

проекту, создаваемому с учетом эмпирического подхода к акустическим характеристикам. При этом осуществляется прямой оперативный контроль и нормирование акустических характеристик частично на этапах проектирования (доводки опытного образца) и в основном на этапе изготовления и эксплуатации. Основной управления на этом уровне служит конструктивно-технологическая модель машины, для которой установлена эмпирическая взаимосвязь модельных параметров с акустическими характеристиками. Иначе говоря, речь идет о мониторинге с эмпирическим решением на его основе обратной технической задачи повышения качества машины. На втором уровне этот проект как сложный информационно-энергетический комплекс включает акустический проект, созданный на основе системы моделей. На третьем уровне формируется экологический проект (синтез) машины, созданный на основе модели единой информационной системы функционирования машины, включающий также технические и другие критерии и обеспечивающий возможность управления машиной на всех трех стадиях жизненного цикла в ходе ее функционирования в техно- и биосфере.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Поболь О.Н.* Характеристики цивилизационного цикла развития синергетической структуры Вселенной и эволюция техногенных систем // Возвращение Пифагора Сорокина: материалы Междунар. науч. симпозиума (Москва, 4–9 февраля 1999 г.). М.: Московский общественный научный фонд, 2000. С. 513-523.
2. Владимир Иванович Вернадский. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944. № 18. Вып. 2. С. 113-120.
3. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
4. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. СПб.: Фонд им. В.И. Вернадского, 2008. 320 с.
5. *Поболь О.Н., Фирсов Г.И.* Экология и техносфера: проблемы и перспективы. I // Современные проблемы науки и образования. 2006. № 6. С. 74-75.

6. *Поболь О.Н., Фирсов Г.И.* Экология и техносфера: проблемы и перспективы. II // Современные проблемы науки и образования. 2006. № 6. С. 75.
7. *Поболь О.Н., Фирсов Г.И.* Экология и техносфера: проблемы и перспективы. III // Современные проблемы науки и образования. 2006. № 6. С. 75-76.
8. *Поболь О.Н.* Развитие структуры управления техносферой в условиях становления ноосферно-экологической цивилизации // Диалог и взаимодействие цивилизаций востока и запада: альтернативы на XXI век. Материалы 4 Международной Кондратьевской конференции (Москва, 15–16 мая 2001 г.). М., 2001. С. 375-382.
9. *Поболь О.Н.* Основы акустической экологии и шумозащита машин. М.: Знание, 2002. 272 с.
10. *Pobol O.N., Panov S.N., Firsov G.I.* The Ecological Acoustics of Machines: System Simulation and Machine Control in the Technosphere // Fourth International Congress on Sound and Vibration (St. Petersburg, 24–27 June 1996): Proceedings / ed. by M.J. Crocker and N.I. Ivanov. St. Petersburg, 1996. V. 2. P. 1107-1114.
11. *Поболь О.Н., Фирсов Г.И.* Информационная фаза эволюции техносферы и проблемы экологии // Новое в науке и производстве текстильной и легкой промышленности: сб. М.: Изд-во РосЗИТЛП, 2005. Вып. 2. С. 119-130.
12. *Поболь О.Н., Фирсов Г.И.* Структуризация уровней управления акустической безопасностью машин в техносфере // Экология и безопасность жизнедеятельности. Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2004. С. 106-107.

Поступила в редакцию 2 сентября 2012 г.

#### Pobol O.N., Firsov G.I. TECHNO-SPHERE, NOOSPHERE AND ECOLOGICAL PROBLEMS OF CONTEMPORARY TECHNOGENIC SYSTEMS

Laws governing the development of techno-sphere are determined by planetary evolutionary processes and therefore they must be comprehended in a new way. As a whole the meta-history of humanity is represented as the evolutionary time-spatial process, when on the Earth with the zodiac periodicity of the order of two thousand years are changed cultures and their carriers – cultural-historical types. The examination of the ecological problems of this level requires the deep analysis of structure and properties of techno-sphere.

