

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ .....	7
Сейсмология .....	7
Магнитное поле Земли.....	19
Тектоника литосферных плит .....	24
На дне океана.....	34
Глава 2. КАТАСТРОФА, ПРИШЕДШАЯ С НЕБЕС .....	42
Метеориты .....	42
Кометы.....	48
Астроблемы – звездные раны Земли .....	50
Глава 3. ГОРЯЧЕЕ ДЫХАНИЕ ЗЕМЛИ .....	65
Что представляет собой вулкан .....	69
Расположение вулканов на земном шаре .....	75
Извержение, погубившее цивилизацию.....	80
Гибель Помпеи, Геркуланума и Стабии .....	94
Другие вулканы.....	101
Следим за вулканами .....	116
Глава 4. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ.....	128
Что представляет собой землетрясение и как оно возникает .....	131
Как определяют силу землетрясений.....	132
Геологическая позиция землетрясений.....	138

Наведенная сейсмичность.....	144
Цунами – смертоносные волны.....	145
Как возникают цунами.....	147
Можно ли предсказать землетрясение.....	150
Глава 5. ЕЩЕ НЕМНОГО О КАТАСТРОФАХ.....	159
ПОСЛЕСЛОВИЕ.....	168
Словарь.....	169
Литература.....	172

Все, что мы знаем — ничтожно.  
Все, что не знаем — бесконечно.  
*Сократ*

## ВВЕДЕНИЕ

Вселенная огромна. От самых дальних наблюдаемых объектов свет идет к нам около 13 млрд лет. И во всем этом объеме сосредоточена только малая часть Вселенной, а остальное находится вне нашего обозрения. В безбрежном океане Вселенной рассыпаны многие миллиарды галактик, а в каждой из них миллиарды, а то и триллионы звезд. В одной из таких галактик, которая называется Млечный Путь, находится наше Солнце, вокруг которого вращаются 8 планет: Меркурий, Венера, Земля со спутником Луной, Марс с двумя маленькими спутниками — Фобосом и Деймосом, а далее располагаются планеты-гиганты со своими многочисленными спутниками — Юпитер, Сатурн с его знаменитыми кольцами, Уран и Нептун.

Земля — пылинка во Вселенной, но это наша планета и нам важно знать о ней как можно больше.

Как и другие планеты, Земля функционирует как «живой» организм. Внешние оболочки — атмосфера, гидросфера, биосфера, ионосфера, магнитосфера — тесно взаимодействуют как между собой, так и с земной корой, а кроме того, на них влияют Солнце и Луна. На Земле постоянно происходят различные процессы, и в наиболее глубоких ее частях — геосферах, и в поверхностной оболочке — земной коре, на которой мы и живем. Именно в ней случаются такие катастрофические процессы как землетрясения, вызванные ими гигантские оползни,

цунами, извержения вулканов. На поверхность Земли падали, падают и будут падать метеориты. Перечисленные катастрофы происходят внезапно, они завораживают своей неотвратимостью, а их последствия могут быть страшными.

Обо всем этом и хотелось бы рассказать в этой книге. О том, как современная наука объясняет многие катастрофические события, может ли она их прогнозировать и какова точность этих прогнозов. Речь пойдет только о твердых внутренних сферах Земли – тех, которые находятся ниже ее поверхности, т.к. именно в них происходят процессы, которые вызывают извержения вулканов и землетрясения. Кроме того, именно на земную поверхность падают небесные пришельцы – метеориты, оставляя на ней раны – астроблемы, с которыми связаны разные геологические события и даже полезные ископаемые. Но сначала нам придется коротко рассказать о том, как устроена наша планета.

Без постоянной помощи Г.В.Брянцевой эта книга не могла бы увидеть свет, за что я приношу Галине Владимировне глубокую благодарность.

# СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

## Сейсмология

Как мы узнаём о том, что находится внутри Земли, на глубинах в тысячи километров, если самая глубокая скважина в мире, пробуренная в нашей стране на Кольском полуострове, недалеко от Мурманска, достигла отметки лишь в 12 км 226 м, а радиус Земли 6371 км? Все мы понимаем, что непосредственно увидеть глубокие горизонты Земли невозможно, и сто лет назад мы ничего не знали о ее внутреннем строении. Сейчас разработано много косвенных методов, позволяющих «заглянуть» в недоступные недра нашей планеты.

На первом месте стоит сейсмологический метод. Любой взрыв в горном карьере, подземный ядерный взрыв, промышленный взрыв и, тем более, каждое землетрясение, которые происходят в разных частях планеты почти ежесекундно, вызывают в горных породах упругие колебания – сейсмические волны, или волны деформации. Эти волны распространяются во все стороны от места возникновения землетрясения, от его очага, или гипоцентра, и при сильном землетрясении пронизывают весь земной шар. Вот эти колебания и надо улавливать.

