

УДК 573.5:54

## КОСМИЧЕСКИЕ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Цибулевский А.Ю.

*Российский государственный медицинский университет, Москва, e-mail: auts77@gmail.com*

В ключе проблемы происхождения жизни излагаются современные концепции возникновения и эволюции Вселенной. Приводятся сведения о формировании галактик, звезд, планетных систем, в частности Солнечной системы, Земли. Рассматриваются условия, при которых на космическом теле может возникнуть жизнь: удаленность звезды от центра галактики и необходимые характеристики ее орбиты, определенная степень зрелости звезды (нахождение в стационарной фазе), умеренная интенсивность ее излучения. При этом планета должна иметь массу больше массы Меркурия, но меньше массы Юпитера, вращаться на определенном расстоянии от звезды по круговой (или почти круговой) орбите, а также иметь угол наклона экватора к плоскости эклиптики близкий к  $25^\circ$ , что обеспечит оптимальный температурный режим на ее поверхности (значения в интервале  $0-100^\circ\text{C}$ , отсутствие резких суточных и годовых колебаний), умеренное давление, плотность и газовый состав атмосферы, наличие водных бассейнов.

**Ключевые слова:** Вселенная, Галактика, Солнце, Земля, жизнь

## COSMIC, GEOPHYSICAL AND CHEMICAL PRECONDITIONS OF THE ORIGIN OF LIFE ON THE EARTH

Tsibulevsky A.Y.

*The Russian state medical university, Moscow, e-mail: auts77@gmail.com*

Modern concepts of inception and evolution of the Universe are set forth, with special consideration given to the problem of the life origin. Information on the formation of galaxies, stars and planet systems, of the Solar system and the Earth in particular, is presented. Considered are the conditions under which life can arise on a cosmic body: the remoteness of a star from Galaxy center and the necessary characteristics of its orbit, degree of the star's maturity (its being in a stationary phase), a temperate intensity of its radiation. The mass of such planet should exceed that Mercury, but should be less than that of Jupiter, also the planet should move at a certain distance from the star in a circular (or nearly circular) orbit, also, its equator inclination to the ecliptic plane should be close to  $25^\circ$ , which would provide an optimal temperature regimen at its surface (values between  $0-100^\circ\text{C}$ , with no drastic diurnal and annual fluctuations), a moderate atmospheric pressure, density and gas composition, as well as availability of water basins.

**Keywords:** Universe, Galaxy, Sun, Earth, life

Системный и эволюционный подход к проблеме возникновения жизни на Земле предполагает рассмотрение данного вопроса в контексте исторического развития Вселенной, звездных и планетных систем. Именно с этих позиций должны быть охарактеризованы космические, геофизические и химические предпосылки происхождения жизни на Земле и других планетах. В соответствии с современными космологическими концепциями Вселенная возникла в результате взрыва в пространстве (теория Большого взрыва) или как объемное расширение пространства, пусковым моментом которого послужило гравитационное отталкивание, создаваемое вакуумной материей (для материи, находящейся в вакуумном состоянии – инфлантона – характерно огромное отрицательное давление) (инфляционная теория) [21, 23, 33]. Раннюю историю Вселенной от момента ее рождения до появления первых звезд ( $0-30\,000$  лет) принято делить на несколько эр [11]. О начальной эре (эра Планка), продолжительность которой составляла  $10^{-43}$  с, известно очень немного. Расчеты показывают, что размер Вселенной составлял

$10^{-33}$  см (что на 20 порядков меньше диаметра атомного ядра), а плотность –  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup>. При этом, несмотря на огромную плотность, в силу малого размера общая масса материи была сравнительно невелика (около  $10^{-5}-10^{-6}$  г). Считается, что к концу этой эры гравитационная сила отделилась от других видов фундаментальных взаимодействий (слабого ядерного, сильного ядерного и электромагнитного). За эрой Планка последовала эра инфляции, в течение которой ( $10^{-35}$  с) Вселенная расширялась с ускорением (мгновенное «вскипание»), от размера  $10^{-26}$  до 10 м) и ее температура была чрезвычайно высока (более  $10^{27}$  К). Существенно, что прогрессивное увеличение объема значительно опережало уменьшение плотности, вследствие чего масса материи во Вселенной возрастала. При этом закон сохранения массы и энергии не нарушался, так как новообразование массы порождало и новое тяготение этой массы; отрицательная энергия гравитации компенсировала положительную энергию материи и баланс энергии сохранялся [8]. С наступлением эры кварков (от  $10^{-32}$  до  $10^{-6}$  с) связывают образование из энергии огромного числа

