когда она отделится от материи, мир форм сразу же перестанет существовать. Убедить в этом душу и есть задача духа, и все его надежды, все его усилия устремлены на то, чтобы одержимая страстью душа, поняв эту ситуацию, вновь признала наконец горнюю свою родину, выкинула из головы дольний мир и устремилась в отечественную сферу покоя и счастья. В тот миг, когда это случится, дольний мир бесследно исчезнет; к материи вернется ее косное упрямство; не связанная больше формами, она сможет, как и в правечности, наслаждаться бесформенностью, и значит, тоже будет по-своему счастлива.
  Задача духа в этом мире форм и смерти, возникшем благодаря бракосочетанию души и материи, обрисована совершенно ясно и четко. Миссия его состоит в том, чтобы пробудить в душе, самозабвенно отдавшейся форме и смерти, память о ее высоком происхождении; убедить ее, что она совершила ошибку, увлекшись материей и тем самым сотворив мир; наконец, усилить ее ностальгию до такой степени, чтобы в один прекрасный день она, душа, полностью избавилась от боли и вожделенья и воспарила домой, - что незамедлительно вызвало бы конец мира, вернуло материи ее былую свободу и уничтожило смерть. Бывает, однако, что посол заживется в чужой вражеской державе и, растлившись, погибнет для собственной: приглядываясь, приноравливаясь и привыкая понемногу к чужим обычаям, он настолько порой проникается интересами и взглядами врага, что уже не может защищать интересы своей родины, и его приходится отозвать. То же самое или примерно то же происходит и с выполняющим свою миссию духом. Чем больше он ее выполняет, чем дольше он занят дипломатией здесь внизу, тем заметнее таково уж тлетворное влияние чужбины - какой-то внутренний надлом в его деятельности, надлом, который вряд ли замалчивался бы в высшей сфере и, по всей вероятности, привел бы к отозванию духа, если бы не так трудно было решить вопрос о целесообразной замене.
    Нет ни малейшего сомнения, что по мере того как игра затягивается, дух начинает не на шутку стыдиться своей роли губителя и могильщика мира. Приноравливаясь к окружающей среде, дух меняет свою точку зрения на вещи до такой степени, что теперь он, считавший своей задачей уничтожение смерти, ощущает себя, наоборот, смертельным началом, несущим миру смерть. Это в самом деле вопрос позиции, точки зренья, решить его можно и так и этак. Только надо знать, какой взгляд на вещи тебе к лицу и отвечает твоей задаче, иначе с тобой произойдет то, что мы, не обинуясь, назвали растленьем, и ты не выполнишь естественного своего назначенья.*

 *Тут обнаруживается известная слабохарактерность духа, ибо своей славой смертельного начала и разрушителя форм - славой, которой он к тому же обязан главным образом собственной натуре, собственной, оборачивающейся даже против себя самой воле к рассуждению, - этой славой он очень тяготится и считает делом своей чести избавиться от нее. Не то чтобы он умышленно изменял своему долгу; но, поддаваясь этой тяге к рассуждению и порыву, который можно назвать недозволенной влюбленностью в душу и в ее страсти, он говорит совсем не то, что собирался сказать, поощряет душу и ее увлеченье и, прихотливо глумясь над своими чистыми целями, защищает формы и жизнь.*