*Key words:* techno-sphere; ecology; technogenic system; acoustic safety.

УДК 551.24

### ГЕОЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО И ГЕОСИСТЕМНЫЙ БАЗИС ИХ РАЗВИТИЯ

© С.Я. Сергин

*Ключевые слова:* геоэволюция; геотектоника; геосистемы.

Проводится анализ взглядов В.И. Вернадского на факторы геологической эволюции Земли – в сопоставлении с исходными положениями гипотез плейттектоники и плюмтектоники, а также с выводами, полученными автором статьи при разработке системной геотектонической концепции.

#### ВВЕДЕНИЕ

В научном наследии В.И. Вернадского большое место занимают мысли об эволюции земной коры в ходе геологической истории [1–2]. Земной корой он называл внешнюю оболочку твердого тела Земли с нижней границей вблизи изостатической поверхности планеты (на глубине 130–140 км). По его представлениям:

– подкорковые геосферы планеты находятся в квази-равновесном состоянии и почти не задействованы в геоэволюции;

– все реально известные процессы геоэволюции протекают в земной коре, которой свойственны системная организация, функциональная автономия (автаркия) и саморазвитие;

– геологическая эволюция – это изменения состава и строения земной коры, связанные с геохимическими круговоротами вещества и эволюцией биосферы;

– источники энергии геоэволюции – радиоактивные элементы в породах земной коры и солнечная радиация, ассимилированная живыми организмами и гипергенными минералами.

Ни одно из этих геологических (в сущности, геотектонических) представлений В.И. Вернадского не принимается во внимание в ныне доминирующих концепциях плейт- и плюмтектоники. В них считается, что источники энергии и механизмы тектогенеза приурочены к земному ядру и мантии Земли; литосфера участвует в тектогенезе как пассивная составляющая этих механизмов; биосфера с ее солнечной энергией и экзогенными геологическими процессами не играет существенной геодинамической роли.

В понимании факторов геоэволюции взгляды В.И. Вернадского противоположны позициям сторонников плейт- и плюмтектоники. Трудно представить, что ошибался основатель геохимии и учения о биосфере, опиравшийся на геологические знания, достижения химии и физики. С другой стороны, можно ли считать ошибочными идеи «новой глобальной тектоники», широко внедрившиеся в науку о Земле и круг знаний людей всего мира?

С нашей точки зрения, нет сомнений в надуманности идей плейт- и плюмтектоники. Вывод о неприемлемости плейттектоники отстаивали В.В. Белоусов [3], В.Н. Шолпо [4], другие специалисты науки о Земле. Дополнения к их аргументации и критика основ плюмтектоники изложены в работе [5], особенно в ее разделе 7.3. «Нуждается ли геология в революционных переворотах и новых парадигмах?». Цель данной статьи – вернуться к мыслям В.И. Вернадского о геоэволюции и показать, что они действительны и сегодня.

## 1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГИИ – ПЕРИСФЕРА ЗЕМЛИ

В настоящее время нет единого мнения в отношении объекта исследований геологии. Такая же ситуация имела место в эпоху В.И. Вернадского. Его позиция по этому вопросу следует из представления, что в геологической эволюции активную роль играют только биосфера и земная кора [1–2]. Способность земной коры к самоорганизации он объяснял наличием в ней твердого, жидкого и газообразного состояний материи; проникновением из биосферы в коровые оболочки круговых процессов миграции химических элементов; энергетической самодостаточностью коры. По его мнению, в подкоровых геосферах вещество находится в однородном глубинно-планетном состоянии и устойчивом равновесии: «Чрезвычайно характерно, что активная часть планеты – область геологических изменений – сосредоточена на поверхности планеты. Главная масса вещества планеты инертна и неподвижна в масштабе геологического времени» [2, с. 43].