пар кварков и антикварков, глюонов и других частиц и их аннигиляцию в энергию (состояние сингулярности). Вскоре размер Вселенной увеличился до 1 млрд км, а температура упала до  $10^{15}$  К. Именно уменьшением температуры объясняют факт «вымерзания» многих элементарных частиц – невозможность их рождения из фонового резервуара энергии. В этих условиях большая часть свободных частиц и античастиц аннигилировали, превратившись в кванты излучения. Однако этот процесс не носил абсолютно симметричного характера; количество частиц несколько превышало (на одну миллиардную долю) количество античастиц. Полагают, что именно из этих «избыточных» частиц возникло вещество наблюдаемой в настоящее время Вселенной. Предположительно в начале данной эры произошло отделение сильного ядерного взаимодействия, а в конце – разделение электрослабого взаимодействия на электромагнитное и слабое ядерное взаимодействие. Совпадение двух последних сил при чрезвычайно высоких энергиях, существовавших после начала расширения Вселенной, продемонстрировано в экспериментах на ускорителе элементарных частиц. В этих же условиях удалось получить плазму из кварков и глюонов, т.е. моделировать состояние сингулярности. Данное открытие было сделано американским физиком С. Вайнбергом с сотрудниками и удостоено Нобелевской премии в 1979 г. [2]. С этого момента силы природы и управляющие ими законы стали такими как в настоящее время. Объединение кварков, антикварков и глюонов в более массивные частицы – барионы (протоны и нейтроны и др.) ознаменовало наступление адронной эры ( $10^{-6}$ – $10^{-3}$  с). К этому периоду Вселенная расширилась до 100 млрд км, а температура снизилась до  $10^{13}$  К. На протяжении последующих эр (лептонной, эры нуклеосинтеза, эры радиационно-доминированной Вселенной и эры вещества) на фоне дальнейшего расширения (до диаметра в 100 млн световых лет) и остывания (до  $2700^{\circ}\text{C}$ ) во Вселенной происходили следующие события. В результате взаимодействия протонов, нейтронов, электронов и других частиц образовывались атомы водорода, гелия, гелия-3, дейтерия. «Обрастание» ядер водорода и гелия электронами приводило к увеличению количества нейтральных атомов – ионизированная плазма постепенно превращалась в нейтральный газ. Предполагают, что эти реакции продолжались 2–3 мин и в них были израсходованы все свободные нейтроны. Существенно, что на этой стадии эволю-

ции Вселенной произошло разделение вещества и излучения. Связанные в атомах электроны больше не рассеивали фотоны и последние могли свободно перемещаться в пространстве в виде излучения. Его следы регистрируются в настоящее время как реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение [27]. Далее в результате взаимодействия атомов легких элементов (водорода и гелия и др.) происходило образование атомов более тяжелых элементов (лития, бериллия), молекул и их комплексов – пылевых частиц. В этот период вещество во Вселенной было рассеяно почти равномерно. Причина, по которой из однородной газовой и газопылевой среды сформировались массивные космические тела, заключается, в первую очередь, в силе гравитации. В тех областях, где плотность вещества несколько превышала среднюю, сильнее было и притяжение, что приводило к тому, что более плотные образования становились еще плотнее (состояние гравитационной неустойчивости). Со временем исходно однородная масса дифференцировалась на отдельные сгущения. Полагают, что этот процесс первоначально носил крупномасштабный характер: формировались протоскопления галактик. При этом ведущую роль в их образовании играли ударные волны, возникающие при сжатии облака, когда скорость падения частиц под действием силы гравитации превышала скорость звука в данной среде. Предположительно наиболее вероятными областями возникновения предшественников скоплений галактик являлись узкие зоны (зазоры) между фронтами ударных волн, которые отличались высокой плотностью вещества и относительно низкой (по сравнению с прилегающими слоями) температурой. По мере уравнивания сил гравитации и внутреннего давления скопления галактик приобрели форму, приближающуюся к сферической. Их прогрессивную фрагментацию на сгустки – зародыши галактик и звезд связывают с гравитационной и тепловой неустойчивостью [20, 28]. Скопления галактик характеризуются отчетливым градиентом концентрации галактик – наиболее высокая в центре, наименьшая – на периферии. В механизме образования галактик важное место отводится *вихрям*, зарождающимся на фронтах ударных волн при прохождении через них протогалактических сгустков. Именно им будущие галактики обязаны своим вращательным движением (один из ведущих факторов их формирования). Существенную роль в процессе формирования галактик, по всей вероятности, также играли черные дыры, ко-