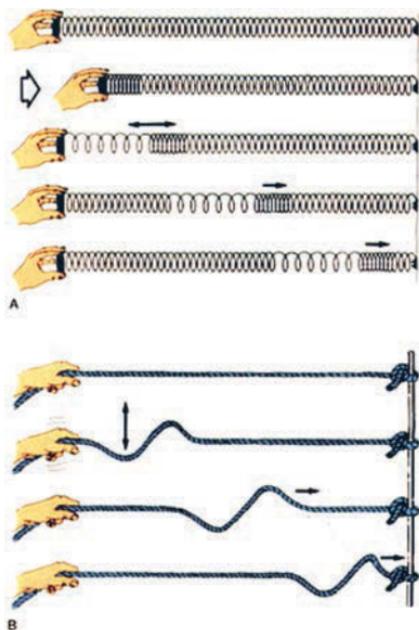
Волны деформаций бывают объемными и поверхностными. Все они, достигая земной поверхности, производят те катастрофические процессы, которые мы наблюдаем – разрушение зданий, образование трещин, провалов и даже нового рельефа.

Рис. 1.1. Продольные (А) и поперечные (В) объемные волны (по Plummer, Mc Geary)

Объемные волны деформаций подразделяются на два типа – продольные и поперечные (рис. 1.1). В продольных волнах колебания происходят вдоль направления распространения волны. Это напоминает гармошку, которая то сжимается, то растягивается. А во втором типе волн колебания происходят поперек направления распространения волны – вверх и вниз. Такие колебания могут происходить только в твердой среде, в которой частицы сопротивляются сдвигу.

Продольные волны имеют большую скорость, следовательно, они будут на приемнике зарегистрированы первыми, а поперечные – вторыми. Продольные волны могут распространяться в любой среде (воздухе, жидкости, твердом теле), а поперечные – только в твердых телах.

Существуют еще два типа поверхностных волн – волны Лява, в которых смещение частиц происходит в горизонтальной плоскости, перпендикулярно направлению распространения, и волны Рэлея, в которых колеблющиеся частицы имеют и продольную составляющую, и поперечную (вверх-вниз). Особенность их распространения изображена на рис. 1.2. Если объемные волны проходят через все тело Земли, то поверхностные распространяются вокруг нее. Скорость сейсмических волн зависит от упругих свойств и плотности пород, через которые они проходят. Понятно, что чем плотнее порода, тем скорость выше. Если мы имеем прибор, способный регистрировать продольные и поперечные сейсмические волны и их скорость на определенной глубине, то можем составить представление о разных слоях, из которых состоит наша планета.



Интересно, что первый такой прибор – сейсмограф, если его можно так назвать, был создан в 132 г. н. э. в Китае, ученым Чжан Хэном (рис. 1.3). Это устройство, конечно, не делало записей, а могло лишь примерно указать направление, где произошел главный толчок. Прибор состоял из большой медной полусферы, внутри которой располагалось подобие маятника, а по периферии находилось шесть драконов, в пасти которых были нефритовые шарики. Под сферой вокруг нее стояло шесть лягушек с открытыми ртами. Колебания грунта при землетрясении вызывали колебания маятника, и от его удара по сфере шарик из пасти дракона падал в рот лягушки. Так определялось направление первого сильного толчка, связанного с приходом продольных волн.



Рис. 1.3. Один из вариантов сейсмографа Чжан Хэна

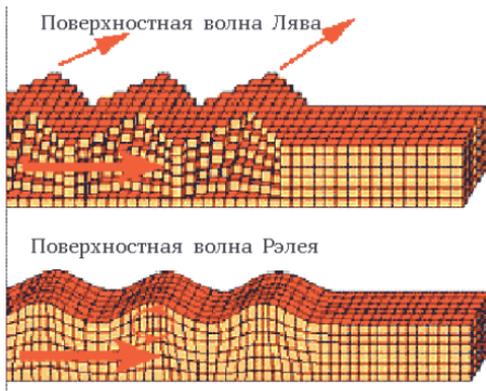


Рис. 1.2. Поверхностные волны (Н. В. Короновский, В. А. Абрамов)

Принцип действия, как первого, так и последующих сейсмографов, один и тот же. Необходимо, чтобы подвешенный груз свободно перемещался и в вертикальной, и в горизонтальной плоскости, и это перемещение, связанное с колебаниями грунта, фиксировалось любым способом. Непрерывная запись сигналов на станциях ведет-

ся круглосуточно, и в результате получается сейсмограмма, которую специалисты геофизики могут расшифровывать (рис. 1.4).

Бликий к современному сейсмограф был сконструирован Юингом в Японии еще в 1879 г., тогда как в Европе прибор с записью сигналов на барабане был сделан в 1855 г. Л. Пальмьяри.

В 1856 г. первый сейсмограф установили на вулкане Везувий около Неаполя. В конце XIX века русский ученый академик Б.Б. Голицын изобрел первый электрический сейсмограф, способный регистрировать землетрясения на расстоянии в 20 000 км, когда смещения грунта под сейсмографом составляют тысячные доли миллиметра. Российские геофизики Д.П. Кирнос, Г.А. Гамбурцев, Д.А. Харин усовершенствовали сейсмограф Б.Б. Голицына в сторону более точных показаний, однако принцип его действия остался без изменений.