В.И. Вернадский отвергал идеи кардинальных преобразований Земли в ходе геологической истории: «В геологии мы не видим – в пределах наблюдений – катастроф и резких нарушений устойчивости динамического уклада планеты» [2, с. 121]. Он отстаивал мнение о геологической вечности глубинных геосфер Земли, земной коры, вод океана, живого вещества, температурного режима планеты и геохимических циклов на

ней. Циклические события в развитии коры он считал частью геоэволюции.

По В.И. Вернадскому, система, где протекает геоэволюция, объективно ограничена рамками земной коры и биосферы. Подобный смысл многие геологи стали вкладывать и в понятие «тектоносфера». Тем не менее, в геотектонике возобладала идея глубинных механизмов геоэволюции: сжатия планеты, ее расширения, пульсаций ее объема, мантийной конвекции, мантийных плюмов и т. п. Они основаны на постулировании геодинамической активности ядра и мантии Земли. Объектом исследований геотектоники считается все твердое тело планеты.

Поскольку идеи о глубинных причинах тектогенеза гипотетичны, факт состоит в том, что все реально известные геологические процессы и структуры приурочены к перисфере Земли (включая астеносферу, литосферу, гидросферу, атмосферу и биоту). Перисфера – не пассивная среда протекания геоэволюции, а глобальная геосистема (ГГС), формирующая этот процесс, если она обладает свойствами динамической системы: 1) взаимодействием компонентов; 2) относительной обособленностью от внешней среды по зонам ослабленных связей; 3) источниками энергии. Рассмотрим этот вопрос.

Принадлежность к ГГС литосферы очевидна. Астеносфера функционально связана с литосферой: базальтовые выплавки из нее поднимаются по глубинным разломам и наращивают литосферу; перетоки вещества в астеносфере поддерживают глобальное литостатическое равновесие. Пониженная вязкость астеносферы, как отмечает М.Е. Артемьев [6], обеспечивает значительную автономность процессам, протекающим в литосфере (по отношению к подастеносферной мантии). Стало быть, нижняя граница ГГС соответствует подошве астеносферы.

С другой стороны, гидросфера, атмосфера и биота, взаимодействуя с литосферой, обуславливают экзогенные геологические процессы и участвуют в геоэволюции. Через литосферу они связаны с астеносферой, поскольку механизм изостатической компенсации реагирует на разрушение гор и осадконакопление, появление и стайвание ледниковых покровов. Следовательно, гидросфера, атмосфера и биота – компоненты ГГС, а верхняя граница системы приурочена к верхней атмосфере.

В целом компоненты перисферы взаимосвязаны и относительно обособлены от глубоких недр и космического окружения. По ресурсам энергии эта комплексная оболочка почти эквивалентна Земле (см. ниже). Она обладает всеми признаками динамической системы и названа «ГГС». Подобно биосфере, эта геосистема не включает внутреннюю область планеты (рис. 1). При глубинах нижней границы астеносферы 200–400 км масса ГГС не превышает 10 % массы Земли.

В исследованиях докембрия установлено, что еще в архее существовала система литосфера – гидросфера – атмосфера – биота, где происходило осадконакопление, подобное современному [7–8]. Существовала и астеносфера, о чем свидетельствует широкое распространение основных эффузивов. Следовательно, ГГС возникла в начале геологического этапа развития Земли.

В соответствии со своей компонентной структурой, ГГС обладает следующими источниками энергии:

1) теплогенерация в пределах литосферы и астеносферы ( $q_1$ );

2) приток тепла через нижнюю границу системы ( $q_2$ );

3) приток солнечной энергии через верхнюю ее границу ( $I$ ).

Если  $q_1$  и  $q_2$  представить в виде восходящих потоков тепла, то в стационарных термических условиях  $q_1 + q_2 = q_n$ , где  $q_n$  – тепловой поток на поверхности литосферы. В геологической истории источниками энергии тектогенеза (и  $q_n$ ) могли быть остаточное тепло аккреции Земли, гравитационная дифференциация вещества планеты, физико-химические реакции в ее недрах, приливные деформации Земли и распад радиоактивных элементов. По мнению многих специалистов, относительно строгой оценке поддается лишь радиоактивное тепловыделение, а роль остальных факторов неопределенна [9–10]. Имеются доводы, согласно которым все источники энергии, кроме радиоактивного, были активны только на догеологическом и раннем геологическом этапах развития планеты.