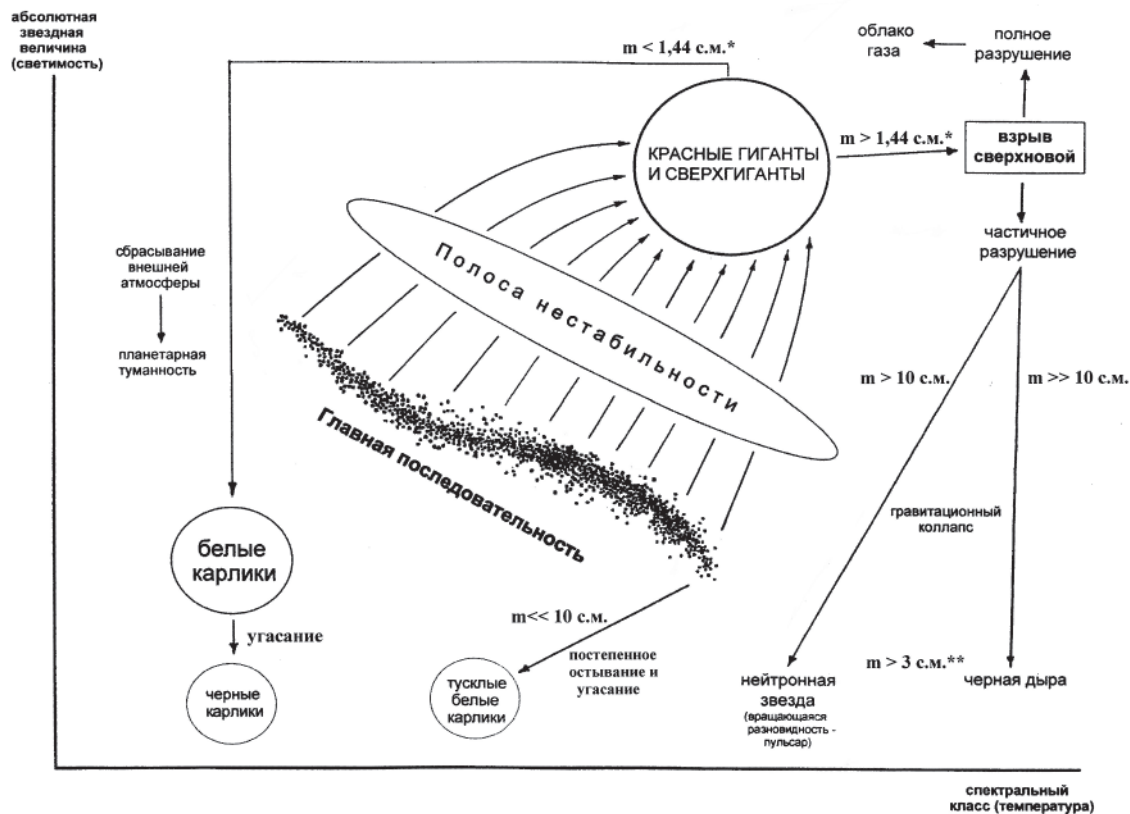
торые обнаружены в центре практически всех исследованных галактик [31, 36].

