

**ЭВОЛЮЦИЯ ПОСПЕНСЕРУ:
РАЗВИТИЕ ИЕРАРХИИ В ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИИ
ПУТЕМ ПОЭТАПНОЙ ИНТЕГРАЦИИ
И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ**

E.B. Евдокимов

Оптимистичный и плодотворный XIX век дал нам четыре великие концепции эволюции, разработка которых продолжается до настоящего времени. Они известны по своим авторам, – это Ж.Б.Ламарк, Ж.Кювье, Ч.Дарвин и Г.Спенсер. Однако если три первых автора до сих пор цитируются в специальной биологической и философской литературе – в критических тонах или возвышенных, то эволюционист Спенсер прочно забыт, помнят и цитируют лишь Спенсера – основоположника позитивизма. Самым удачливым из приведенного списка оказался Дарвин, и в обыденном сознании термины “эволюция” и “дарвинизм” воспринимаются почти как синонимы. Между тем сам Дарвин Спенсера знал, цитировал его со всей почтительностью и не претендовал на приоритет в создании эволюционного учения.

Причина здесь, возможно, в том, что Дарвин сузил понятие эволюции до понятия биологической эволюции и предпринял все усилия для доказательства своих тезисов специфическими для биологии методами, а Спенсер под эволюцией понимал усложнение строения материи вообще и ограничился общеметодологическими рассуждениями. Поэтому у Дарвина нашлось множество последователей-биологов, а Спенсер остался без “идущих во след”, и его идеи неоднократно переоткрывались в XX в. (например, А.А.Богдановым, Н.В.Тимофеевым-Ресовским и др., в самое последнее время – И.И.Кондрашиным [1]). С другой стороны, теория Дарвина сейчас составляет лишь часть теории биологической эволюции и до сих пор подвергается аргументированной критике, теория же Спенсера с каждым фундаментальным

открытием в физике, химии, биологии и социологии находит все большее подтверждение и получает дальнейшее развитие.

Основные положения теории эволюции материи по Спенсеру

Главные положения своей теории Спенсер развил в многотомном труде “Основные начала”, который издал в 1860–1863 гг. В тезисной форме они представлены в его книге “Опыты научные, политические и философские”, опубликованной в 1891 г. Целесообразно процитировать здесь эти обобщения полностью:

- “1. Во всей Вселенной, как целом, и в каждой мельчайшей ее части совершается непрерывное перераспределение материи и движения.
2. Это перераспределение создает эволюцию там, где преобладает интеграция материи и рассеяние движения, и создает разложение там, где преобладает потеря движения и дезинтеграция материи.
3. Эволюция является простой, когда процесс интеграции или образование концентрированного агрегата не осложняется другими процессами.
4. Эволюция является сложной, когда вместе с первичным переходом от бессвязной формы к более связной происходят вторичные изменения вследствие различия условий, в которых находятся различные части агрегата.
5. Эти вторичные изменения представляют превращение однородного в разнородное, превращение, совершающееся, как и первое, во всей Вселенной, как целом, и во всех (или почти во всех) ее мельчайших частях: в агрегате небесных светил и туманностей, в Солнечной системе, в Земле, как неорганической массе, в каждом растительном и животном организме (закон фон Бэра), в агрегате организмов геологического периода, в сознании, в обществе, во всех продуктах социальной деятельности.
6. Процесс интеграции, обнимающий всю Вселенную и действующий в каждом данном месте, комбинируется с процессом дифференциации, благодаря чему происходит уже не простой переход однородного к разнородному, но переход от неопределенной однородности к определенной разнородности, – и эта возрастающая определенность, которая сопровождает возрастающую разнородность, обнаруживается, как и последняя, во всей совокупности вещей и в каждом их разряде, вплоть до самых мельчайших.
7. Одновременно с перераспределением материи в каждом развивающемся агрегате происходит также перераспределение сохраненного движения его составных элементов по отношению друг к другу; это последнее также постепенно становится более определенно разнородным.
8. Так как бесконечной и абсолютной однородности не существует, перераспределение, одной из фаз которого является эволюция, неизбежно. Причины этой неизбежности следующие:

9. Неустойчивость однородного вследствие различного воздействия на различные части ограниченного агрегата посторонних сил. Проистекающие отсюда превращения усложняются благодаря:

10. Размножению следствий. Каждая масса и части массы, на которые действует сила, разлагает и дифференцирует эту силу, вследствие чего она производит в них новые разнообразные перемены, и каждая из этих последних становится, в свою очередь, источником подобным же образом размножающихся перемен: размножение их все возрастает по мере того, как агрегат становится разнороднее. Действию этих двух причин возрастающей дифференциации способствует:

11. Разложение, т.е. процесс, постоянно направленный к разъединению несходных единиц и соединению сходных единиц и способствующий более резкому выражению или большей определенности, вызванной иным путем дифференциации.

12. Равновесие есть конечный результат превращений, претерпеваемых каждым развивающимся агрегатом. Изменения в нем продолжаются до тех пор, пока не установится равновесие между посторонними силами, действию которых подвергаются все части агрегата, и противопоставляемыми им силами этих частей...

13. Разложение представляет обратное изменение, претерпеваемое рано или поздно каждым развивающимся агрегатом. Продолжая подвергаться действию окружающих неуравновешенных сил, каждый агрегат всегда может подлежать дезинтеграции в силу постепенного или внезапного возрастания содержимого им движения; это разложение совершается быстро в телах, бывших недавно одушевленными, медленно – в неодушевленных массах и продолжается в течение бесконечно долгого периода в каждой планетной или звездной массе, в которой, в прошедшем, с бесконечно отдаленного времени, медленно совершался процесс эволюции: цикл ее превращений, таким образом, завершается.