Современные значения  $q_n$  и вертикальное распределение температуры в Земле удовлетворительно описываются моделями, в которых учитывается только радиоактивный источник тепла [9, 11]. В соответствии с тепловой моделью Земли, предложенной Ф. Стейси [11], периферная составляющая этого источника обеспечивает тепловой поток  $q_1 = 0,05 \text{ Вт/м}^2$ , а нижележащая мантия и ядро – поток  $q_2 = 0,01 \text{ Вт/м}^2$ .

Источник энергии для ГГС и Земли в целом со стороны Космоса – солнечная радиация (инсоляция). Средняя плотность ее потока на внешней границе атмосферы ( $I$ ) составляет  $340 \text{ Вт/м}^2$  [5]. Доля инсоляции, поглощаемая поверхностью Земли, такова:  $I_n = I(1 - A) = 240 \text{ Вт/м}^2$ , где  $A$  – планетарное альbedo, равное 0,3. Поглощенная радиация затрачивается на климатообразование и функционирование биосферы, в т. ч. на экзо-

генные геологические процессы. После всех преобразований она почти полностью теряется в виде уходящего излучения Земли (рис. 1). Малой добавкой к последнему является  $q_n$ . Тем самым поддерживается стабильный термический режим планеты.

Данные об источниках энергии ГГС и системы Земля представим в виде притоков тепла к поверхности планеты ( $\text{Вт/м}^2$ ):

	ГГС	Земля
поглощенная солнечная радиация	240	240
собственное радиоактивное тепловыделение	0,05	0,06
приток радиоактивного тепла из глубин Земли	0,01	–

Практически все доступные для геоэволюции энергоресурсы Земли сконцентрированы в ГГС. Инсоляционный источник энергии обеспечивает наиболее масштабные (по массообмену) геологические процессы: глобальную денудацию, накопление осадков, образование осадочных пород. Возникает вывод об энергетической самодостаточности ГГС. Он распространяется на весь геологический этап развития Земли: согласно [12], на этом этапе светимость Солнца и радиоактивная теплогенерация в теле планеты не претерпели кардинальных изменений.

В гипотезах плейт- и плюмтектоники не учитывается концентрация энергии в периферии Земли. Следовательно, эти гипотезы не способны вскрыть реальные механизмы геоэволюции.

Факт существования ГГС открывает возможность системной постановки задачи изучения причин геоэволюции. С этой целью воспользуемся блок-схемой ГГС (рис 2).

Согласно схеме, главная часть задачи – исследование собственных динамических свойств ГГС и их роли в геоэволюции. Предусматривается возможность учета реальных воздействий на ГГС со стороны глубинных геосфер – в качестве возмущающих факторов. То же самое касается воздействий со стороны Космоса.

Из схемы на рис. 2 также следует, что ГГС, подобно другим динамическим системам, воздействует на окружающую (вмещающую) среду и неизбежно изменяет ее. Воздействие ГГС на нижнюю мантию, как показано в [5], обуславливает пространственные различия свойств мантии, выявленные сейсмической томографией. Они возникают вследствие особенностей функционирования разных областей ГГС. Из воздействий ГГС на околоземное космическое пространство большой интерес представляет то, что там находится внешняя часть геомагнитного поля, которое генерируется в пределах ГГС [5], а не в земном ядре.

## 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРИСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Последователи В.И. Вернадского главное внимание уделяют изучению биосферы. По нашему мнению [5, 13–14]), акцент переведен на системную организацию перисферы. Функциональные ее блоки – это литосфера и астеносфера, глобальная экологическая система (ГЭС), глобальная климатообразующая система (ГКС), ансамбль геосинклинально-орогенных систем (ГОС), ансамбль разломно-магматических систем (РМС). Все блоки охвачены взаимными и обратными связями (рис. 3).