Опуская вопросы структурной организации и внутренней динамики галактик, обратимся к рассмотрению процесса возникновения звезд. Предполагаемыми прародителями звезд являются сгустки газа (облака), образующиеся в результате исходной неоднородности плотности вещества внутри галактик и действия сил гравитации [22]. Когда плотность такого объекта повышается до уровня, при котором гравитация преодолевает газовое давление (не менее 0,08 массы Солнца), облако начинает прогрессивно сжиматься (коллапсировать). Предполагают, что фактором, способствующим увеличению плотности последнего, могут быть ударные волны, возникающие при взрыве располагающейся неподалеку (по космическим масштабам) Сверхновой [18]. Коллапсирующее облако, в центре которого еще не достигнута температура, необходимая для начала термоядерных реакций, называется протозвездой. Когда температура повышается до нескольких миллионов градусов, запускаются термоядерные реакции, основной из которых является реакция слияния четырех атомов водорода в один атом гелия (протонно-протонный цикл). При этом источником излучения является разность масс четырех атомов водорода и одного атома гелия. Несмотря на, казалось бы, незначительную потерю массы в ходе данной реакции (0,7%), суммарный выход энергии (рассчитанный по уравнению Эйнштейна) достигает огромных величин. Так протозвезда превращается в звезду. Молодые звезды окружены газо-пылевой оболочкой, большая часть которой рассеивается под действием сильного «ветра», возникающего в момент рождения звезды. Из остатков газа и пыли, как будет рассмотрено ниже, возможно образование планет. Большую часть своего жизненного пути звезды находятся в состоянии динамического равновесия (для выхода на этот режим новообразовавшейся звезде требуется около 10 млн лет) – поддерживается баланс между двумя противоборствующими силами. С одной стороны, сила гравитации стремится сжать звезду, с другой – энергия, освобождающаяся в ходе ядерных реакций, заставляет звезду расширяться. Пока эти силы уравновешены, звезда находится в фазе, соответствующей «Главной последовательности» на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Время ее пребывания в этом состоянии зависит от массы звезды (для крупных звезд – не более 1 млн лет, поскольку они содержат больше ядерного горючего и сгорают быстрее, для более мелких – около

10000 млн лет) и занимает приблизительно 90% от времени ее жизни. Однако баланс между внутренним давлением и силой гравитации является весьма «хрупким» и часто нарушается под действием тех или иных внутренних и внешних причин. Об этом свидетельствует незначительная толщина Главной последовательности, а также тот факт, что звезды могут покидать ее на разных стадиях жизненного цикла (рисунок). Нарушение устойчивого состояния звезды наступает с того момента, когда в ней начинает иссякать запас ядерного горючего. Постепенно нарастающий дефицит водорода (более 10%) приводит к существенным изменениям в кинетике ядерных реакций, идущих в ядре звезды, в результате чего оно разогревается. Вследствие нарушения баланса вышеуказанных сил внутренняя структура звезды претерпевает глубокие преобразования, внешними проявлениями которых являются значительное увеличение ее размеров (несколько сотен миллионов км) и падение температуры наружных слоев (около 3000 °С). Звезда становится красным гигантом. Дальнейшая судьба звезд зависит от многих факторов, но главным образом, от их массы. Если в процессе описанных выше превращений звезда потеряла много материи и ее масса не превышает 1,44 массы Солнца (предел Чандрасекара), то она превратится в белого карлика. Характерными особенностями последних являются малые размеры (соизмеримые с диаметром Земли) и чрезвычайно высокая плотность вещества (в 1,5 млн раз превышающая плотность воды). Далее происходит их медленное остывание. В случае крупной звезды с массой более 1,44 солнечной она вспыхнет как Сверхновая. Во время вспышки она может разрушиться полностью, оставив после себя облако газа с фрагментами звездного вещества. В случае частичного разрушения сверхновая звезда превратится в нейтронную звезду или черную дыру. Выбор между этими двумя путями финального периода эволюции звезд также определяется их массой. Если данный параметр незначительно отличается (в сторону увеличения) от 10 солнечных масс, то звезда станет нейтронной звездой. Если же масса звезды многократно превышает массу Солнца, то она превратится в черную дыру. Механизм их возникновения принципиально сходен – гравитационный коллапс. Считается, что возможна трансформация нейтронной звезды в черную дыру в случае, если масса первой больше 3 солнечных масс (предел Оппенгеймера-Волкова) [15]. Следует специально отметить, что выбросы вещества активных звезд и остатки погибших звезд

являются важным источником химических элементов во Вселенной (углерода, кислорода, железа и более тяжелых). Полагают, что большинство галактик в своем развитии проходит взрывную стадию (стадию Сверх-

новых), в результате которой в межзвездном веществе увеличивается доля тяжелых элементов. Очевидно, что следующее поколение звезд будет иметь иной химический состав [11, 16].



Эволюция звезд (схема):

*s.m.* – солнечная масса; \* – предел Чандрасекара (1,44 с.м.);

\*\* – предел Оппенгеймера-Волкова (около 3 с.м.)

Как известно, распределение звезд в пространстве носит неравномерный характер, большинство из них сгруппировано в звездные скопления и галактики. Галактики характеризуются различными размерами и формой (спиральные, эллиптические и др.) и имеют сложную структуру [21]. Галактики входят в состав более крупных космических объектов – скоплений и сверхскоплений галактик. Множество последних образует трехмерную сильно разветвленную волокнистую сеть. Имеются факты, указывающие на то, что Вселенная характеризуется фрактальной структурой: на разных уровнях ее организации закономерным образом сочетаются однотипные топологические элементы – филаменты (волокна) и образования, напоминающие колесо (обод со спицами, «закрепленный» на цилиндрическом стержне). Необходимо иметь в виду, что все эти образования отчетливо прослеживаются только в масштабе до 200 Мпс.

Согласно современной стандартной космологической модели на самых больших пространственных масштабах (200–3000 Мпс и более) Вселенная представляется как однородная среда. В отношении «качественного» состава Вселенной считается, что на долю обычного вещества, основу которого составляют протоны и нейтроны (поэтому оно называется «барионным»), приходится около 4%. Остальную массу (приблизительно 20%) составляет темная материя, характерная особенность которой состоит в том, что ее частицы не участвуют в сильном ядерном взаимодействии. Другой отличительной чертой темной материи является равномерное распределение в пространстве (в любой его точке ее плотность составляет  $10^{-26} \text{ кг/м}^3$ ). В плане гравитационных характеристик темная материя ничем не отличается от «барионной». Количественно преобладая над обычным веществом, темная материя является мощным формообразова-

тельным фактором Вселенной. Энергетический профиль Вселенной характеризуется преобладанием темной энергии, в которую погружены все тела природы. В общем балансе энергии/массы в наблюдаемой Вселенной на ее долю приходится около 75% [37]. О природе темной энергии известно немного. Считается, что именно она создает силу всемирного антитяготения, которое наиболее демонстративно проявляется в таком космическом феномене как ускоряющееся разбегание галактик [24, 35].

Как указывалось выше, наиболее вероятными зонами зарождения звездных систем являются газопылевые (молекулярные) облака. Солнечная система, по всей видимости, не составляет исключения. Исходная протосолнечная туманность представляла собой гигантское холодное ( $-230^{\circ}\text{C}$ ) медленно вращающееся облако газа и пыли. Существенно, что в состав облака входили не только водород и гелий, но и различные тяжелые элементы. После достижения определенной плотности сила гравитации стала превосходить силу давления газа и оно начало сжиматься. Не исключено, что внешним толчком послужил взрыв близлежащей сверхновой звезды. В процессе сжатия размеры облака уменьшились, а скорость вращения (в силу закона сохранения углового момента) возросла. При этом материал газопылевой туманности под действием гравитации дифференцировался на плотную центральную часть (протосолнце) и диффузный внешний диск (протопланетарный диск). Наряду с этим изменялась и форма протосолнечной системы. Вследствие различия скоростей сжатия облака параллельно и перпендикулярно оси вращения происходило его уплощение. Повышение плотности приводило к увеличению вероятности столкновения частиц пыли и, как следствие, росту температуры, в наибольшей степени – в центральной области диска. Сжатие вещества (коллапс) в этой зоне резко повысило плотность, давление и температуру. Когда значение последней превысило критическую величину, запустились реакции термоядерного синтеза и протозвезда превратилась в звезду. При этом внешние области протосолнечной системы оставались относительно холодными. В соответствии с классической аккреционной моделью формирования планет (разработка которой связана с именами выдающихся русских ученых О.Ю. Шмидта и В.С. Сафронова), в этих областях будущей солнечной системы вследствие гидродинамических неустойчивостей стали появляться отдельные сгущения в виде концентрических колец [3]. Постепенно внутри колец в результате

конденсации мелких частиц стали формироваться планетезимали – небольшие тела из скальных пород и металлов с примесью льда. Считается, что важную роль в объединении твердых частиц играли органические молекулы, синтез которых в этих условиях происходил с высокой вероятностью [12]. Планетезимали под действием силы гравитации притягивали друг друга и слипались, образуя протопланеты. Следует подчеркнуть, что только планеты, обращающиеся вокруг Солнца по близким орбитам (средняя температура  $1100^{\circ}\text{C}$ ), могли сохранить состав своих протопланет-предшественников [29, 34]. Во внешних кольцах протосолнечного диска в условиях значительно более низких температур протопланеты из скальных пород и льда после достижения достаточно крупных размеров стали притягивать к себе большое количество окружающего газа (водород, гелий и др.) и превратились в газовые гиганты. Возникновение планет внутри колец объясняет тот факт, что все они вращались вокруг Солнца приблизительно в одной плоскости и в одном направлении. Предполагают, что фактором, инициирующим вращение планет вокруг своей оси, явилась их бомбардировка крупными метеоритами. Газ, пылевые частицы и сравнительно мелкие тела, оставшиеся после формирования планет и спутников, частично были вынесены солнечным излучением за пределы Солнечной системы, где сформировали сферическое облако Оорта (резервуар комет) [7]. Другая часть этого материала сконцентрировалась между орбитами Марса и Юпитера (главный пояс астероидов) и на периферии Солнечной системы (пояс Койпера) [19, 30]. Проведенные за последнее десятилетие исследования внесолнечных планетных систем, теоретический анализ результатов и компьютерное моделирование привели к необходимости ревизии и пересмотра классической аккреционной модели. Результатом ее творческой переработки явилась новая теория, получившая название теории последовательной аккреции. Основная идея этой теории заключается в том, что формирование планетных систем является сложным нелинейным многоэтапным процессом, определенные стадии которого закономерным образом повторяются и критично зависят от начальных условий. Именно с последним обстоятельством авторы связывают выраженное *разнообразие* наблюдаемых планетных систем [подробнее – см. 26].

Почему из всех планет Солнечной системы только на Земле возникла и стала активно развиваться жизнь? Этот вопрос является частным аспектом другого, бо-

лее масштабного вопроса: каким условиям должно удовлетворять космическое тело (в первую очередь, планета), чтобы на нем могла зародиться жизнь. Предполагают, что звезда, вокруг которой вращается такая планета, должна быть *зрелой* звездой, находящейся в стационарной фазе своего жизненного пути. Интенсивность излучения звезды должна быть умеренной (с температурой поверхности около 5000–6000 К, по спектральной классификации – «желтые карлики»). Ее физические характеристики должны сохраняться на относительно постоянном уровне в течение достаточно длительного периода (не менее 3,5 млрд лет – время, необходимое для возникновения живых организмов, широкомасштабной экспансии и формирования устойчивой саморегулирующейся биосферы). В этой связи большое значение имеют такие факторы как расстояние звезды от галактического центра и характеристики ее орбиты, определяющие продолжительность времен галактического года. Так, Солнце находится на расстоянии около 27 тысяч световых лет от центра Млечного пути (что соответствует приблизительно половине радиуса Галактики) и вращается вокруг центра по почти круговой орбите со скоростью около 254 км/с, совершая полный оборот примерно за 230 млн лет (галактический год). Существенно, что эта скорость примерно равна скорости спиральных рукавов, что означает, что Солнечная система проходит сквозь них чрезвычайно редко. Это даёт планетам длительные периоды стабильности для возникновения и развития жизни, так как спиральные рукава обладают высокой концентрацией потенциально опасных сверхновых звезд. Плоскость орбиты Солнца располагается вблизи плоскости симметрии галактического диска. Наряду с круговыми движениями по орбите, Солнечная система совершает вертикальные колебания относительно галактической плоскости, пересекая её каждые 30–35 млн лет и оказываясь то в северном, то в южном галактическом полушарии. Время пребывания ее в «среднем слое» галактического диска (галактическая зима) составляет 10–15 млн лет (по другим оценкам – 68 млн лет) и является наименее благоприятным в плане условий для возникновения и эволюции жизни на планетах. Дело в том, что в плоскости Галактики сконцентрированы огромные массы диффузной материи – межзвездного газа и космической пыли. Последняя экранирует и поглощает часть солнечного излучения, вследствие чего на планетах начинается похолодание и наступает ледниковый период. Кроме того, при прохождении Солнечной