14. Эта смена эволюции и разложения, завершающаяся в небольших агрегатах в течение коротких периодов, а в обширных, рассеянных в пространстве, агрегатах в течение периодов, неизмеримых для человеческого ума, насколько мы можем видеть, – универсальна и бесконечна, причем каждая из чередующихся фаз преобладает попеременно, в зависимости от местных условий, то в той, то в другой сфере пространства.

15. Все эти явления как в главных, так и в мельчайших своих чертах необходимы вытекают из постоянства силы в ее формах: материи и движения. Количество последних, распределенное в пространстве, не увеличивается и не уменьшается, а остается неизменным; отсюда должно неизбежно следовать непрерывное перераспределение, выражющееся как в эволюции и разложении, так и во всех их перечисленных выше главных чертах..." [2].

Если изложить суть концепции Спенсера современным языком, то она заключается в следующем.

Исходные, самые простые элементы (частицы), взаимодействуя между собой, образуют более сложные системы (агрегаты), которые, в свою очередь, также взаимодействуют, образуя еще более сложные системы и т.д. (рис. 1). Это явление Спенсер называет интеграцией. Прямыми следствием такой интеграции является возникновение иерархических уровней в организации материи: атомы, молекулы – системы из атомов, минералы или клетки – системы из молекул, организмы – системы из клеток и т.д.

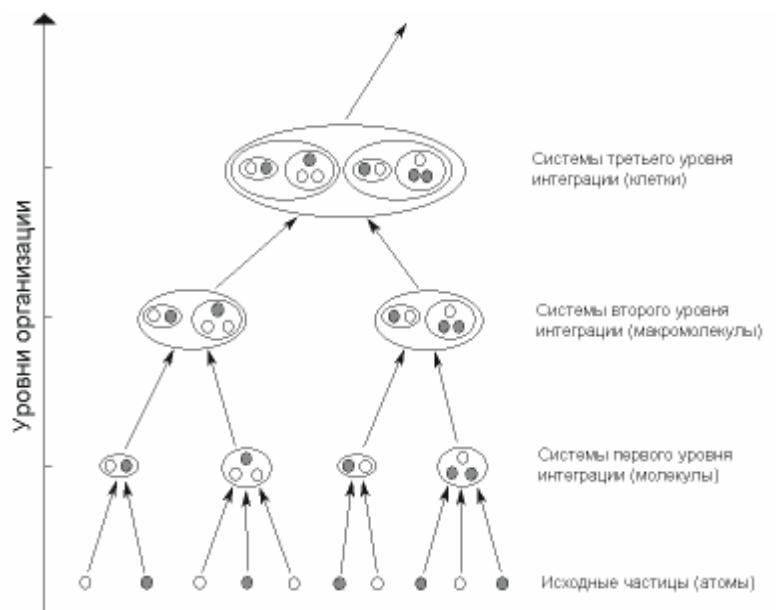


Рис. 1. Становление уровней организации материи путем интеграции (по Спенсеру)

Другой очень важный тезис: если взаимодействие элементов является сложным, то возникающие из них системы следующего уровня будут отличаться друг от друга, т.е. будут более разнообразными, чем системы предыдущего уровня. Это – дифференциация. Интеграция совместно с дифференциацией ведет ко все большему усложнению строения вещества, т.е. к его эволюции.

Третий важный тезис: интеграция, или образование систем следующего уровня, возможна лишь при одновременной диссипации энергии (у Спенсера – движения). То есть усложнение строения вещества оплачивается рассеиванием энергии.

Что касается четвертого важного тезиса – о “переходе от неопределенной однородности к определенной разнородности”, то можно с уверенностью сказать, что здесь содержится представление об уменьшении энтропии вещества в ходе эволюции.

В своей теории Спенсер органично соединил традицию Демокрита “состоять из...” и традицию Гераклита “все течет, все изменяется”, осуществив синтез двух антитезисов и сформулировав таким образом новую концепцию развития. Он не употребляет термины “иерархичность” и “уровни организации”, хотя вся логика его работы указывает на то, что он создал теорию развития иерархии в организации материи. Для обоснования своей теории Спенсер использует очень обширный материал, накопленный естествознанием и гуманитарными науками ко второй половине XIX в. Здесь присутствуют и космологические данные, и геологические, и химические, проводится тонкий анализ биологической морфологии и физиологии, психологии и социологии. Однако, несмотря на убежденность в своей правоте, учений все же понимал, что естественно-научной фактологии пока не хватает для полного обоснования его теории эволюции и в самых последних работах употреблял термин “гипотеза развития”.

Далее мы попытаемся представить теорию Спенсера в свете естественно-научных данных, полученных в XX в.

Эволюция как поэтапное становление иерархических уровней в организации материи

Временная последовательность интеграционных событий. По современным представлениям, эволюция материи в нашей Вселенной начинается в момент Большого Взрыва [3]. Эту временную точку относят на 20 млрд лет назад. Общая концепция начальных, физических, стадий заключается в следующем. Резкое расширение Вселенной на первых этапах приводит к дифференциации Первоматерии на два класса элементарных частиц: кварки и лептоны (электроны, в частности) [4]. Кварки обладают способностью к взаимодействию путем обмена между собой глюонами. Это взаимодействие относят к сильному взаимодействию, глюоны же являются его переносчиками. В результате образуются системы

из кварков, главным образом нуклоны, протоны и нейтроны [5]. Это первый уровень организации материи (кварки и лептоны – нулевой уровень, правда, возможно, обнаружатся еще более глубокие уровни, подобно тому как в 1963 г. были обнаружены кварки). Взаимодействие кварков обратимо, поэтому системы из них устойчивы лишь при миграции энергии, выделяющейся при взаимодействии, из зоны контакта, – эта миграция обеспечивается продолжающимся расширением Вселенной.