 *Идет ли на пользу духу такое предательское или граничащее с предательством поведение; не продолжает ли он все равно, даже и таким способом, служить цели, ради которой послан, то есть уничтожению материального мира изъятием из него души, и не отдает ли себе в этом полнейшего отчета сам дух, а значит, не ведет ли он себя так лишь потому, что, в сущности, знает, что может себе позволить подобное повеленье, этот вопрос остается открытым. Во всяком случае, в этом глумливо-самоотступническом слиянии воли духа с волей души можно найти объяснение той иносказательной формуле учения, согласно которой "второй посланец" есть второе "я" светочеловека, посланного побороть зло. Да, вполне возможно, что в этой формуле скрыт пророческий намек на тайные решения бога, показавшиеся нашему учению слишком священными и неясными, чтобы сказать о них прямо.
    Если все как следует взвесить, то о "грехопадении" души или изначального светочеловека можно говорить только при чрезмерной нравственной скрупулезности. Согрешила душа, во всяком случае, только перед самой собой - легкомысленно пожертвовав своим первоначально спокойным и счастливым состоянием, но не перед богом, - нарушив, к примеру, его запрет страстным своим порывом. Никакого запрета, по крайней мере согласно принятому нами учению, от бога не исходило. Если же благочестивое предание и упоминает о запрете, о том, что бог запретил первым людям есть от древа познания "добра и зла", то, во-первых, речь здесь идет о каком-то вторичном и уже земном событии, о людях, возникших при творческом содействии самого бога, в результате познания материи душой; и если бог действительно подверг их этому испытанию, то можно не сомневаться, что ему был наперед известен его исход, и непонятно только, зачем это богу понадобилось, установив запрет, которым наверняка пренебрегут, вызывать злорадство у ангельского своего окружения, настроенного в отношении человечества весьма недоброжелательно. А во-вторых, поскольку слова "добро и зло" несомненно представляют собой, как всеми и признано, глоссу и добавление к чистому тексту и на самом деле речь идет просто о познании, следствием которого является не нравственная способность различать добро и зло, а смерть, - то вполне вероятно, что и само упоминание о "запрете" тоже представляет собой благонамеренную, но неудачную вставку.
    В пользу этой догадки, помимо всего прочего, говорит то, что бог не разгневался на душу за ее любострастное поведение, не отрекся от нее и не подверг ее какой-либо каре, более жестокой, чем ее добровольное страдание, возмещавшееся как-никак удовольствием. Наоборот, при виде увлечения души он явно проникся к ней если не симпатией, то, уж во всяком случае, жалостью, - ведь он сразу, не дожидаясь зова, пришел к ней на помощь, он лично вмешался в ее познавательно-любовное единоборство с материей, создав из материи смертный мир форм, чтобы они доставляли наслаждение душе, а при таком поведении бога границу между симпатией и жалостью провести и впрямь очень трудно или даже вообще невозможно.
    Говорить о грехе, подразумевая под грехом неуважение к богу и выраженной им воле, в данном случае не вполне правомерно, особенно если учесть своеобразное пристрастие бога к племени, возникшему благодаря совокуплению души с материей, к человеческому роду, с самого начала явно, и притом не без основания, вызывавшему ревность ангелов.*

 *"Строгость" присуща не столько богу, сколько его окружению, от которого он, конечно, не в решающей мере, но все же до некоторой степени зависит, если, опасаясь препятствий с этой стороны, не сказал о своей затее всей правды, а кое-что предал огласке и кое-что скрыл. Но не указывает ли это скорее на то, что сотворение мира отвечало его желанию, чем на то, что оно произошло вопреки его воле? Значит, хотя и нельзя сказать, что бог прямо-таки толкнул душу на ее авантюру, действовала душа все же не наперекор ему, а лишь наперекор ангелам, которые с самого начала относятся к человеку недружелюбно. То, что бог сотворил этот мир добра и зла и принимает участие в нем, представляется ангелам барской причудой и вызывает у них обиду, так как они - и, наверно, не без основания - подозревают, что богу просто наскучила их величальная чистота. Изумленные, полные упрека вопросы, вроде: "Что есть человек, господи, и какой тебе от него прок?" - не сходят у них с языка, и бог отвечает ангелам осторожно, уклончиво, примирительно, но иногда вдруг раздраженно и в явно оскорбительном для них смысле.*

 *Не так-то просто, конечно, объяснить низвержение Семаила, очень важного лица среди ангелов, судя по тому, что у него было двенадцать пар крыльев, а у священных животных и у серафимов всего по шести, но между его падением и этими разногласиями существует прямая связь. Именно Семаил всегда подзуживал ангелов против человека или, вернее, против того пристрастия, какое бог питал к человеку; и когда однажды господь повелел рати небесной поклониться Адаму за его разум и за то, что он назвал вещи их именами, все, хоть и пряча усмешку или насупив брови, повиновались этому приказу, и только Семаил его ослушался. С безумной откровенностью он заявил, что это нелепость, что незачем сотворенным из сияния славы божией падать ниц перед тем, кто создан из праха земного, - и тут-то как раз он и был низвергнут, что издали походило на паденье звезды. Хотя остальные ангелы, разумеется, испугались и с тех пор зарубили себе на носу, что с человеком нужно держаться крайне осторожно, все-таки совершенно ясно, что всякое усиленье греховности на земле, такое, например, как перед потопом или в Содоме и Гоморре, - это очередное торжество для святой рати и очередная незадача для творца, который вынужден в таких случаях производить ужасную чистку - не столько по собственному почину, сколько под моральным давлением небес.*