системы через газово-пылевую плоскость существенно повышается активность Солнца, а также усиливается выпадение космических осадков на небесные тела и активизируется их геологическая активность [10]. В дополнении к изложенным выше требованиям, предъявляемым к небесным телам в плане необходимых условий для возникновения жизни, следует отметить, что планета должна иметь массу больше массы Меркурия, но меньше массы Юпитера, вращаться на определенном расстоянии от звезды по круговой (или почти круговой) орбите, а также иметь угол наклона экватора к плоскости эклиптики близкий к 25°. Только тогда на ее поверхности могут быть обеспечены условия, приемлемые для возникновения и развития жизни: оптимальный температурный режим на поверхности (значения в интервале 0–100 °С, отсутствие резких суточных и годовых колебаний), умеренное давление, плотность и газовый состав атмосферы, наличие водных бассейнов [17].

Земля с момента своего образования как космического тела до того предположительного периода, когда на ней появились первые живые существа, также претерпела ряд глубоких преобразований. Изначально планета характеризовалась сравнительно однородной структурой и небольшой температурой. Позже в результате интенсивной метеоритной бомбардировки происходил постепенный разогрев тела Земли, который привел к дифференциации ее вещества – более тяжелые компоненты (железо, никель, свинец) под действием гравитационного поля планеты сконцентрировались в ее центре, более легкие устремились на периферию [3, 6]. Существенно, что эти перемещения масс вещества сопровождались освобождением тепловой энергии. Таким образом постепенно сформировались различные по химическому составу и физическим свойствам основные структурные компоненты Земли – внутреннее и внешнее ядра, верхняя и нижняя мантия, кора [5, 32]. С процессами перестройки внутренней структуры планеты теснейшим образом связано возникновение гидросферы и атмосферы. Считается, что пары воды и газы образовались в недрах планеты и выходили на ее поверхность вместе с наиболее легкоплавкими веществами мантии в процессе вулканической деятельности [13, 14]. Примечательно, что количество выделившейся за время существования Земли воды составляет 7,5% от всей воды планеты, остальная часть сосредоточена в мантии. Не исключается, что часть воды была привнесена на планету из космоса в результа-

те массивированной бомбардировки Земли кометами, которые, как известно, содержат много воды. В пользу этого предположения говорят результаты определения изотопного состава воды (отношение дейтерий/протий) в одной из комет, выполненное с помощью космического телескопа [25]. Данный параметр оказался таким же, как у земной воды. Появление на Земле жидкой воды датируется 4,4 млрд лет назад [1]. Следует специально подчеркнуть, что при прохождении паров и капельно-жидкой воды через породы она насыщалась различными минеральными и органическими веществами. К этому надо добавить растворение в воде определенных компонентов, находящихся на поверхности суши и их глубокие преобразования под действием факторов внешней среды (солнечное излучение, грозовые разряды и др.). Таким образом, есть все основания полагать, что первичные водоемы Земли были заполнены водой с высоким содержанием разнообразных растворимых веществ, включающих большую часть известных химических элементов [38]. Среди них прежде всего следует выделить С, Н, О, N, Р и S. Именно эти элементы в силу уникального сочетания свойств (способность образовывать прочные одинарные и кратные ковалентные связи с различным энергетическим потенциалом, слабые нековалентные связи, способность формировать разнообразные молекулярные структуры и др.) составили химическую основу предбиологических систем и первых живых организмов. Дело в том, что образующиеся из этих элементов и их соединений (в первую очередь, формальдегида, цианида водорода, фосфатов, сульфидов) сложные органические вещества могли обладать способностью к фиксации информации, самокопированию, катализу, трансформации и аккумулярованию энергии, самоорганизации в надмолекулярные структуры [4, 9]. Первичная атмосфера, представляющая собой остаток газо-пылевого облака, была довольно быстро утрачена путем диффузионного ускользания вследствие сравнительно слабого гравитационного поля Земли. Формирование вторичной бескислородной атмосферы происходило в результате дегазации недр Земли на фоне активных геологических процессов.