В наши дни на земном шаре, особенно в сейсмоопасных районах, да и в других местах размещены тысячи сейсмографов, с помощью которых регистрируются не только все, даже самые слабые землетрясения, но и все промышленные взрывы, включая, конечно, и подземные ядерные. Сейсмографы, записывая скорость прохождения сейсмических волн на разных глубинах, позволяют выявить слои внутри Земли, обладающие разной плотностью и упругостью, что свидетельствует о разном составе этих слоев (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Современный сейсмограф

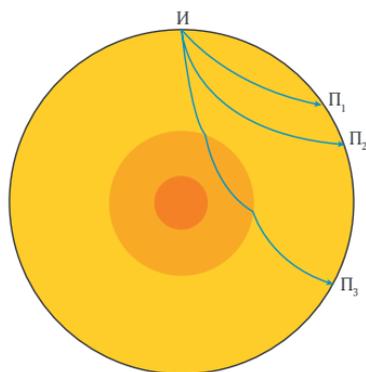


Рис. 1.5. Сейсмические волны  
И — источник волн,  
П — приемники

Геофизики читают сейсмограммы так же, как врач читает кардиограммы. Благодаря обобщению огромного сейсмического материала сейчас твердо установлены 4 границы раздела вещества внутри Земли с различной скоростью прохождения сейсмических волн. То есть земной шар состоит из нескольких оболочек – геосфер.

Самая верхняя геосфера, и для нас самая важная – это *земная кора*, покрывающая всю нашу планету тонким слоем мощностью от 5–7 км в океанах и до 70–75 км на суше, там, где высокие горы, например, на Памире.

Нижняя граница земной коры, открытая в 1909 году хорватским геофизиком Мохоровичичем, характеризуется резким, скачкообразным возрастанием скоростей как продольных, так и поперечных сейсмических волн. Граница Мохоровичича (рис. 1.6), для краткости ее называют Мохо, или просто *М*, прослеживается повсеместно, а ниже нее до глубины 2900 км располагается твердая мантия Земли.

Нижняя граница мантии впервые была установлена геофизиком Гутенбергом (1914), она отделяет мантию от ядра, самой глубокой геосферы Земли, радиусом более 3000 км. Самое удивительное заключалось в том, что поперечные сейсмические волны не проходили ниже границы в 2900 км.

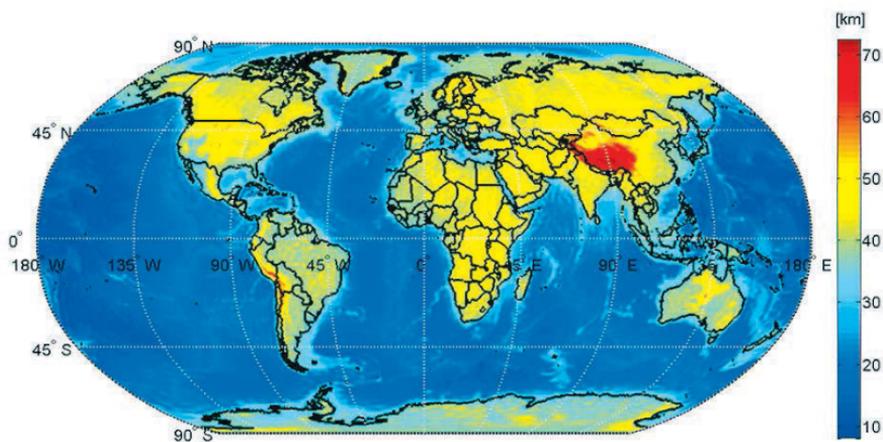


Рис. 1.6. Граница Мохоровичича по данным европейского спутника для исследования гравитационного поля GOCE. Глубина кодируется цветом

Даже неискушенный читатель, если ему показать простейшую формулу для скорости поперечной волны:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

где  $\mu$  – модуль сдвига (отношение касательного напряжения к сдвиговой деформации), а  $\rho$  – плотность вещества и, зная из школьной физики, что модуль сдвига в жидкости и газе равен 0, задумается, а из чего же тогда состоит земное ядро? При такой высокой плотности и огромном давлении вряд ли там газообразное вещество. Тогда из чего же состоит ядро? Наиболее вероятный ответ на этот вопрос: вещество ядра обладает свойствами жидкости или некоторой пластичностью.

И это единственно верный ответ. Но ведь на уровне внешнего ядра давление достигает огромных величин – около 2-х млн атмосфер на квадратный сантиметр, при котором пластичное тело может приобретать неожиданные, неизвестные нам свойства. В 1936 г. геофизик И. Леманн доказала, что внутри ядра со свойствами жидкого тела, находится, начиная с глубины 5100 км, еще и внутреннее, твердое ядро, через которое проходят как продольные, так и поперечные сейсмические волны.