 *Но если все эти догадки справедливы, как же обстоит дело с задачей "второго посланца", духа? Действительно ли он послан затем, чтобы уничтожить материальный мир, освободив из его плена душу и вернув ее в родные пределы?*

*Можно предположить, что это не входит в замысел бога и что на самом деле, вопреки своей славе, дух был послан к душе вовсе не для того, чтобы стать могильщиком мира форм, созданного ею при дружественном пособничестве бога. Тайна тут, возможно, другая, и ключ к ней, возможно, дают слова учения о том, что второй посланец - это все тот же посланный прежде на борьбу со злом светочеловек. Мы давно знаем, что тайна вольно обращается с грамматическими временами и вполне может употребить прошедшее, имея в виду будущее. Слова о том, что душа и дух были едины, возможно, должны означать, что некогда они будут едины. Да, это тем более вероятно, что дух сам по себе представляет собой в основном принцип будущего, утверждение "будет", "должно быть", меж тем как душа, находясь в плену форм, благочестиво верна прошлому, священному "было". Где тут жизнь и где смерть, трудно сказать; обе стороны - и слившаяся с природой душа, и находящийся вне мира дух, принцип прошлого и принцип будущего, - обе стороны, каждая по-своему, претендуют на званье живой воды и обвиняют друг друга в содействии смерти - и обе правы, потому что ни природу без духа, ни дух без природы, пожалуй, не назовешь жизнью.*

 *Тайна же и тихая надежда бога состоит, вероятно, в их слиянье, в настоящем приходе духа в мир души, во взаимопроникновенье обоих начал, в том, что они, оставив друг друга, станут человечеством, благословенным свыше благословением неба и снизу благословением бездны.
 Вот, быть может, каков тайный, сокровеннейший смысл этого ученья, хотя сомнительно, чтобы уже известное нам, самоотверженно-угодливое поведение духа, вызванное чрезмерной его чувствительностью к упреку в служении смерти, было верным путем к вышеобрисованной цели. Сколько бы дух ни старался наделить немую страсть души своим остроумием, чтя могилы, называя прошлое единственным источником жизни, а себя самого выставляя злодеем-фанатиком, губительно притесняющим жизнь, - кем бы он ни прикидывался, он все равно остается самим собой: напоминающим гонцом, тем принципом осужденья, противоречия, непоседливости, что, выбрав среди довольных и ублаженных кого-то одного, родит в его груди тревогу сверхъестественно огромной беды, гонит его из ворот состоявшегося и данного в авантюрно-неведомое и уподобляет камню, который, покатившись, кладет начало необозримому множеству перемен и свершений».*

Приведенные выше рассуждения Т.Манна, поражают не только своим высокохудожественным изложением, исключительно тонким чувством юмора, но также глубиной проникновения в сущность проблемы. Здесь прослеживается и двойственность Духа, и его миссия, как цель задуманная богом, и сложность осуществления этой цели из-за «упрямства» тела.

 Естественно, с точки зрения Науки, данные рассуждения надо воспринимать как метафорическое представление истинного состояния космогонической проблемы – причины Всего Сущего. В этом смысле, подход Т. Манна роднит его, с одной стороны – с буддизмом, а с другой -

с современными представлениями космологии. Было бы очень полезным обратить внимание выдающихся писателей (если они еще остались) на возможность аналогичной попытки художественно (а не научно-популярно) описать ситуацию в современной науке.

 4) Допустим, что целью биологического «вакуума», обладающего «сознанием», было создание (с помощью живой материи, в процессе ее эволюции) из своей «субстанции», более плотных космических образований, которые сейчас фиксируются в виде темной материи. Другими словами, по нашему предположению, темная материя – это заранее «задуманный» результат эволюции биологического «вакуума». Как следствие данного процесса, глобальная плотность космического «вакуума» должна уменьшиться, нарушив «нулевой» баланс с физическим вакуумом. В результате чего в космосе должна проявиться ничем не скомпенсированная вакуумная компонента (возможно в виде темной энергии) и поэтому наша Вселенная опять начинает испытывать инфляционное расширение.

 Обитаемые (живые) миры возникали, возникают и будут еще возникать в нашей Вселенной, как мгновенные события, в разное время ее эволюции, поэтому практически невозможно установить контакт между ними, так как трудно предположить точное совпадение этих мгновенных событий.

В короткий момент существования живых миров, в космическое пространство «выбрасывается» определенное количество «плотной, мыслящей» темной материи («души»). В дальнейшем во Вселенной начнется, согласно представлениям современной Космологии, распад физической (барионной) материи и наступит новый этап эволюции – "эволюция духа" [12].

 **Заключение**

 1) В сжатой форме базовые понятия физики и биологии можно представить следующим образом:

 - в физике **материальная точка** (масса) **движется** равномерно и прямолинейно в **трехмерном нематериальном пространстве** ;

 - в биологии **"материальная точка"** (геном) с нематериальной «массой» (информационное содержание генома) **"движется"** по экспоненциальному закону роста в **трехмерном** **материальном пространстве** (биомасса);

 - и, наконец, систему базовых понятий биологии следует дополнить понятием **"биологический вакуум".**

 Обращает на себя внимание то обстоятельство, что базовые понятия теории живых систем (биологии) «инвертированы» по отношению к соответствующим базовым понятиям теории неживой материи (физики): то что в физике было материальным, в биологии стало нематериальным, и наоборот, то что в физике было нематериальным в биологии стало материальным. На наш взгляд, здесь имеется возможность философского обобщения известного принципа дополнительности Бора.

 И если для физики базовые понятия уже давно стали прочным, хорошо проверенным «фундаментом» представлений об окружающем нас мире, то для биологии предложенные здесь базовые понятия еще требуют своего детального изучения, уточнения, понимания и дальнейшего продвижения к цели, которую также еще предстоит узнать.

 Следует также обратить внимание на тот факт, что математические модели теоретической биологии будут значительно сложнее аналогичных моделей классической физики. Об этом писал еще Э.Шредингер [13]: "разница между физикой и биологией такая же, как между повторяющимся рисунком обоев и Рафаэлевским гобеленом". В этой связи на первый план теоретической биологии выступит искусство создавать приближенные модели и их приближенные решения.

 2) Отметим некоторые проблемы современной науки:

а) что касается физики, то физикам-профессионалам не мешало бы "обернуться" на "свои" классические базовые понятия и посмотреть внимательно, не проскочили ли они в своем стремительном беге момент отрыва от реальной меры всех вещей – человека. Возможно, что многие ответы на нерешенные проблемы современной физики как раз и лежат "внутри" понятия "человек".

б) в биологии, несмотря на отсутствие "правильной" теории (а возможно из-за этого), делаются непозволительные вещи: от геномодифицированных объектов до искусственного клонирования живых организмов. Здесь действительно пугает отсутствие теории, которая могла бы предупредить о реальной опасности манипулирования "в слепую" генетическим материалом. Более полезным, в настоящее время, с нашей точки зрения, было бы приложение максимального усилия ученых в изучении уникальных живых сообществ: пчел и муравьев, грибов и плесени, китов и дельфинов. Удивительно, что о космосе мы знаем больше, чем о "собственной" планете. Наконец, уже давно пора наконец-то серьезно заняться изучением самого интересного объекта на Земле – человека.

