

Наука строится из фактов, как дом из кирпичей, но простое собрание фактов столь же мало является наукой, как куча камней – домом.

То за кажущейся сложностью скрывается простота, то, напротив, видимая простота на самом деле таит в себе чрезвычайную сложность.

Анри Пуанкаре

ВВЕДЕНИЕ

Роль теории, как системы руководящих идей и принципов, в любой естественноисторической науке, прежде всего, состоит в том, что она позволяет правильно понимать сущность наблюдаемых природных явлений, отвечает на вопросы почему и, следовательно, позволяет нам выявлять причинно-следственные связи, управляющие ходом развития этих явлений и скрытых за ними процессов. Помимо простого объяснения уже известного круга явлений современная научная теория должна позволять количественно рассчитывать основные их характеристики и, что главное, обладать прогностической силой: предсказывать существование тех явлений, о которых до появления теории еще ничего не знали, и, кроме того, позволять рассчитывать протекание таких процессов в будущем. Адекватные и наиболее общие научные теории должны учитывать и включать в себя все факты полного круга явлений, входящих в данную область науки. При этом в пределах такого круга явлений у современной теории исключений быть не должно.

Существует несколько критериев проверки правильности рассматриваемой теории. Во-первых, она должна быть внутренне непротиворечивой, прочно опираться на современную физику и не противоречить ее законам и фундаментальным принципам. Во-вторых, теория, объективно отражающая действительность, должна быть самосогласованной и принципиально позволять с единых позиций и количественно объяснять все явления и процессы, изучаемые в данной области естествознания с присущим рассматриваемой теории приближением. Известными примерами теорий, описывающих природные явления с разными степенями приближения, могут служить ньютоновская, релятивистская и квантовая механика в физике, эволюционная и молекулярная генетика в биологии и т.д. Наконец, любая научная теория должна допускать свою количественную проверку путем постановки прямых или косвенных контрольных экспериментов, позволяющих проверять ее предсказания.

Следует особо подчеркнуть исключительно большую роль правильной научной теории при решении практических задач, поскольку такая теория позволяет корректно рассчитывать, а иногда и направленно управлять интересующими практикой природными процессами. С другой стороны, именно практика и эксперимент являются основными критериями истинности познания, обычно проявляющегося в форме создания самих научных теорий.

В этой книге мы постарались с единых позиций описать наиболее общую теорию развития нашей планеты, достаточно полно отвечающую перечисленным выше

требованиям, и показать, что адекватное описание геологической эволюции Земли можно выполнить, пользуясь сравнительно простой физической моделью глобальных процессов. Теория эта строится на двух основных предположениях и одном физическом принципе.

Согласно наиболее обоснованным гипотезам происхождения планет Солнечной системы, предполагается, что Земля образовалась около 4,6 млрд лет назад за счет гомогенной (однородной) аккреции газопылевого протопланетного облака. Отсюда первое предположение: молодая Земля характеризовалась однородным составом – у нее еще не было ни плотного ядра, ни легкой земной коры. Кроме того, тот факт, что возраст наидревнейших магматических пород земной коры приблизительно на 600 – 800 млн лет моложе наиболее вероятного времени образования самой Земли, практически однозначно свидетельствует о том, что первичная Земля была холодным космическим телом. В противоположность этому древнейшие изверженные породы мощной лунной коры, анортозиты, возраст которых 4,6–4,4 млрд лет, являются крайними членами магматической дифференциации ультраосновных пород, что убедительно свидетельствует о первично горячем, расплавленном и дифференцированном состоянии Луны. Об этом же говорят и отношения изотопов свинца: “ураганные” значения отношений радиогенных изотопов свинца к его стабильному изотопу в лунных породах и умеренные значения этих же отношений в земных породах (подробнее см. гл. 3).

Для определения химического состава первичной Земли, с которым связана вся эндогенная энергетика планеты, необходимо было задаться составом земной коры, мантии и земного ядра. Составы первых двух геосфер известны по эмпирическим данным, тогда как состав земного ядра всегда остается только гипотетичным. Отсюда второе предположение: мы приняли и постарались обосновать, что состав внешней оболочки земного ядра (внешнего ядра) отвечает эвтектическому сплаву железа с его окисью, а внутреннее ядро состоит из сплава железа с никелем. В этом случае оказывается, что первичное земное вещество содержало приблизительно 13% свободного (металлического) железа и около 23% его двухвалентной окиси.

Следуя основным началам термодинамики, в основу теории эволюции Земли положен первый закон термодинамики и физический принцип, согласно которому наибольший вклад в развитие нашей планеты вносили энергетические процессы, в максимальной степени снижавшие потенциальную (внутреннюю) энергию как самой Земли, так и системы Земля – Луна. Поскольку выделяемое этими процессами тепло в конце концов терялось с тепловым излучением планеты в мировом пространстве, развитие Земли и системы Земля – Луна оказывается необратимым.

В качестве краевых условий эволюционной теории выступают данные по строению и составу современной Земли, а также геологическая летопись ее развития. Кроме того, необходимо принимать во внимание условие сохранения момента количества движения в системе Земля – Луна и примечательное совпадение этого момента с тем его значением, при котором Луна попадает на предел Роша Земли и обе планеты обладают синхронными угловыми скоростями собственного вращения (с периодом около 6 часов). Это обстоятельство свидетельствует не только о тесном приливном взаимодействии Земли и Луны на ранних этапах развития нашей планетной системы, но и о том, что Луна когда-то действительно находилась на пределе Роша. Учитывая теперь такое сильное взаимодействие молодой Земли с Луной, нельзя пройти мимо и другого примечательного факта – совпадения времени проявления базальтового магматизма на Луне с появлением около 4,0–3,8 млрд лет назад древнейших изверженных пород земной коры, отметивших собой начало тектонической активности Земли.

Необходимо учитывать также, что на рубеже архея и протерозоя около 2,6 млрд лет назад произошли самые грандиозные за всю историю Земли тектонические события Кеноранского диастрофизма и произошло самое радикальное изменение природы

процессов формирования земной коры: в архее это флюидальные структуры гранит-зеленокаменных поясов, а в протерозое и фанерозое – линейные элементы тектоники литосферных плит. Представляется весьма вероятным связать такие события с катастрофическим процессом образования у Земли “зародыша” земного ядра. Об этом же свидетельствует и формирование уникальных месторождений полезных ископаемых раннего протерозоя.

Согласно описываемой здесь наиболее общей геологической теории, главным планетарным процессом, управляющим эволюцией Земли, является процесс химико-плотностной дифференциации земного вещества, приводящий к выделению и росту в центральных областях Земли плотного окисно-железного ядра и к возникновению в ее силикатной оболочке, т.е. в земной мантии, химико-плотностной конвекции. В настоящее время с этим процессом выделяется около 90% эндогенной энергии. На втором месте по мощности стоит процесс распада радиоактивных элементов – около 9% энергии, и, наконец, приливные деформации в теле Земли выделяют еще около 1% эндогенной энергии. Однако соотношения этих трех видов энергии на протяжении всей истории существования Земли не были постоянными. Так, при образовании Земли почти полностью доминировала гравитационная энергия аккреции планеты; в молодой Земле превалировало выделение приливной энергии, а, начиная с архея, т.е. с момента возникновения эндогенной тектонической активности Земли и до сих пор, доминирует выделение энергии гравитационной дифференциации земного вещества. Выделение же энергии распада радиоактивных элементов в недрах Земли никогда не играло ведущей роли.

Под влиянием мантийных конвективных течений верхняя, жесткая оболочка Земли – ее литосфера – оказывается разбитой на ряд плит, перемещающихся по поверхности горячей и пластичной мантии. В тех местах, где плиты расходятся, образуется новая литосфера с океанической корой на поверхности и возникают срединно-океанические хребты с рифтовыми зонами на их гребнях. В тех местах, где плиты сходятся и надвигаются друг на друга, одна из плит погружается в глубины мантии, а на окраине другой плиты возникают сопряженные структуры глубоководных желобов с островными дугами или активными окраинами континентов андийского типа. В этих же зонах поддвига плит (в зонах субдукции) формируется континентальная кора за счет переплавления пододвигаемой под нее океанической коры и осадков.

Современная мантия, как и первичное вещество молодой Земли, в среднем характеризуется однородным составом с очень низким содержанием большинства рудных и редких элементов. Поэтому формирование месторождений большинства эндогенных полезных ископаемых в рассматриваемой теории объясняется взаимодействием гидросферы с океанической корой и многократной переработкой (рециклингом) вещества континентальной коры и океанических осадков в зонах поддвига литосферных плит. Образование экзогенных полезных ископаемых всегда контролировалось дрейфом континентов и климатическими зонами Земли.

Эволюция жизни на Земле происходила по “биологическим законам”, но под сильным контролем внешних геохимических и климатических условий. Основные биологические преобразования жизни, начиная от ее происхождения в самом начале архея и до появления ее высших форм на рубеже протерозоя и фанерозоя, а также дальнейшая эволюция жизни в фанерозое, всегда совпадали с главными планетарными и геолого-тектоническими рубежами в развитии самой Земли.

Разные аспекты эволюции Земли, в том числе ее тектоническая активность, строение, геохимия оболочек, тектоника литосферных плит, формирование земной коры и связанных с нею полезных ископаемых, происхождение океанов, атмосферы, развитие жизни и другие эволюционные проблемы, рассматриваются в монографии с единых позиций предлагаемой общей теории. Постоянная проверка выводов теории на их соответствие геологическим данным позволяет нам надеяться, что приведенная здесь теория в общем адекватно описывает эволюцию Земли в прошлом, а это позволило нам

выполнить ряд прогнозных оценок ее развития в будущем. Тем не менее мы далеки от мысли, что эта теория уже полностью совершенна. Наоборот, мы полагаем, что в дальнейшем она будет еще углубляться, совершенствоваться и развиваться далее.

Как уже отмечалось выше, любая теория проверяется ее сопоставлением с реальными фактами и событиями, и чем больше при этом получается совпадений, тем вернее сама теория. Рассматриваемая здесь общая теория развития Земли смогла объяснить большинство известных глобальных событий и процессов, происходивших в геологической истории нашей планеты. В книге приведены многочисленные примеры таких объяснений. Кроме того, эта наиболее общая теория была полностью согласована с современной геологической теорией – тектоникой литосферных плит.

Физический подход к проблемам развития Земли требует проведения оценочных расчетов, немислимых без использования уравнений математической физики. При этом анализ физических явлений и процессов значительно удобнее осуществлять в абсолютной физической системе единиц СГС (CGS), в которой основными единицами являются сантиметр, грамм и секунда. Перевод из системы СГС в систему СИ с базовыми единицами метр, килограмм и секунда может осуществляться по следующим соотношениям:

Длина	$1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$
Масса	$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$
Площадь	$1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$
Объем	$1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$
Сила	$1 \text{ дина} = 10^{-5} \text{ Н}$
Плотность	$1 \text{ г/см}^3 = 10^3 \text{ кг/м}^3$
Работа и энергия	$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$
Мощность	$1 \text{ эрг/с} = 10^{-7} \text{ Вт}$
Давление, модули упругости	$1 \text{ дин/см}^2 = 10^{-1} \text{ Н/м}^2 = 10^{-1} \text{ Па}$
Динамическая вязкость	$1 \text{ П (пуаз)} = 10^{-1} \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2 = 10^{-1} \text{ Па}\cdot\text{с}$
Ускорение силы тяжести	$981 \text{ см/с}^2 = 9,81 \text{ м/с}^2$

Кроме того, мы будем пользоваться некоторыми удобными и привычными внесистемными единицами:

давление:

$$\begin{aligned} 1 \text{ бар} &= 10^6 \text{ дин/см}^2 = 10^5 \text{ Н/м}^2 = 10^5 \text{ Па} = 10^2 \text{ кПа} \\ 1 \text{ кбар} &= 10^3 \text{ бар} = 10^8 \text{ Па} = 10^2 \text{ МПа} \\ 1 \text{ Мбар} &= 10^6 \text{ бар} = 10^{11} \text{ Па} = 10^2 \text{ ГПа} \\ 1 \text{ физическая атмосфера} &= 1 \text{ атм} = 1,01325 \text{ бар} \end{aligned}$$

тепловая энергия:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кал} &= 4,1868 \cdot 10^7 \text{ эрг} = 4,1868 \text{ Дж (термохимическая калория)} \\ 1 \text{ кал}_{\text{тх}} &= 4,1840 \cdot 10^7 \text{ эрг} = 4,1840 \text{ Дж} \end{aligned}$$

ускорение силы тяжести

$$1 \text{ Гал} = 1 \text{ см/с}^2 = 10^{-2} \text{ м/с}^2.$$

Наконец отметим, что далее будут часто встречаться выражения, содержащие производные тех или иных параметров по времени. Для сокращения обозначений такие производные мы будем отмечать значением параметра «с точкой», например:

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} \quad \text{или} \quad \frac{dE}{dt} = \dot{E}.$$

Остальные производные представляются в обычной форме.