Таким образом, оказалось, что планета Земля состоит из целого ряда сферических оболочек, вложенных одна в другую и различающихся по плотности и упругим свойствам. Но это было только начало изучения строения Земли, которое на самом деле оказалось намного сложнее.

Прежде всего, выяснилось, что земная кора континентов и океанов резко различается. На континентах в вертикальном сечении коры выделяется несколько слоев (рис. 1.7). Самый верхний, распространенный не повсеместно, это чехол из осадочных пород – известняков, песчаников и глин, достигающий 25 км в глубоких впадинах, например, в Прикаспийской. Он подстилается так называемой консолидированной корой из гранитов и разнообразных метаморфических, т.е. сильно измененных, пород. Но основная роль принадлежит разным гранитам. Этот слой характеризуется различными скоростями сейсмических волн, что свидетельствует о его неоднородности, но в целом он хрупкий и более твердый, чем нижний, относительно пластич-

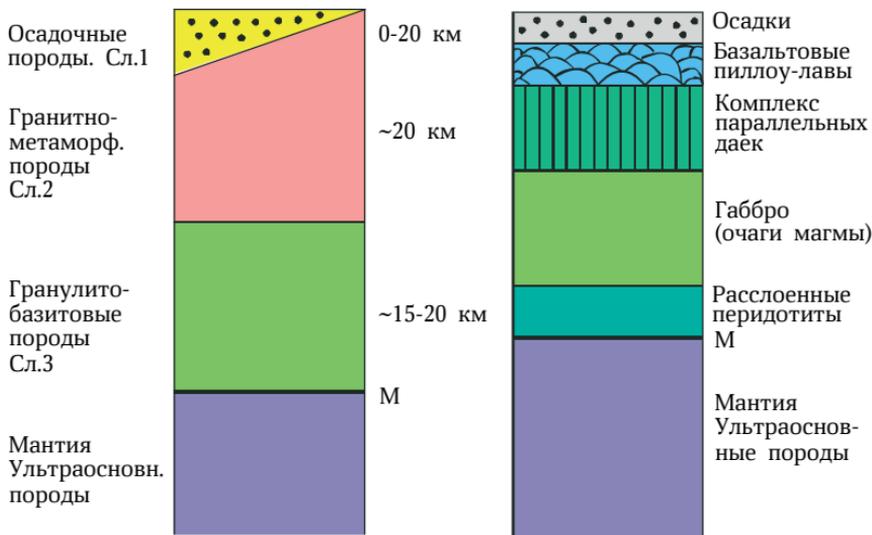


Рис. 1.7. Строение континентальной и океанической земной коры (Н. В. Короновский, Г. В. Брянцева, 2013)

ный слой земной коры. Последний состоит из различных сильно измененных горных пород, подвергшихся воздействию высоких температур и мощному давлению на глубинах в десятки километров. Учитывая, что скорости продольных и поперечных сейсмических волн в этом слое близки к таковым в базальтах, его называют гранулитобазальтовым. Этот термин характеризует все разнообразие базальтов – изверженных пород, в которых содержание  $\text{SiO}_2$  составляет 52–45%.

Подобное строение континентальной земной коры с пониженной плотностью ее нижнего слоя, очень важно, так как ведет к тому, что этот слой может деформироваться пластично. Верхний, гранитно-метаморфический, слой земной коры обладает большей твердостью, он хрупкий, и большинство разломов образуется в нем. Мы живем на континентальной коре, и все катастрофические процессы, происходящие на ее поверхности – извержения вулканов, землетрясения, оползни, обвалы тесно связаны с ее строением.

А вот океаническая кора, в отличие от континентальной, характеризуется значительно меньшей мощностью, в среднем 6–7 км, и совсем другим строением. В ней отсутствует гранитно-

метаморфический слой, осадочный слой имеет толщину всего в несколько сотен метров и подстилается сложно построенным, но в целом, базальтовым слоем. В верхней части океанической коры под маломощными осадками залегают базальты, т.н. пиллоу-лавы (подушечные), так как гидростатическое давление на океаническом дне велико и магма может лишь выдавливаясь из подводящих каналов, как паста из тюрбики. Ниже как раз и залегает толща, состоящая из параллельных каналов – даек, по которым базальтовая магма поднималась вверх. А еще ниже по разрезу располагается толща пород с пониженным содержанием двуоксида кремния, называемых габбро. Они, в свою очередь, подстилаются ультраосновными породами – перидотитами, в которых содержание  $\text{SiO}_2$  не превышает 45%. Это уже верхняя мантия, отделяемая от габбро границей Мохоровичича. Принципиальная разница в строении континентальной и океанической земной коры, как можно будет убедиться в дальнейшем, определяет многие процессы в поверхностной сфере. Именно взаимодействие океанической и континентальной коры приводит к сильнейшим природным катастрофам – извержениям вулканов и землетрясениям.

Залегающая ниже коры, до глубины в 2900 км, мантия также имеет сложное строение, что было установлено в последние десятилетия, благодаря совершенствованию геофизических методов, а также изучению изменения структуры разных минералов при высоком давлении (рис. 1.8).

В верхней части мантии на глубине 100–120 км под материками и 50–60 км под океанами начинается очень важный в геологическом отношении слой – *астеносфера* (астенос – слабый, ослабленный), мощностью 50–80 км под океанами и до 200 км и более под континентами. Этот слой характеризуется пониженной вязкостью, в нем может содержаться расплав, но не более 2–4%, вследствие чего наблюдается пониженная скорость сейсмических волн. Возникновение слоя астеносферы объясняется тем, что на этих глубинах кривая роста температуры почти совпадает с кривой температуры плавления пород верхней мантии, за счет чего возможно частичное плавление породы.

Часть верхней мантии выше астеносферы вместе с земной корой называется *литосферой* (литос – камень). Она твердая

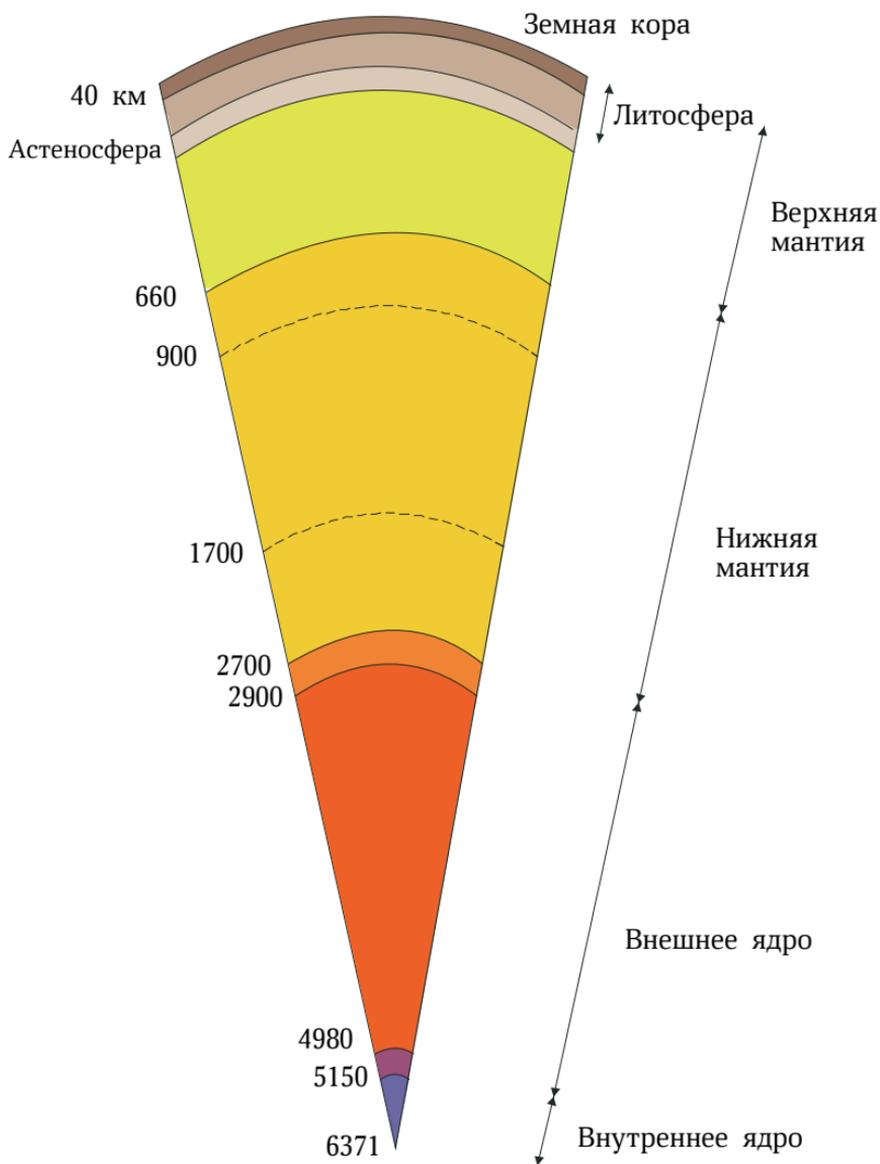


Рис. 1.8. Внутреннее строение Земли  
(Н. В. Короновский, Г. В. Брянцева, 2013)

и хрупкая и ее фрагменты (литосферные плиты) могут «скользить» по смазке из астеносферы. Постоянное, хотя и очень медленное, перемещение литосферных плит определяет неповторимую историю эволюции нашей планеты и ответственно за большинство катастрофических геологических процессов, о которых пойдет речь ниже.

Граница между верхней и нижней мантией находится на глубине 660 км, причем она весьма узкая, примерно 6 км. В пределах этой зоны на 6% возрастают скорости как продольных, так и поперечных сейсмических волн, да и плотность вещества увеличивается на 7%. Интересно, что ниже этой границы вязкость вещества мантии возрастает в 30 и более раз.

О чем все это может говорить? Конечно, о резком изменении минерального состава пород. Но как же можно узнать состав вещества на таких огромных глубинах, при высокой температуре и колоссальном давлении? И тут на помощь приходят экспериментальные данные о преобразованиях минералов при больших давлениях и высоких температурах, недавно показанных в очень интересной статье двух академиков, отца и сына, Ю.М. Пушаровского и Д.Ю. Пушаровского.

Дело в том, что одним из главных выводов этих исследований является признание структурных изменений минералов, из которых состоит мантия Земли, а не содержания главных химических элементов, таких как, например, кремний, кислород, магний, железо, алюминий. Возрастающее с глубиной давление и увеличивающаяся температура приводят к эволюции структурной решетки минералов в сторону более плотной их упаковки. Так, большое количество, около 100 различных кремнекислородных комплексов силикатов, наиболее распространенных в земной коре и обладающих тетраэдрической формой, ниже раздела Мохоровичича, т.е. в мантии, сменяются всего лишь 15-ю типами структур, но уже другой – октаэдрической.

Чтобы не утомлять неискушенного читателя формулами разных минералов, поясним главную мысль Д.Ю. Пушаровского на примере такого распространенного минерала коры и мантии, как оливин –  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ , называемого в земной коре  $\alpha$ -оливином. В верхней мантии, начиная с глубин около 400 км, оливин переходит в другие минералы такого же состава, но с

более плотной структурной упаковкой. И такая смена происходит с погружением на все большие глубины, пока уже ниже 660 км не образуются минералы с очень плотной структурой.

А что же ниже, хотя бы до границы с внешним ядром, т.е. до глубины в 2900 км? По данным Пушаровских единая в прежних моделях нижняя мантия может подразделяться на две сферы – среднюю (от 840 до 1700 км) и собственно нижнюю (2200–2900 км). Переход от верхней мантии к средней, а от нее к нижней – постепенный и охватывает зону мощностью до 200 км. В этих сферах и на границе нижней мантии и внешнего ядра появляются минералы с еще более плотной структурой, типа перовскита.

Мантия, располагающаяся ниже земной коры и вплоть до ядра, составляет основной объем твердой Земли – 66,3%. Но ее самый нижний, примыкающий к ядру слой, открытый всего немногим более 20 лет назад, привлекает особое внимание геофизиков и геологов. Дело в том, что занимая пограничное положение между двумя резко различными по составу и свойствам сферами, он обладает не только резко изменчивой мощностью в 150–300 км, но местами как бы совсем исчезает, образуя «впадины» и «поднятия». Его свойства свидетельствуют о резком изменении температуры и, по-видимому, химического состава, а на границе с ядром находится очень тонкий прерывистый слой ультранизкой вязкости, в котором, вполне возможно, и происходит обмен веществом между мантией и ядром. Это все, конечно, предположения, догадки, но 20 лет назад не было и догадок.

С глубины 2900 км начинается ядро, которое подразделяется, по сейсмическим данным, на внешнее – 31% объема земного шара, а с рубежа 5150 км – внутреннее.

Особый интерес представляет внешнее ядро, через которое, как уже говорилось, не проходят поперечные сейсмические волны. Это означает, что вещество внешнего ядра обладает свойствами жидкости. Не следует думать, что там находится жидкость, как, скажем, в кипящем чайнике. Вероятно, внешнее ядро состоит из материала с малой вязкостью и с плотностью 11,0 г/см<sup>3</sup>, в котором происходят медленные перемещения, т.е. конвекция. Плотность внешнего ядра на 10% ниже плотности

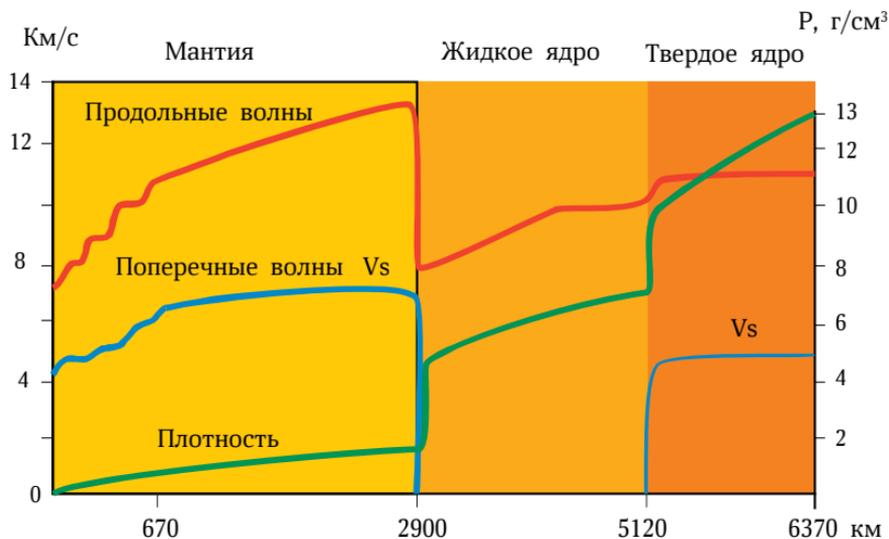


Рис.1.9. Распределение скоростей сейсмических волн и плотность вещества внутри Земли. Наиболее существенные скачки скоростей происходят на глубинах 2900 и 5120 км (Н. В. Короновский, Г. В. Брянцева, 2013)

расплава железа, поэтому в его состав могут входить также кремний, углерод, водород. Граница между внешним и внутренним ядром очень четкая и определяется по резкому (почти на 0,8 км/сек) скачку скорости продольных сейсмических волн, т.е. вещество становится более плотным (рис. 1.9). Поэтому можно заключить, что внутреннее маленькое «ядрышко» — это явно твердое вещество с плотностью  $12,5 \text{ г/см}^3$ , так как пропускает как продольные, так и поперечные волны. Появление поперечных сейсмических волн во внутреннем ядре объясняется тем, что на границе внешнего и внутреннего ядра, продольная волна, преломляясь на границе раздела, порождает во внутреннем ядре и продольные, и поперечные волны. Судя по скоростям сейсмических волн, огромному давлению 364 ГПа (3,6 млн. атмосфер) и высокой температуре, материал внутреннего ядра Земли — железо, возможно с примесью никеля (5–15% весовых), и значительно меньшим количеством легких элементов, причем железо во внутреннем ядре не обычное, а имеет структуру с плотной упаковкой.

В последнее время появляются новые данные, свидетельствующие о том, что строение внутреннего ядра, возможно, гораздо сложнее, чем нам представляется. Его внешняя часть может обладать текучестью, да и во внутренней части уж очень мала скорость поперечных сейсмических волн, что тоже необычно. Методы исследований глубоких геосфер Земли все совершенствуются и, наверное, скоро мы узнаем много нового.

Вот мы и добрались до центра нашей планеты – до точки на глубине 6371 км и получили представление о внутреннем строении Земли с учетом самых последних данных геологической науки.

Земля состоит из целого ряда оболочек или геологических сфер, каждая из которых обладает своими особенностями, и все геосферы по-разному, но взаимодействуют между собой. В конечном счете, оказывается, что какие-то геологические процессы, происходящие в земной коре на самой поверхности Земли, обязаны знаменитому ныне слою на границе нижней мантии и ядра, где зарождаются восходящие струи относительно более нагретого материала, так называемые плюмы. Очень медленно, со скоростью 1–2 см/год, плюм поднимается и за сотни миллионов лет, достигая поверхности верхней мантии, вызывает ее плавление и образование огромных магматических очагов, из которых извергается колоссальное количество базальтовых лав и туфов. Этот магматизм так и называется плюмовым, в далеком прошлом он приводил к глобальным катастрофам, о чем мы поговорим ниже.

## **Магнитное поле Земли**

Более 400 лет назад У. Гильберт высказал предположение, что Земля сама является магнитом, но представление о механизме возникновения ее намагниченности до сих пор не вышло за рамки гипотез.

Известно, что Земля обладает магнитным полем. Наверное, все когда-нибудь пользовались компасом, определяя, где север или юг. Но как образовалось магнитное поле, во многом и сейчас остается загадкой. Существовало много предположений о том, почему наша планета имеет магнитное поле. В настоящее

время наиболее удовлетворительно его возникновение объясняет гипотеза магнитного гидродинамо, для работы которого необходимо: 1) очень слабое первичное магнитное поле, 2) перемещение — конвекция вещества во внешнем ядре, обладающем свойствами жидкости, 3) вращение Земли.

Первичное магнитное поле может возникнуть от вращения Земли, т.к. она намагничивается в направлении оси вращения. Это называется гидромагнитным эффектом. Было показано, что данное поле составляет лишь  $10^{-10}$  магнитного поля Земли, которое и так очень слабое, всего 0,5 эрстед. Причиной первичного магнитного поля может быть и межпланетное магнитное поле, и магнитное поле Солнца, которое, несмотря на удаление от нас Солнца на 150 млн км, все же сказывается.

Наличие такого очень слабого первичного магнитного поля и жидкого вращающегося проводящего внешнего ядра и вызывает образование магнитного поля нашей планеты и при этом, благодаря сложным, до конца еще неясным процессам, происходящим во внешнем ядре, магнитная ось Земли, соединяющая северный и южный магнитный полюса, не совпадает с осью вращения, т.е. с географическими полюсами (рис. 1.10). В северном полушарии магнитный полюс сейчас находится на севере Канады, около Баффиновой земли. Однако в прошлом ось вращения Земли и магнитная ось в целом совпадали.