 **Литература**

1. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная. М.: Наука, 1987
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики. Т1. Механика. М.: Наука, 1973
3. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Т1.Современная наука о природе. Законы механики. М.: Мир, 1965
4. Казанцев Э. Ф. Технологии исследования биосистем, М.: Изд. «Машиностроение», 1999
5. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной, М.: Наука, 1975

6. Груздев А.Д. Критическое рассмотрение некоторых гипотез о механизме анафпзного движения хромосом, Цитология, т.15, №2, 1974

7. Толмен Р.Ч. Относительность, термодинамика и космология, М.: Наука, 1974

8. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология, М.: Наука , 1990

9. Казанцев Э.Ф. К понятию "движения" в теоретической биологии, Препринт АН МССР, 1988

10. Казанцев Э.Ф. Возможное происхождение биологической информации, Препринт АН МССР, 1990

11. Манн Т. Иосиф и его братья. , Изд. АСТ, 2008

12. Казанцев Э. Эволюция Духа. Montreal.: Accent Graphics Communications, 2014 ( <http://shop.club-neformat.com/07/evolutcia/>)

 13. Шредингер Э. Что такое жизнь? (с точки зрения физики), М., Атом издат, 1972

 **Резюме**

 **Э. Казанцев Начала теоретической биологии**

 В первой главе приводятся сведения о традиционной системе базовых понятий классической физики: 1) трехмерное «плоское» пространство Евклида; 2) материальная точка, как физическое тело, размерами которого можно пренебречь при его движении; 3) движение, как перемещение физического тела относительно других тел. Приводятся примеры эффективного использования базовых понятий в физике.

 Во второй главе предлагаются новые базовые понятия биологии, более адекватные реальной биологической ситуации, чем физические: 1) под понятием «движение» в биологии понимается рост живого организма; 2) под понятием «материальная» точка в биологии понимается геном живого организма; 3) биомасса живого организма понимается, как биологическое «пространство». Приводится пример построения математической модели роста раковой клетки.

 В третьей главе обсуждаются вопросы биологической эволюции. Приводится пример построения математической модели эволюции структурного гена..

 В четвертой главе обсуждаются вопросы эволюции Вселенной.

 В пятой главе вводится понятие биологического «вакуума». Обсуждается вопрос о влиянии этого «вакуума» на эволюцию Вселенной.

 В Заключении отмечаются некоторые проблемы современной науки.

 **Summary**

    **E. Kazantsev Beginning of Theoretical Biology**

 The first chapter provides information on the traditional system of the basic concepts of classical mechanics: 1) a three-dimensional "flat" Euclidean space;

2) a material point, as the physical body, the size of which can be neglected as it moves; 3) movement as the movement of the physical body in relation to other bodies.

 The second chapter offers new basic concepts of biology, more adequate real situation in biology than physical: 1) the term "movement" is understood in biology growth of a living organism; 2) the term "material" refers to a point in the biology of the genome of a living organism; 3), the biomass of a living organism, it is understood as a biological "space".

 The third chapter discusses the biological evolution. An example of a mathematical model of the evolution of the structural gene ..

 The fourth chapter discusses the evolution of the universe.
         In the fifth chapter introduces the concept of a biological "vacuum". The question of the influence of this "vacuum" in the evolution of the universe.
          In the conclusions some of the problems of modern science.

          **Об авторе:**

Казанцев Эдуард Федорович,

доктор физико-математических наук, профессор.

Родился 16 мая 1940 г. в г. Александровск-на-Сахалине.

В 1965 г. окончил Кишиневский государственный университет по специальности "физик-теоретик". С 1965 г. по 1991 г. работал в академии наук Молд.ССР. За данный период опубликовал более 60 научных работ в области биофизики и генетики, защитил кандидатскую и докторскую диссертации.

С 1991 г. по 2003 г. - заведующий кафедрой прикладной математики Орловского государственного технического университета. За этот период опубликовал около 20 научных работ по биофизике и экологии.

С 2003 г. по настоящее время - профессор Международного университета в Москве. За данный период опубликовал 10 монографий, обобщающих, полученные за предыдущие годы, научные результаты.

 **About the Author:**
Kazantsev Edward F.,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor.
 Birth May 16, 1940 in Alexandrovsk-on-Sakhalin.
In 1965 he graduated from the Kishinev State University, "physicist - theoretician".

From 1965 to 1991 he worked at the Academy of Sciences Mold.SSR. Over this period, published more than 60 scientific papers in the field of biophysics and genetics, defended candidate and doctoral dissertations.

From 1991 to 2003 - worked of the Department of Applied Mathematics, Orel State Technical University. During this period, published about 20 scientific papers on biophysics and ecology.
From 2003 to present - Professor of the International University in Moscow. Over this period, published 10 monographs summarizing obtained in previous years, the scientific results.