Рис. 1. Компонентная схема глобальной геологической системы [5]

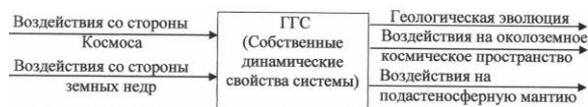


Рис. 2. Блок-схема глобальной геологической системы с ее входами и выходами [13–14]



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Закономерности состава, строения и развития земной перисферы В.И. Вернадский выявлял в границах реальных знаний. Тот же принцип заложен в разработку системной геотектонической концепции. Ниже представлены основные выводы этого исследования. В них явственно проступают воззрения В.И. Вернадского.

1. Объектом исследований геологии является перисфера – глобальная геологическая система. ГГС обладает относительной обособленностью, функциональной организованностью, энергетической самодостаточностью. Геологическая эволюция – это проявление, главным образом, собственной динамики ГГС.

2. Все компоненты ГГС существовали в начальную эпоху геологического развития Земли. Их геологическая вечность предопределила преемственность геоэволюции. В частности, сохранялась географическая стабильность областей существования океанических и континентальных платформ.

3. Радиогенный и инсоляционный источники энергии Земли сосредоточены в ГГС. Этот и некоторые другие факторы обуславливают протекание геоэволюции именно в ГГС. Глубокие земные недра почти лишены источников тепла. Повышенная их температура – всего лишь следствие низких теплопотерь.

4. Главные механизмы геоэволюции – это круговороты вещества в перисфере, обусловленные совместной работой всех подсистем ГГС (рис. 3). Они порождают экзогенную сепарацию химических элементов и соединений, что влияет на развитие литосферы. Континентальная литосфера приобретает отличие от океанической по составу, плотности и гипсометрическому положению.

5. Океаническая литосфера – это слоисто-линзовая толща эффузивных базальтов с прослоями метаморфизованных осадочных отложений. Базальты выплавляются из астеносферы при образовании разломно-магматических систем (РМС). Сети РМС активно возникают в холодные геологические периоды, подобные кайнозойскому. Литосфера пронизана преимущественно вертикальными базитовыми дайками, которые остаются после отмирания РМС.

6. Континентальная литосфера – генетически более сложная. Нижний ее этаж – это ранее возникшая океаническая литосфера, а верхний – это коровая (в т. ч. гранитно-метаморфическая) толща, сформировавшаяся в ходе геосинклинально-орогенных циклов и последующего платформенного осадконакопления.

7. Область былых биосфер включает, наряду с осадочным и гранитно-метаморфическим слоями, все нижележащие слои литосферы. Эти слои постепенно ассимилируются астеносферой – особенно под океанами, где сосредоточены РМС, активны процессы эффузивного выноса базальтовой магмы из астеносферы и сопутствующего оседания литосферы.

8. Горно-складчатые структуры Земли – это результат развития геосинклинально-орогенных систем (ГОС). Развитие ГОС включает циклы: накопление осадочных толщ – реализация имеющейся в них химической энергии, региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и орогенез. Энергия отложений заключена в гипергенных минералах, органическом веществе и повышенной концентрации радиоактивных элементов.

9. ГГС – автоколебательная система. Это ее свойство – причина глобальных геологических (геотектонических) циклов, включая чередование теплых и холодных геологических периодов. Циклы отражают взаимодействие биосферной и тектоносферной областей ГГС. Они генерируются в связи с геосинклинально-орогенными циклами и саморазвитием оледенения Земли в эпохи орогенеза.