С древнейших времен магнитное поле — это исключительное явление природы, занимало умы человечества. Ведь с магнитным полем связана не только навигация, но еще и множество различных практических и научных задач — от поисков рудных месторождений, до изучения внутреннего строения Земли. Палеомагнитология, как наука, изучающая геомагнитное поле прошлых геологических эпох, еще очень молода, ей всего около 100 лет, и по-настоящему она стала развиваться лишь с середины 50-х годов прошлого века. Но эта молодая наука сыграла выдающуюся роль в становлении современной глобальной геологической теории — тектонике литосферных плит.

В 1906 г. Б. Брюн, измеряя магнитные свойства неогеновых, сравнительно молодых лав в Центральной Франции, обнаружил, что их намагниченность противоположна направлению современного геомагнитного поля, т.е. Северный и Южный магнит-

ные полюса как бы поменялись местами. Наличие обратно намагниченных горных пород является следствием не каких-то необычных условий в момент образования лав, а результатом обратного направления магнитного поля Земли в тот момент.

Обращение полярности геомагнитного поля – важнейшее открытие, которое при-

вело к возникновению новой науки – магнитостратиграфии, изучающей расчленение отложений горных пород на основе их прямой или обращенной намагниченности. И главное здесь заключается в доказательстве синхронности изменений намагниченности в пределах всего земного шара. В руках геологов оказался действенный метод корреляции отложений и событий.

В реальном магнитном поле Земли время, в течение которого происходит изменение полярности, может быть как коротким – до тысячи лет, так и составлять миллионы лет.

Первая магнитостратиграфическая шкала для последних 3,5 млн лет была создана в 1963 г. А. Коксом, Р. Доллом и Г. Далримплом. В пределах этого интервала они установили две временные зоны прямой полярности (как современное поле) и одну зону – обращенной. С тех пор составлено много магнитостратиграфических шкал, полнота и нижний возрастной предел которых все увеличиваются, а само расчленение становится более точным. Магнитостратиграфическая шкала является, по существу, глобальной шкалой геомагнитной полярности за наблюдаемую часть геологической истории.

Временные интервалы преобладания какой-либо одной полярности получили название геомагнитных эпох, и части из них присвоены имена выдающихся геомагнитологов: эпохи Бруне-

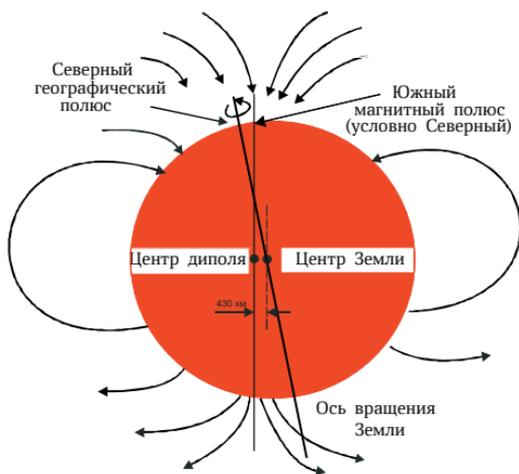


Рис.1.10. Магнитное поле Земли (Н. В. Короновский, Г. В. Брянцева, 2013)

са, Матуямы, Гаусса и Гильберта. В пределах эпох выделяются меньшие по длительности интервалы той или иной полярности, называемые геомагнитными эпизодами.

Наиболее эффектно выявление интервалов прямой и обратной полярности геомагнитного поля было проведено для молодых в геологическом смысле лавовых потоков в Исландии, Эфиопии и некоторых других местах. Недостаток этих исследований заключается в том, что излияние лав было прерывистым процессом, поэтому вполне возможен пропуск какого-либо магнитного эпизода.

Анализ магнитных свойств образцов из пород океанского дна позволил составить детальную шкалу инверсии поля до поздней эпохи юрского периода включительно, т.е. на интервал времени в 170 млн лет, что дало возможность реконструировать магнитное поле Земли за это время. До рубежа в 570 млн лет – для всего фанерозоя – такая шкала тоже создана, но она хуже по качеству. Есть шкала и для рифея – венда (1,7–0,57 млрд лет), однако она еще менее удачна. Остаточная намагниченность обнаруживается даже у архейских пород с возрастом 3,4 млрд лет.

Распределение геомагнитных инверсий во времени характеризуется довольно сложной ритмичностью, состоящей как из длительных, так и из кратких интервалов обращения знака поля (рис. 1.11). Почему это происходило – неизвестно, но значение этого события для геологии очень важно.

В начале XXI-го века в области наук о Земле произошло осознание того факта, что вся наша планета представляет собой единую систему, хотя и состоит из ряда сфер или геосфер, которые находятся в тесном взаимодействии друг с другом. А ведь еще сто лет назад мы ничего не знали о внутреннем строении Земли, прогресс в изучении которой, связан, конечно, с новой техникой и новыми технологиями. Прежде всего, это сейсмологический метод и сейсмическая томография, позволившие получить информацию о самых глубоких горизонтах нашей планеты; глубоководное бурение и использование обитаемых подводных аппаратов; данные искусственных спутников Земли (см. рис. 1.6); изучение влияния на геосферу

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)