Следующий по времени (но не по уровню организации) этап эволюции – начало взаимодействия нуклонов и лептонов (электронов) [6]. Это взаимодействие относят к электромагнитному. Переносчиками данного взаимодействия являются фотоны. Схема электромагнитного взаимодействия такова: электрон и протон притягиваются, пространственно сближаются, при этом каждый шаг сближения оплачивается выделением фотона в пространство [7]. Электромагнитное взаимодействие также локально обратимо: сближение партнеров влечет за собой выделение кванта, поглощение кванта влечет за собой удаление партнеров. Характер электромагнитного взаимодействия (так же как и сильного) существенно усложняется из-за квантово-механических ограничений. В частности, спектр возможных энергий системы электрон – протон дискретизуется, а их взаимные траектории движения размазываются в пространстве. Образующиеся устойчивые системы электрон – протон носят название атомов, а именно, это атомы водорода.

Атомный уровень представляет собой третий уровень организации материи, для второго уровня – интеграции нуклонов в ядра элементов время еще не пришло. Этот этап эволюции начинается с образования облаков из водорода, которые начинают взаимодействовать посредством гравитационных сил: формируются протогалактики и далее протозвезды [8]. Первичные неоднородности в распределении вещества по Вселенной, являющиеся зародышами водородных облаков и сгущений, имеют своей причиной особенности процесса Большого Взрыва. Гравитация – дальнодействующее взаимодействие, поэтому ее итогом является интеграция вещества в очень большие системы, галактики и звезды [9]. В этом процессе интеграции потенциальная энергия взаимодействия выделяется в виде кинетической энергии, что приводит к повышению температуры внутри образующихся объектов, главным образом в звездах.

При повышении температуры в протозвездах выше определенного уровня (10^7 °К) кинетической энергии нуклонов становится достаточно для преодоления кулоновского барьера и их сближения до расстояния реализации следующего варианта сильного взаимодействия – взаимодействия

нуклонов [10]. Оно имеет в своей основе взаимодействие夸арков в составе нуклонов. Взаимодействие нуклонов осуществляется посредством обмена мезонами, его результат – образование систем из нуклонов, ядер элементов [11]. Путь от ядер водорода к ядрам высших элементов осуществляется в последовательности ядерных реакций присоединения либо одного нуклона, либо альфа-частицы [12]. Жизнь звезд – это и есть реакции термоядерного синтеза. При снижении количества водорода в звездах и уменьшении интенсивности этих реакций жизнь звезд заканчивается, ее финал зависит от массы звезды. Если масса ниже определенного предела, звезда превращается в белый карлик, если выше – вероятнее всего звезда взрывается в виде новой или сверхновой звезды, разбрасывая по пространству большую часть своего вещества. Это вещество уже содержит не только водород, но и ядра высших элементов [13].

Во вновь образованных межзвездных облаках (облаках второго поколения) температура существенно ниже, чем в звездах, ядерные реакции в них прекращаются и главным становится электромагнитное взаимодействие между ядрами высших элементов и электронами. На этом этапе завершается становление организационного уровня атомов [14]. В межзвездных облаках второго и последующих поколений уже существуют атомы большинства элементов. Гравитационная интеграция этих облаков приводит к образованию звезд второго и последующих поколений, уже имеющих планетные системы. В звездах концентрируется водород и частью гелий, в планетах – все остальные элементы.

На уровне межзвездных облаков второго поколения начинается становление четвертого организационного уровня вещества – образование систем из атомов. В формировании связи главную роль играют внешние электроны атомов, которые образуют связанные пары с антипараллельными спинами. Эти составляющие пару (пары) связанные электроны являются обобществленными между двумя (реже – более) атомами [15]. Можно сказать, что атомы обмениваются данной парой, как нуклоны – мезонами или как夸арки – глюонами. Это взаимодействие относят к электромагнитному, оно также известно как химическое. Исходная его причина – межатомное электромагнитное взаимодействие между зарядами ядер и электронов, но преломляемое через призму внутриатомного взаимодействия аналогично взаимодействию нуклонов, которое есть следствие взаимодействия входящих в их состав夸арков. Образуемые в результате системы носят название молекул, – это простые молекулы типа H_2O , NH_3 , CO_2 и т.д [16].

На образованных планетах главным взаимодействием становится химическое. Всевозможные такие взаимодействия между простыми молекулами (химические реакции) и образование их более сложных видов называют химической эволюцией [17]. Ее результатом кроме сложных молекул становятся различные макромолекулярные структуры, главным образом минералы, которые в планетарной коре составляют разнообразие пород. Макромолекулярные структуры – это структуры следующего организационного уровня.

Среди всех планет обратим особое внимание на планеты земной группы, на поверхности которых соотношение давления и температуры находится в особом интервале, обеспечивающем пребывание воды, H_2O , в жидкой фазе. Свойства воды таковы, что она является уникальным растворителем минералов и большой части химических веществ [18]. За счет этого концентрации молекул различных взаимодействующих веществ в водных образованиях (лужах, озерах, реках, морях и океанах) увеличиваются, что приводит к существенному увеличению скоростей химических реакций. Особую роль в химическом взаимодействии играют также различные границы раздела фаз, перепады температур, вулканическая активность планет и ультрафиолетовое излучение от звезды. Сложность и разнообразие химических взаимодействий возрастает, что приводит к образованию особого вида макромолекул – гетерополимеров, обладающих сложной трехмерной структурой и способных к катализу различного вида [19]. Крайне важны для дальнейшей эволюции и другие надмолекулярные системы, такие как липидные мембранны, образуемые в воде на границе раздела фаз из гидрофобно-гидрофильных молекул (например, в виде пены). Отметим, что трехмерные структуры гетерополимеров и липидные мембранны стабилизируются слабыми химическими связями – водородными, ионными и гидрофобными [20].