На основании вышеизложенного можно прийти к заключению, что основными космическими, геофизическими и геохимическими предпосылками возникновения жизни на Земле явились следующие факторы. Удаленность Солнечной системы от центра Галактики и необходимые характеристики ее орбиты, определенная степень зрелости

звезды, умеренная интенсивность ее излучения, расположение Земли на определенном расстоянии от Солнца, угол наклона экватора планеты к плоскости эклиптики около 25°, благоприятный температурный диапазон, приемлемый фотопериодический режим, оптимальная масса Земли, дифференциация ее тела на ядро, мантию и кору и выход на поверхность легких химических элементов, наличие воды в капельно-жидкой форме и разнообразных неорганических и органических веществ.

#### Список литературы

1. Адушкин В.В., Витязев А.В. // Вестник Российской академии наук. – 2007. № 5. – С. 396.
2. Вайнберг С. Первые три минуты. – М.: Эксмо, 2011. – 208 с.
3. Витязев А.В., Печерникова Г.В., Сафронов В.С. Планеты земной группы: происхождение и ранняя эволюция. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
4. Галимов Э.М. Феномен жизни. – М.: УРСС, 2001. – 256 с.
5. Крылов М.В., Либенсон М.Н. // Вестник Российской академии наук. – 2008. – № 2. – С. 132.
6. Лоор Дж. (ред.) Земля. – М.: Аст-Астрель, 2004. – 520 с.
7. Маров М.Я. // Успехи физических наук. – 2005. – Т. 175. – С. 668.
8. Новиков И.Д. // Вестник Российской академии наук. – 2001. – №10. – С. 886.
9. Пармон В.Н. // Вестник Российской академии наук. – 2002. – № 11. – С. 976.
10. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. – М.: ЛКИ, 2008. – 144 с.
11. Рис М. (ред.) Вселенная. – М.: Аст-Астрель, 2006. – 512 с.
12. Снытников В.Н. // Вестник Российской академии наук. – 2007. – № 3. – С. 218.
13. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 506 с.
14. Хаин В.Е. // Вестник Российской академии наук. – 2003. – № 9. – С. 822.
15. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Горизонты вселенной. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 372 с.
16. Bailes M., Bates S., Bhalerao V. // Science. – 2011. – № 333. – P. 1717.
17. Blumberg B. // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2011. – № 369. – P. 508.
18. Blustin A. // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2007. – № 365. – P. 1263.
19. Ciesla F. // Science. – 2008. – № 319. – P. 1488.
20. Clery D. // Science. – 2011. – № 333. – P. 173.
21. Copeland E., Kibble T. // Proc. R. Soc. A. – 2010. – № 466. – P. 623.
22. Dunlop J. // Science. – 2011. – № 333. – P. 178.
23. Ehrenfreund P., Spaans M., Holm N. // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2011. – № 369. – P. 538.
24. Ferreira P., Starkman G. // Science. – 2009. – № 326. – P. 812.
25. Hartogh P., Lis D., Bockelée-Morvan D. // Nature. – 2011. – № 478. – P. 218.
26. Howard A., Marcy G., Johnson J. // Science. – 2010. – № 330. – P. 653.
27. Inoue K.T. // Astrophysical Journal. – 2007. – № 664(2). – P. 650.
28. Kauffmann G., Heckman T. // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2005. – № 363. – P. 621.
29. Kleine Th., Rudge J. // Elements. – 2011. – № 7. – P. 41.
30. Lauretta D. // Elements. – 2011. – № 7. – P. 11.
31. Neilsen D., Lehner L., Palenzuela C. // PNAS. – 2011. – № 108. – P. 12641.
32. Papineau D. // Elements. – 2010. – № 6. – P. 25.
33. Pettini M. // Proc. R. Soc. A. – 2011. – № 467. – P. 2735.
34. Rumble D., Young E., Shahar A., Weifu Guo // Elements. – 2011. – № 7. – P. 23.
35. Schilling G. // Science. – 2008. – № 319. – P. 27.
36. Unruh W. // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2008. – № 366. – P. 2905.
37. Vikhlinin A. // PNAS. – 2010. – № 107. – P. 7179.
38. Zahnle K., Schaefer L., Fegley B. // Cold Spring Harb. Perspect. Biol. – 2010. – № 2. – P. a004895.