10. Поступательная геологическая эволюция обуславливается необратимыми изменениями перисферы в ходе геосинклинально-орогенных и глобальных геологических циклов. Решающую роль играет разрастание континентов. Оно влечет за собой увеличение разнообразия биоты, усложнение биосферы, похолодание климата Земли, активизацию экзогенных и эндогенных геологических процессов. В перспективе все материи объединятся континентальными «мостами». Мировой океан распадется на отдельные бассейны, имеющие разные уровни и соединенные проливами.

В.И. Вернадский отрицал идеи мобилизма, контракции Земли, ее расширения, пульсаций ее объема. Он упрекал отечественных сторонников этих идей за нежелание следовать реальным знаниям [1–2]. Его упрек переходит и на ученых, внедрявших в Советском Союзе и России идеи плейт- и плюмтектоники. Они помогли образованию в геологической науке монополии (парадигмы) «новой глобальной тектоники», которая олицетворяет застой в теоретической геологии, процветание в ней откровенно фантастических геоэволюционных идей и построений.

Научное наследие В.И. Вернадского помогает противостоять геологическому мифотворчеству. Не случайно многие его последователи, в т. ч. географы, проявили критическое отношение к «новой глобальной тектонике». Это наследие дает отечественной геологии преимущества в решении реальных и устранении надуманных проблем геотектоники и геоэволюции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. 422 с.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы и ее окружения. М.: Наука, 2001. 376 с.
3. Белоусов В.В. Тектоника плит и тектонические обобщения // Геотектоника. 1991. № 2. С. 3-12.
4. Шолто В.Н. Роль эмпирических обобщений и гипотез в геотектонике // Отечественная геология. 2004. № 2. С. 41-49.
5. Сергин С.Я. Системная организация процессов геологического развития Земли. Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. 360 с.
6. Артемьев М.Е. Современное состояние проблемы изостазии // Строение и эволюция тектоносферы. М.: ИФЗ АН СССР, 1987. С. 216-252.
7. Сидоренко С.А. Органическое вещество и биолитогенные процессы в докембрии. М.: Наука. 1991. 104 с.
8. Nutman A. P., Friend C.R.L., Bennett V.C. Review of the oldest (4400-3600 Ma) geological and mineralogical record: glimpses of the beginning // Episodes. 2001. V. 24. № 2. P. 93-100.
9. Любимова Е.А., Любошиц В.М., Парфенюк О.И. Численные модели тепловых полей Земли. М.: Наука, 1983. 126 с.
10. Хаш В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
11. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
12. Войткевич Г.В., Бессонов О.А. Химическая эволюция Земли. М.: Недра, 1986. 212 с.
13. Сергин С.Я. Глобальная геологическая система и системная геотектоническая концепция // Исследование и формирование геосистем. Туапсе, 2009. С. 7-40.
14. Сергин С.Я. Системная геотектоническая концепция: основы формирования и главные выводы // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 2011. № 15. Вып. 16. С. 109-120.

15. *Huston D.L., Blewett R.S., Champion D.* Australia through time: its tectonic and metallogenic evolution // *Episodes*. 2012. V. 35. № 1. P. 23-43.

Поступила в редакцию 27 сентября 2012 г.

Sergin S.Y. V.I. VERNADSKIY VIEWS ON GEO-EVOLUTION AND GEO-SYSTEM BASIS FOR THEIR DEVELOPMENT

The views of V.I. Vernadskiy on factors of Earth geological evolution are under analysis in comparison to initial statements of the plate-tectonic and plume-tectonic, and with derivatives from systemic geotectonic conception which the article's author made.

*Key words:* geo-evolution; geotectonic; geosystems.

УДК 523.4:551.7

## АСТЕРОИДНО-МЕТЕОРИТНАЯ БОМБАРДИРОВКА ЗЕМЛИ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ РУБЕЖИ

© В.И. Сиротин

*Ключевые слова:* метеориты; астероиды; бомбардировка; импакты; планеты.

На основе данных сравнительной планетологии в истории Земли выделено девять этапов, часть из них подтверждены усилением астероидно-метеоритной бомбардировки.