Следующий этап эволюции – предбиологический. На этом этапе шло образование устойчивых структур из гетерополимеров и липидных мембран. Важную роль здесь и далее стали играть особые гетерополимеры, способные к матричному самокопированию и накоплению информации, на Земле это оказались нукleinовые кислоты [21]. При появлении самокопирующихся структур, несущих информацию, стал возможен их естественный отбор по принципу кинетического совершенства: больше потомков оставляет та матрица, которая быстрее самокопируется [22]. В этом процессе важна как информационная составляющая, определяющая длину и разнообразие гетерополимеров, так и кинетическая, определяющая скорость химических реакций самокопирования [23]. Итогом предбиологи-

ческой эволюции стало образование простейших клеток, известных как прокариоты – безъядерные клетки. В земной истории этот исторический момент относят ко времени, отстоящем от нашего на 4,2 млрд лет [24].

Этап появления клеток с ядрами – эукариотов продолжался примерно 2 млрд лет. Большую часть этого времени заняли становление биосфера и биотического кругооборота, организация биологических потоков вещества и энергии, формирование кислородной атмосферы. Интеграция клеток-прокариотов в клетки-эукариоты осуществлялась путем возникновения и углубления симбиоза между клетками-хозяевами и специализированными клетками, защищающими хозяев от кислорода или реализующими фотосинтетическую функцию. Углубление этой специализации привело к образованию органоидов, митохондрий и хлоропластов [25]. Также существенно усложнилась сеть мембран, мембранных пузырьков, возник цитоскелет и т.д. Оформилось два типа клеток: растительные (автофотофильные) и животные (гетеротрофные). Одновременно усложнялась и перестраивалась генетическая система, при этом объем хранимой генетической информации возрос примерно в 10 раз [26].

Следующий этап усложнения организации материи – образование систем из клеток-эукариотов, известных как многоклеточные организмы. Его относят во времени на 1 млрд лет назад. Здесь необходимо отметить, что многоклеточность начала реализовываться еще на уровне прокариотов, – это, например, актиномицеты или сложные сине-зеленые водоросли. Однако простота клеток прокариотов, их генома не позволила создать сложные системы. И только многоклеточные системы из эукариотов обозначили явный переход на следующий уровень организации, характеризующийся сложностью строения организмов [27].

Дальнейшие этапы эволюции достаточно хорошо известны из общеобразовательных программ, хотя в последних ход эволюции излагается преимущественно на основе теории Дарвина. Отметим лишь, что следующий уровень – системы, состоящие из организмов, достаточно неопределенный. Здесь есть и популяции в целом, в которых системность обеспечивается обменом генетической информацией в ряду поколений, и семьи и стаи животных, в которых системность реализуется в обмене поведенческой информацией в целях более успешного выживания и воспитания потомков [28].

Уровень систем из популяций (экосистемы, биоценозы) формируется как реализация общебиологического императива “жизнь на планетах существует исключительно в форме биотического кругооборота”. Элементы экологических систем – популяции суть разные участки пищевых це-

пей: растения – растительноядные животные – хищники первого порядка – хищники второго порядка и т.д. до редуцентов. В системы их связывает потребление органического вещества, синтезированного на более низком уровне пищевой цепи [29]. Отметим, что главным в данном веществе является организационная негэнтропия, часть которой переводится в процессе утилизации (гликолиза и дыхания) в форму свободной энергии, негэнтропии, связанной с энергией, и далее рассеивается. Поэтому экосистемы представляют собой пирамиду биомассы на разных этажах пищевой цепи [30].

Совокупность экосистем, возникших в различных географических зонах планеты, функционирующих в разных физико-химических условиях и взаимодействующих путем обмена организмами, газами, растворенными веществами и водой, в пределах всей планеты образует биосферу [31]. Биосфера – это высший из известных на настоящий момент уровней организации материи. Попутно заметим, что в биологической литературе первое ясное описание уровней организации живых систем дал Н.В.Тимофеев-Ресовский [32].

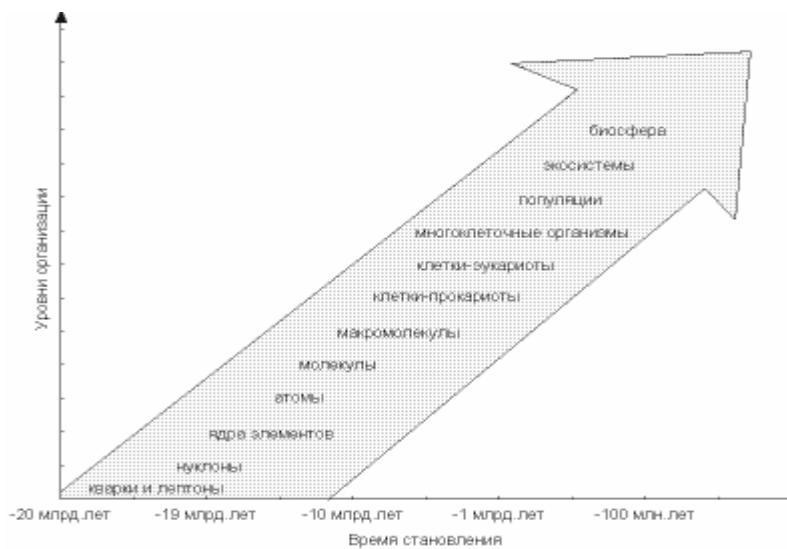


Рис.2. Становление уровней организации вещества в нашей Вселенной

Место человеческого общества в биосфере требует специального рассмотрения. Здесь мы ограничимся общеизвестным тезисом В.И. Вернадского о ноосфере как биосфере, управляемой человеком [33]. Таким образом, роль человека состоит в том, чтобы быть чем-то вроде нервной системы в системе биосферы.

Совершенно очевиден и следующий организационный уровень – системы, состоящие из биосфер, точнее, ноосфер, которые возникают либо при колонизации необитаемых планет одной из биосфер, либо при взаимодействии разнозвездных цивилизаций.

Рассмотренная временная последовательность интеграции материи является, на наш взгляд, общей закономерностью во всей нашей Вселенной, по крайней мере на сегодняшнем уровне знаний (рис. 2), и представляет собой *простое развитие* схемы Спенсера [34].

Дифференциация при интеграции. Второй тезис теории Спенсера – о дифференциации при интеграции также требует конкретизации на современном уровне знания. Четыре известных фундаментальных взаимодействия в этом смысле существенно различаются. Самое “простое” взаимодействие, гравитационное, имеет только один вид “заряда” – массу [35]. Поэтому все образуемые им системы дифференцируются только по уровню массы и накопленному запасу кинетической энергии. По этому качественному признаку системы, образуемые гравитационным взаимодействием, дифференцируются на галактики, звездные скопления, парные звезды, звезды и планеты. Особый, непонятный класс – это квазары.

Как мы видим, уровень дифференциации достаточно невысок, существует лишь четыре–пять разновидностей. Главным здесь является то, почему их так много, поскольку схема Спенсера здесь предполагает только один плавно изменяющийся вид. Думается, это обусловливается участием других взаимодействий в судьбе складывающихся агрегатов. Только на звездах (и, возможно, в центрах галактик) сумма выделившейся кинетической энергии способна преодолеть кулоновский барьер для нуклон-нуклонного взаимодействия. Только на планетах из-за того, что они образуются из более тяжелых элементов, реакции термоядерного синтеза не зажигаются, но интенсифицируются химические реакции. В остальном – скучная ньютонаская механика.

Совсем другое дело сильное и электромагнитное взаимодействия. Зарядов сильного взаимодействия, кварков, известно восемь видов, плюс квантово-механические ограничения [36]. Поэтому велико разнообразие формируемых им систем, – это более ста типов ядер разных элементов и еще неизвестно сколько видов элементарных частиц. Электромагнит-

ное взаимодействие накладывается “сверху” на сильное и плюс к тому имеет место взаимодействие атомов (как преформированное электромагнитное взаимодействие, осложненное квантовой механикой) [37]. Поэтому в результате такого взаимодействия дифференциация образуемых систем от уровня к уровню возрастает, достигая на уровне многоклеточных организмов четвертого порядка величины. На уровне ядер элементов разнообразие проявляется в параметрах массы ядра и заряда. У атомов добавляются различия в энергии и форме электронных орбиталей. Молекулярный уровень характеризуется добавлением еще одного фактора отличия – геометрии образуемых систем [38]. Макромолекулы (гетерополимеры) дополнительно “включают” ресурс разнообразия, реализуемого в порядке следования мономеров, и так далее [39]. Некий “перелом” этой закономерности на уровне экосистем и биосфера нам кажется незначимым из-за малости объема выборки. По крайней мере, подавляющая часть научно осознанного материала только подтверждает тезис о росте дифференциации в ходе интеграции.

Диссипация энергии – плата за необратимость эволюции как интеграции. Здесь нам кажется необходимым обсудить очень важное свойство фундаментальных физических взаимодействий, по крайней мере сильно-го, электромагнитного и гравитационного. Потенциальная энергия этих взаимодействий может переходить не только в энергию квантов взаимодействия, глюонов, фотонов и гравитонов, но также и в энергию кинетическую, энергию движения в пространстве партнеров по взаимодействию [40]. И это принципиально, потому что на кинетическую энергию в основном нет квантово-механических ограничений. Кинетическая энергия может легко передаваться при соударениях, при этом, коль скоро нет ограничений, она может делиться на бесконечно малые величины и перераспределяться по всем возможным механическим степеням свободы. Делимость энергии взаимодействия через ее кинетическую часть и расширение Вселенной обеспечивают *необратимость* результатов взаимодействия, образование и сохранение во времени материальных структур, нуклонов, ядер элементов, атомов и т.д.

Усилим этот тезис. В каждом акте структурообразования, или организации материи, с точки зрения статистической физики происходит уменьшение энтропии вещества на величину ΔS_M , проявляющееся в увеличении взаимозависимости партнеров по взаимодействию и уменьшении числа независимых степеней свободы. Это уменьшение энтропии вещества компенсируется увеличением энтропии выделяющейся энергии $\Delta S_{\text{э}}$. Однако равенство $\Delta S_{\text{э}} = \Delta S_M$, означающее принципиальную обрати-

мость взаимодействия (образование и распад структуры), нарушается вследствие двух причин. Первая – расширение Вселенной: миграция квантов взаимодействия из зоны контакта, увеличение возможностей их пространственного распространения, увеличение длины волны – все это имеет результатом увеличение энтропии энергии, представленной в виде квантов. Вторая причина состоит в том, что часть потенциальной энергии взаимодействия, которая в ходе его реализации перешла в кинетическую, через серию соударений партнеров по взаимодействию с иными системами перераспределяется и делится на множество механических степеней свободы, повышение же температуры Вселенной в целом компенсируется ее расширением и сопутствующим охлаждением. Это также означает увеличение энтропии энергии, выделившейся в результате структурообразующего взаимодействия. В итоге получаем $\Delta S_{\text{з}} >> \Delta S_{\text{м}}$, что является условием необратимости процесса структурообразования. Таким образом, организация материи оплачивается диссипацией энергии, и пока Вселенная расширяется, процесс организации необратим.

Уровни организации вещества и их характеристики. Рассмотрим более подробно количественные характеристики уровней организации вещества. Для диверсификации используем три общих параметра систем: энергию связи, характерный размер и характерное время. В таблице 1 представлены опубликованные значения этих параметров для различных уровней интеграции материи [41]. Поясним смысл выбранных параметров.

Прежде всего, понятие уровня организации мы здесь сводим к более простому и измеримому – понятию *степени вложенности (иерархичности)*: нуклоны состоят из夸克ов, следовательно, уровень вложенности у них более высокий; ядра элементов состоят из нуклонов, – это еще более высокий уровень вложенности и т.д. Понятно, что под организацией мы понимаем связность элементов в системе. Большая связность – это большая организация, и наоборот. Далее, связность однородных элементов дает меньшую организацию, чем связность разнородных. Наконец, связность реализуется на разных уровнях интеграции, и чем больше таких уровней, тем выше организация. Более formalизованный подход пока еще не разработан, в литературе на этот счет нет общего мнения, однако для целей данной статьи указанного выше подхода, на наш взгляд, достаточно.

Энергия связи – это следующая объективная характеристика, которая может быть измерена. Она отражает общее свойство: воздействие

Иерархические уровни организации вещества

Уровень организации	Энергия связи, эв	Характерный размер, м	Характерное время, с
Кварки и лептоны (электроны)	—	10^{-18}	—
Нуклоны, системы из кварков	$0,3 \cdot 10^9$	10^{-15}	—
Ядра элементов, системы из нуклонов	$7 \cdot 10^6$	10^{-14}	$0,5 \cdot 10^{-23}$
Атомы, системы из ядер и электронов	30	10^{-10}	10^{-16}
Молекулы, системы из атомов	3	10^{-9}	10^{-10}
Макромолекулы, системы из малых молекул	0,2	10^{-8}	10^{-3}
Клетки прокариотов (органоиды), системы из макромолекул	—	10^{-6}	10^3
Клетки эукариотов, системы из прокариотов (органоидов)	—	10^{-5}	$3 \cdot 10^4$
Многоклеточные организмы, системы из клеток	—	$\frac{1}{0,001 - 10}$	$3 \cdot 10^7$
Семьи, стаи, популяции, системы из организмов	—	10^3 $0,1 - 10^5$	$3 \cdot 10^8 - 10^9$
Биоценозы (экосистемы), системы из популяций	—	10^4	10^{10}
Биосфера, система из биоценозов	—	10^7	10^{13}

какой энергии нужно приложить, чтобы разрушить систему (справедливо до уровней живых систем).

Характерный размер – также измеряемый параметр. Он отражает отношение к занимаемому системой пространству.

Характерное время отражает временной масштаб типичных изменений в системе. Этот параметр тоже измеряем.

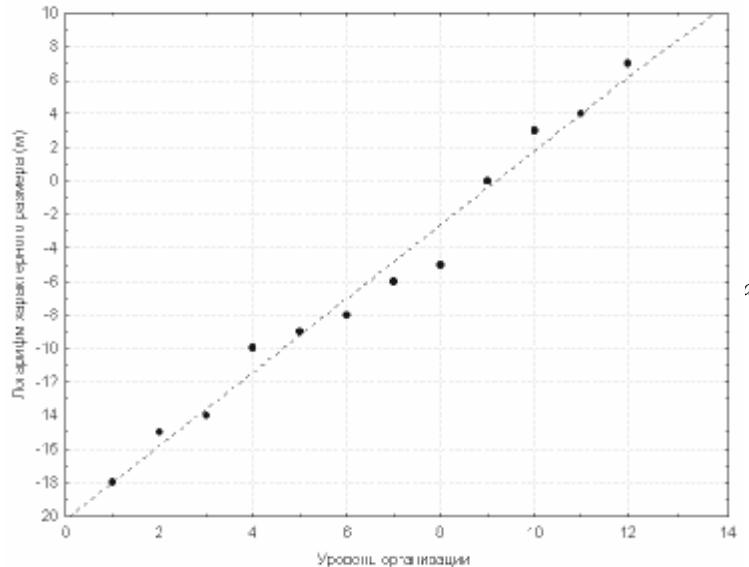
Можно (и было бы желательно) ввести еще один параметр – *интенсивность информационного обмена*, однако соответствующих опубликованных данных пока недостаточно.

Простой анализ данных, приведенных в таблице, позволяет увидеть два общих свойства у всех уровней организации материи в нашей Вселенной. Первое заключается в том, что все три параметра от уровня к уровню односторонне направлено изменяются скачком на порядки величин, иного-

да на три-шесть порядков, т.е. масштабы систем от уровня к уровню на порядки изменяются. Особенno это проявляется на низших уровнях организации. Именно данное свойство и позволяет нам легко выделять уровни организации по числу таких скачков.

Второе свойство – направленность изменений величин параметров. Энергия связи резко уменьшается, вплоть до того что становится незначимой на уровнях живых систем. Характерный размер резко возрастает. Также резко возрастает характерное время. Например, миг в жизни атома – это миллион актов обменов глюонов на уровне кварков или нуклонов. Один клеточный цикл бактерий (прокариоты) включает в себя 10^{13} химических актов. Целая эпоха на одном уровне соответствует однократному изменению на следующем. Почему это так – вопрос пока открытый, требующий изучения. Так устроена наша Вселенная.

Рассмотрим количественные соотношения изменения указанных параметров. На рис. 3 представлены графики изменения этих параметров при возрастании уровня организации. Для удобства изображения по оси ординат взята логарифмическая шкала. Как видно из рисунка, в указанных координатах исследуемые зависимости представлены прямыми линиями. Это свидетельствует об экспоненциальном характере изменений параметров от уровня к уровню. Например, характерный размер R как



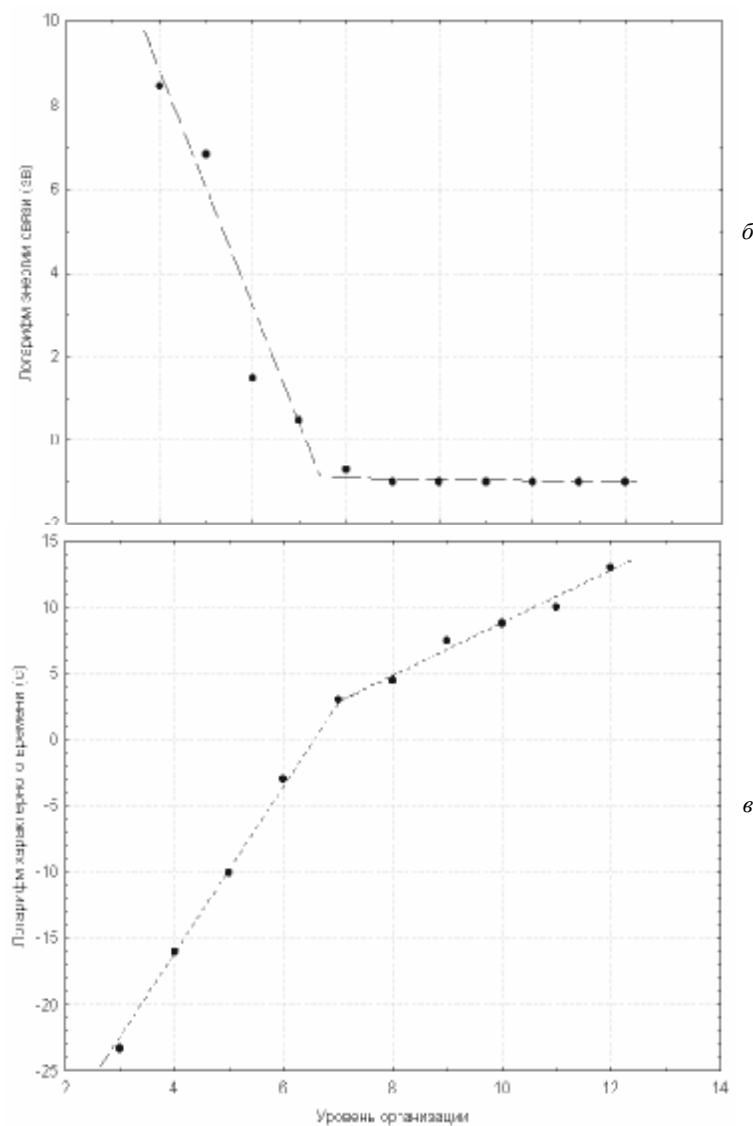


Рис.3. Характерные размер (a), энергия связи (b) и время (c)
в зависимости от уровня организации

функцию от уровня организации N можно выразить как $R(N) = R_0 e^{\alpha N}$, где $R_0 = (6,14 \pm 0,43) \cdot 10^{-21}$ м и $\alpha = 5,064 \pm 0,44$. Эта линия регрессии коррелирует с исходными данными с коэффициентом корреляции $r = 0,99$, что характеризует ее как высокодостоверную. Для энергии связи и характерного времени наблюдаемые прямые имеют явный излом на шестом-седьмом уровнях организации, соответствующий переходу к живым системам, однако слева и справа от излома налицо такие же экспоненциальные зависимости с соответствующими константами.

Обнаруженные закономерности имеют два важных следствия. Первое – это само наличие указанных закономерностей. Никакая известная теория их не предсказывает, и нельзя было ожидать, что они будут обнаружены, а ведь речь идет о фундаментальнейших явлениях. Следовательно, в наших знаниях о Вселенной существует серьезный пробел. Например, о чем свидетельствуют численные значения констант R_0 и α ? Очевидно, что R_0 несет информацию о самых начальных моментах эволюции Вселенной, а α вообще претендует на роль мировой константы или выводится из таковых.

Второе следствие – это наличие точки излома в момент перехода к живым системам. Оно очень символично и означает существенное изменение в сути интеграции на биологических уровнях организации: энергия связи становится незначимой, а характерное время начинает увеличиваться от уровня к уровню существенно более медленно.

Вертикальная и горизонтальная эволюция. Вернемся к дилемме “Спенсер – Дарвин”. Кто из них прав? Нам кажется, что это противопоставление искусственно. Прав и тот, и другой, ибо они описывали разные эволюции. Спенсер “увидел” эволюцию вертикальную: как возникают уровни организации материи – и описал ее на уровне своих знаний. Дарвин же занимался исключительно эволюцией организмов и применял свои методы. Он рассматривал эволюцию в пределах одного уровня организации, – мы ее называем горизонтальной. Другие толкования вертикальности и горизонтальности эволюции, которые есть в литературе, оставляем на усмотрение авторов.

Этот тезис можно развить. На каждом уровне организации есть своя горизонтальная эволюция. В отношении физических уровней она наиболее изучена применительно к ядрам элементов и атомам. Напомним, что эволюция ядер элементов осуществляется в звездах в ходе реакций термоядерного синтеза. Ее суть – образование более сложных ядер из более простых путем присоединения нуклона или ядра гелия. В ходе этих реакций образуются самые разные системы – ядра атомов,

ядра изотопов и т.д., однако сохраняются из них только устойчивые виды. Здесь действует тот же механизм естественного отбора, только суть его иная, чем на уровне организмов: сохраняются лишь те системы, у которых энергия связи выше энергии внешних (тепловых) воздействий. Такой механизм естественного отбора можно назвать энергетическим. Он же действует и на уровне эволюции атомов, и на уровне химической эволюции, и на более глубоких уровнях.

Этот механизм сменяется на дарвиновский на уровне живых систем, где энергия связи теряет свое значение и на первый план выходит обмен информацией, или негэнтропией. Здесь главными становятся информация (наследственная – геном или другие ее формы) и ее вариации, и естественный отбор осуществляется путем дифференциального размножения кинетически более совершенных полинуклеотидных матриц и систем. Такой механизм горизонтальной эволюции характерен для уровней прокариотов, эукариотических клеток и организмов. (Горизонтальную эволюцию надорганизменных систем мы пока не рассматриваем, поскольку в литературе еще нет общего мнения.)

Таким образом, в сложном эволюционном процессе одновременно присутствуют две линии усложнения: образование уровней организации и эволюция систем каждого уровня, вертикальная эволюция и горизонтальная.

* * *

В данной статье мы лишь кратко обосновали некоторые положения теории Спенсера о вертикальной эволюции – о становлении иерархических уровней организации материи. Эта важнейшая тема почему-то оказалась в поле внимания исключительно философов, хотя по содержанию она является естественно-научной. Представляется, что пристальное внимание физиков, химиков и биологов здесь просто необходимо. Конкретных фактов и закономерностей более чем достаточно, и нужно строить полную теорию. Настоящая статья больше порождает вопросов, чем дает ответов, но ведь и вопросы масштабны и ответы на них будут крайне результативными.

Примечания

1. См.: Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организация науки. – М.: Экономика, 1989. – Т. 1–2; Тимофеев-Ресовский Н.В. Структурные уровни биологических струк-

- тур. Системный подход в экологии // Системные исследования АН СССР. Институт истории естествознания и техники. – М., 1970. – С. 80–136; Кондрашин И.И. Диалектика материи: Системный подход к основам философии. – The Pentland Press Ltd., 1996 (цит. по: www.philosophy.ru/library/dialmr 07.09.03).
2. См.: Спенсер Г. Опыты научные, политические и философские. – Киев: Совр. литератор, 1998. – С. 1408.
 3. См.: Хокинг С. От Большого Взрыва до черных дыр: Краткая история времени. – М.: Мир, 1990.
 4. См.: Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц, XX век. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
 5. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 5. – С. 66–73; Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц...
 6. См.: Хокинг С. От Большого Взрыва до черных дыр...
 7. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия; Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц...
 8. См.: Хокинг С. От Большого Взрыва до черных дыр...
 9. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия.
 10. См.: Зельдович Я.Б., Блинников С.И., Шакура Н.И. Физические основы строения и эволюции звезд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003.
 11. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия.
 12. См.: Зельдович Я.Б., Блинников С.И., Шакура Н.И. Физические основы строения и эволюции звезд.
 13. Там же.
 14. См.: Хокинг С. От Большого Взрыва до черных дыр...
 15. См.: Семиохин И.А. Физическая химия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – С. 272.
 16. См.: Руденко А.П. Эволюционная химия и естественноисторический подход к проблеме возникновения жизни // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д.И.-Менделеева. – 1980. – Т. 25, № 4.
 17. Там же.
 18. См.: Габуда С.П. Связанная вода: факты и гипотезы. – М.: Наука, 1982. – С. 160.
 19. См.: Руденко А.П. Эволюционная химия и естественно-исторический подход к проблеме возникновения жизни.
 20. См.: Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки: В 3 т. – М.: Мир, 1994.
 21. См.: Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки; Шноль С.Э. Физико-химические факторы эволюции. – М.: Наука, 1979. – С. 201.
 22. См.: Шноль С.Э. Физико-химические факторы эволюции; Эйген М., Шустер П. Гиперцикль: Принципы самоорганизации макромолекул. – М.: Мир, 1982.
 23. См.: Эйген М., Шустер П. Гиперцикль: Принципы самоорганизации макромолекул.
 24. См.: Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки.
 25. См.: Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. – М.: Мир, 1983.
 26. См.: Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки.
 27. Там же.

-
28. См.: Кондрашин И.И. Диалектика материи: Системный подход к основам философии.
29. См.: Одум Ю. Экология: В 2 т. – М.: Мир, 1986.
30. Там же.
31. Там же.
32. См.: Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – 2-е изд. – М.: Наука, 1978.
33. См.: Вернадский В.И. О ноосфере // Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – С. 145–150.
34. См.: Спенсер Г. Опыты научные, политические и философские.
35. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия.
36. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия; Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц...
37. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия.
38. См.: Семиохин И.А. Физическая химия.
39. См.: Шноль С.Э. Физико-химические факторы эволюции; Эйген М., Шустер П. Гиперцил: Принципы самоорганизации макромолекул.
40. См.: Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия; Багров В.Г. Переход от квантовой механики к классической // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 5. – С. 66–71.
41. См.: Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции; Красилов В.А. Нерешенные проблемы теории эволюции. – Владивосток, 1986; Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия; Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц...; Семиохин И.А. Физическая химия; Руденко А.П. Эволюционная химия и естественно-исторический подход к проблеме возникновения жизни; Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки; Одум Ю. Экология; Багров В.Г. Переход от квантовой механики к классической.

Томский государственный
университет, г. Томск

Evdokimov, E.V. Evolution according to Spenser: the development of hierarchy in matter structure by stage-by-stage integration and further differentiation

The paper presents grounds for fundamental statements of Spenser's theory concerning vertical evolution. The development of hierarchic levels of matter structure is considered.