В подавляющем количестве публикаций по сравнительной планетологии кратерированные поверхности Луны, Меркурия и Марса признаются результатом метеоритной (импактной) бомбардировки [1–5]. Для Луны выделяется пять периодов (систем) формирования кратерированной поверхности: 1) донектарисовая (4,5–3,92 млрд лет), 2) нектарисовая (3,92–3,85 млрд лет), 3) имбрианская (3,85–3,15 млрд лет), 4) эратосфенская (3,15–1,0 млрд лет), 5) коперниканская (1,0 млрд лет до ныне) [2, 4]. Предполагается, что бомбардировка имела неравномерный характер, т. е. имели место эпохи активизации и затухания в доставке импактов. Для Меркурия, вероятно, будут выделены также периоды кратерирования, пока же известны более молодые сильно кратерированные и более древние менее кратерированные (гладкие равнины с погребенными кратерами-фантомами) местности [1]. Знаменитый бассейн Калорис на Меркурии диаметром 1340 км имеет возраст 3,85 млрд лет, что хорошо согласуется с возрастом бассейнов Имбриум и Ориентел на Луне [2]. Для Луны, Земли и других внутренних планет предполагается заметное ослабление в доставке метеоритного материала в коперниканский период. Образование импактных кольцевых структур на Луне явилось спусковым механизмом для последующего заполнения их (с отставанием в несколько десятков млн лет) лавовыми покровами базальтов. На внутренних планетах отмечен, наряду с площадным, вулканизм центрального типа: знаменитые щитовые вулканы Марса (Олимп, Арсия, Аскрийя, Павлина, Альба), а также открытый в конце января 2008 г. американским космическим аппаратом гигантский вулкан на Меркурии с диаметром основания в 600 км, вулканы Венеры [2, 5].

Вулканическая деятельность связана с эволюцией самих планет (внутренние факторы), но опосредованно на нее может влиять метеоритно-астероидная бомбардировка (внешние космические факторы). Таким образом, следует различать вулканизм импактный и вулканизм, вытекающий из тепловой истории планеты, ме-

ханизма выделения, накопления и потери тепла. Земля теряет тепло в зонах спрединга, субдукции, коллизии, а также путем кондукции на обширных площадях древних платформ и прилегающих участков шельфа, континентального склона и в ложе Мирового океана, в т. ч. через систему трансформных разломов. Эта организованная система отдачи тепла предохраняет Землю от перегрева и расплавления [2, 5].

За все геологическое время на Земле сохранилось доныне около 150 импактов-кратеров. Распространены они чрезвычайно неравномерно, большая их часть приходится на Северную Америку, Европу и Австралию. Самый юный кратер-импакт Земли находится в штате Аризона (США). Возраст его оценивается в 50 000 лет, диаметр – около 1,2 км, а глубина – около 200 м [2]. Эти данные говорят о том, что астероидно-метеоритная бомбардировка, хотя и убывала со временем, продолжалась в течение всей геологической истории и имела пульсационно-прерывистый характер. Подтверждением этого явились данные, приведенные группой американских ученых на международном симпозиуме по сравнительной планетологии в г. Москве в октябре 2007 г. по результатам исследования кратерированной поверхности долины Мангала на Марсе [6] на площади, ограниченной 12,0–19,6° южной широты и 148,7–150,7° западной долготы. Подсчет кратеров осуществлялся с учетом геологической истории долины Мангала, в течение которой сформировались разноуровневые (и следовательно, разновозрастные) террасы под влиянием периодически возникающей водной эрозии. В свою очередь, водные потоки появлялись под влиянием резкого усиления бомбардировки поверхности, приуроченной к рубежам 3,5; 1,0; 0,4–0,5 и 0,2 млрд лет. Возможно, в будущем будут установлены и другие рубежи (например, 2,6 млрд лет, 1,65 млрд лет). Таким образом, с учетом суммирования всех известных данных по астероидно-метеоритной бомбардировке, можно выделить в истории Земли [4]: