

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**С. В. Андрушко**

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ:  
планета Земля во Вселенной**

Практическое руководство

для студентов 1 курса специальностей  
1-31 02 01-02 География (научно-педагогическая  
деятельность) и 1-33 01 02 Геоэкология  
дневной формы обучения

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2016

УДК 91:332.21(076)  
ББК 26.85я73  
А 663

Рецензенты:  
кандидат географических наук Карчевская Е.Н.  
кандидат географических наук Шершнев О.В.

Рекомендованы к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Андрушко, С. В.**

А 663      Общее землеведение: планета Земля во Вселенной : практ. руково-во  
/ С. В. Андрушко; М-во образования РБ, Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2016 – 32  
с.

В практическом руководстве представлены материалы, задания и  
перечень вопросов для проведения учебных занятий по теме «Планета  
Земля во Вселенной» дисциплины «Общее землеведение». Приведены  
задания и контрольные вопросы для закрепления пройденного материала, а  
также рекомендуемая дополнительная литература по темам.

Практическое руководство предназначено для студентов  
специальностей 1-31 02 01-02 География (научно-педагогическая  
деятельность) и 1-33 01 02 Геоэкология.

**УДК 91:332.21(076)**  
**ББК 26.82я73**

ISBN

© Андрушко С. В., 2016  
© УО «Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины», 2016

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 4  |
| Тема 1 Планета Земля в Солнечной системе и Космосе ..... | 5  |
| 1.1 Факторы формирования географической оболочки.....    | 5  |
| 1.2 Солнечная система и ее строение.....                 | 7  |
| 1.3 Форма и размеры Земли .....                          | 13 |
| 1.4 Движения Земли и их следствия.....                   | 16 |
| Тема 2 Внутреннее строение и состав Земли .....          | 22 |
| 2.1 Внутреннее строение Земли.....                       | 22 |
| 2.2 Гравитационное поле и земной магнетизм.....          | 23 |
| 2.3 Возраст Земли. Геохронология.....                    | 28 |
| Литература.....  | 32 |

## Введение

Общее землеведение – основа географического образования, его фундамент в системе географических наук. Основной целью дисциплины «Общее землеведение» является изучение географической оболочки, ее структуры и пространственной дифференциации, основных географических закономерностей. Данная дисциплина формирует базовые теоретические знания, необходимые при подготовке специалистов по географическим специальностям.

Наиболее общим для географии является закон географической зональности, поэтому в курсе «Общего землеведения» прежде всего рассматриваются факторы, формирующие географическую оболочку и основную ее структурную особенность – горизонтальную (широтную) зональность. Законы эволюции, целостности, круговоротов вещества и энергии, ритмичности рассматриваются для всех сфер географической оболочки с учетом экологических условий.

Особую актуальность изучение дисциплины «Общее землеведение» приобретает для специальностей 1-31 02 01-02 География (научно-педагогическая деятельность) и 1-33 01 02 Геоэкология. Важной задачей при освоении учебного материала является изучение происхождения, строения, движения, свойств Земли и их географические следствия, поскольку это позволит развить компетенции студентов в области географических знаний, реализовывать имеющийся потенциал в профессиональной деятельности, развивать способности и творческое мышление.

В практическом руководстве сделан акцент на особенностях строения Солнечной системы, влияние космических и планетарных факторов на формирование и развитие географической оболочки. Изложены особенности внутреннего строения и состава планеты, особенности ее геологического развития.

Практическое руководство «Общее землеведение: планета Земля во Вселенной» содержит контрольные вопросы для закрепления материала, задания для самостоятельного выполнения, список дополнительной литературы.

# Тема 1 Планета Земля в Солнечной системе и Космосе

- 1.1 Факторы формирования географической оболочки
- 1.2 Солнечная система и ее строение
- 1.3 Форма и размеры Земли
- 1.4 Движения Земли и их следствия

## 1.1 Факторы формирования географической оболочки

Географическая оболочка, сформировавшаяся на планете, испытывает со стороны космоса и недр Земли постоянное воздействие. Факторы ее формирования можно разделить на космические и планетарные. К **космическим** факторам относятся:

- движение галактик, излучение звезд и Солнца,
- взаимодействие планет и спутников,
- воздействие небольших небесных тел (астероидов, комет, метеорных потоков).

К **планетарным** факторам относятся:

- орбитальное движение и осевое вращение Земли,
- форма и размеры планеты,
- внутреннее строение Земли,
- геофизические поля.

**Космические факторы.** Земля – составная часть космоса, и все процессы, которые на ней происходят, требуют рассмотрения не только с земной точки зрения, а с более широкой – космической. *Космос* (Вселенная) – весь существующий материальный мир. Он вечен во времени и бесконечен в пространстве, существует объективно, не зависимо от нашего сознания. Материя во Вселенной сосредоточена в звездах, планетах, астероидах, спутниках, кометах и других небесных телах; 98 % всей видимой массы сосредоточено в звездах.

Во вселенной небесные тела образуют системы различной сложности. Например, планета Земля со спутником Луной образует систему. Она входит в более крупную систему – Солнечную, образованную Солнцем и движущимися вокруг него небесными телами – планетами, астероидами, спутниками, кометами. Солнечная

система, в свою очередь, является частью Галактики. Галактики образуют еще более сложные системы – скопления галактик. Самая грандиозная звездная система, состоящая из множества галактик – *Метагалактика* – доступная для человека часть Вселенной (видимая с помощью приборов). По современным представлениям, она имеет диаметр около 100 млн. световых лет, возраст Вселенной 15 млрд. лет, в нее входит  $10^{22}$  звезд.

Расстояния во Вселенной определяются, следующими величинами: астрономическая единица, световой год.

*Астрономическая единица* – среднее расстояние от Земли до Солнца. Одна астрономическая единица (а.е.) = 149 600 000 км.

*Световой год* – расстояние, которое свет проходит за год. Один световой год равен  $9,46 \times 10^{12}$  км.

Звезды в Метагалактике образуют *галактики* (от греч. *galaktikos* – млечный) – это большие звездные системы, в которых звезды связаны силами гравитации. Галактики – грандиозные звездные скопления. Предположение о том, что звезды образуют галактики, высказал И. Кант в 1755 г. Близкую к ней концепцию разработал П. Лаплас (1824). Заслуга Канта и Лапласа состояла в том, что они впервые в естествознании XVIII в. рассматривали природу в развитии, противопоставив свои воззрения механистическим и религиозным.

По Канту, Солнце и планеты образовались из разреженной туманности, в которой под действием сил притяжения из вращающихся кольцевых сгустков в дальнейшем сформировались планеты и их спутники. С точки зрения Лапласа планеты образовались из газа быстро вращающегося Солнца. Охлаждение и уплотнение газов обусловили основные черты строения Солнечной системы. Гипотезы Канта и Лапласа не утратили значения и в настоящее время.

Согласно гипотезе О.Ю. Шмидта (1947) Земля и другие планеты Солнечной системы образовались из облака межзвездной материи, захваченной Солнцем при его движении в Мировом пространстве. В процессе движения частицы облака сосредоточивались в экваториальной части и облако превращалось во вращающийся диск. За счет протяжения частиц возникли сгущения, из которых образовались тела различных размеров и массы. Такие тела на первом этапе эволюции околосолнечного облака О.Ю. Шмидт назвал «зародышевыми планетами». В дальнейшем рост их происходил за счет столкновения частиц. Подобную «зародышевую планету» представляла собой Земля.

Практически во всех галактиках выделяется яркая центральная часть, называемая ядром. Яркость ядра объясняется высокой концентрацией звезд.

Наша Галактика называется *Млечный путь* – грандиозное звездное скопление, видимое на ночном небе как туманная, молочная полоса. Размеры галактики постоянно уточняются. В начале XX в. приняли следующие величины: диаметр галактического диска равен 100 тыс. св. лет, толщина – около 1000 св. лет. В Галактике 150 млрд. звезд, более 100 туманностей. Наша Галактика является спиральной галактикой. Плоский линзообразный диск Галактики погружен в разреженное звездное облако – гало. Гало состоит из очень старых, неярких звезд с небольшой массой. Они встречаются как поодиночке, так и в виде шаровых скоплений. Основным химическим элементом в нашей Галактике является водород,  $\frac{1}{4}$  приходится на гелий.

В центре Галактики расположено ядро. Предполагается, что ядро представляет собой компактный массивный объект – черную дыру массой около миллиона масс Солнца. Одним из наиболее заметных образований в диске являются спиральные рукава, или ветви. В рукавах происходит активное звездообразование, здесь часто вспыхивают сверхновые звезды. Все межзвездное пространство заполнено веществом. Вещество распределено в пространстве неравномерно, образуя облака повышенной плотности – туманности. Темные туманности состоят, по-видимому, из пыли, светлые – из газа. Расстояние от Солнечной системы до центра Галактики составляет 23 – 28 тыс. св. лет. Солнце находится на периферии Галактики, вне спиральных рукавов. Для Земли это обстоятельство очень благоприятно: она расположена в относительно спокойной части Галактики и в течение миллиардов лет не испытывает влияния космических катаклизмов.

## **1.2 Солнечная система и ее строение**

Солнечная система вращается вокруг центра Галактики со скоростью 200–220 км/с, совершая один оборот за 180–200 млн. лет. За все время существования Земля облетела вокруг центра Галактики не больше 20 раз. На Земле 200 млн. лет – продолжительность *тектонического цикла*. Это очень важный этап в жизни Земли, характеризующийся определенной последовательностью тектонических событий. Цикл начинается погружением земной коры,

накоплением мощных толщ осадков, подводным вулканизмом. Далее усиливается тектоническая деятельность, возникают горы, меняются очертания материков, что, в свою очередь, вызывает изменение климата.

*Солнечная система* состоит из центральной звезды – Солнца, восьми планет, более 60 спутников, более 40 000 астероидов и около 1 000 000 комет. Радиус солнечной системы до орбиты Плутона составляет 5,9 млрд. км. До 2006 года в Солнечную систему включали девять планет (Меркурий; Венера; Земля и Луна; Марс; Юпитер; Сатурн; Уран; Нептун, Плутон), однако согласно принятой Международным астрономическим союзом (МАС) резолюции, в которой были определены требования к планетам Солнечной системы, Плутон был исключен из их состава и переведен в разряд карликовых планет. Солнце совершает оборот вокруг своей оси за 25 земных суток. Вся Солнечная система обращается вокруг центра Галактики.

*Солнце* – центральная звезда Солнечной системы. Это ближайшая к Земле звезда. Диаметр Солнца составляет 1,39 млн. км, масса –  $1,989 \times 10^{30}$  кг. По спектральной классификации звезд Солнце является «желтым карликом» (класс G 2), возраст Солнца оценивается в 5–4,6 млрд. лет. Солнце вращается вокруг своей оси против часовой стрелки, в том же направлении движутся планеты вокруг Солнца. Основное вещество, образующее Солнце, – водород (71% массы светила), на гелий приходится 27 %, на углерод, азот, кислород, металлы – 2 %.

Совокупность физических изменений, происходящих на Солнце, называют *солнечной активностью*. Одним из ее проявлений является возникновение *солнечных пятен* – областей сильных магнитных полей.

Другими формами проявления солнечной активности являются протуберанцы и хромосферные вспышки. *Протуберанцы* представляют собой облака горячего газа с турбулентным движением масс, которые могут подниматься до высот в миллионы километров. *Хромосферные вспышки* – наиболее мощное проявление солнечной активности.

В результате процессов, совершающихся на Солнце, в мировое пространство направляется рентгеновское, ультрафиолетовое, световое, инфракрасное радиоволновое излучение, выбрасываются потоки электрически заряженных частиц. В периоды максимума солнечной активности велика роль корпускулярного потока сверхвысокой энергии. С таким энергетическим источником связано



проявление на Земле многих явлений: магнитных бурь, полярных сияний. Поступающая солнечная радиация обеспечивает возможность жизни на планете.

Солнце излучает два основных потока энергии – электромагнитное (солнечная радиация) и корпускулярное (солнечный ветер) излучение. Тепловое поле поверхности планет Солнечной системы создается солнечной радиацией. *Электромагнитное излучение* распространяется со скоростью света и за 8,4 мин достигает поверхности Земли. В спектре излучения выделяют невидимую ультрафиолетовую радиацию (около 7%), видимую световую радиацию (47%), невидимую инфракрасную радиацию (46%). Доля самых коротких волн и радиоволн составляет менее 1% излучения. *Корпускулярное излучение* – поток заряженных частиц (электронов и протонов), идущий от Солнца. Скорость его 1500–3000 км/с, он достигает магнитосферы за несколько суток. Магнитное поле Земли задерживает корпускулярное излучение, и заряженные частицы начинают двигаться по магнитным силовым линиям.

Наблюдениями установлено, что солнечная активность подвержена циклическим изменениям. Период изменений составляет в среднем 11 лет. Существует также 90-летняя периодичность солнечной активности. В пик солнечной активности возрастает поток заряженных частиц. Подходя к магнитосфере, поток увеличивает ее напряженность, на Земле начинаются магнитные бури. В это время активизируются тектонические движения, начинаются извержения вулканов. В атмосфере возрастает количество атмосферных вихрей – циклонов, усиливаются грозы. Наиболее ярким и впечатляющим проявлением бомбардировки атмосферы солнечными частицами являются полярные сияния. Это свечение верхних слоев атмосферы, вызванное ионизацией газов.

*Планеты* расположены от Солнца в такой последовательности: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (Плутон – утратил статус планеты и с 2006 года переведен в разряд карликовых планет). Все планеты имеют общие свойства и особенности. К общим можно отнести следующие свойства:

- все планеты имеют шарообразную форму;
- все планеты вращаются вокруг Солнца в одном направлении против часовой стрелки для наблюдателя, смотрящего со стороны Северного полюса Мира. Это направление называется прямым. В таком же направлении движутся почти все спутники и астероиды;

– осевое вращение большинства планет происходит в том же направлении – против часовой стрелки. Исключение составляют Венера и Уран, они вращаются по часовой стрелке;

– орбиты большинства планет близки по форме к окружности, эксцентриситет (отношение расстояния между центром и фокусом эллипса к длине большой полуоси) их мал, поэтому планеты не подходят близко друг к другу, их гравитационное воздействие мало (только у Меркурия и Плутона орбиты сильно вытянуты);

– орбиты всех планет находятся примерно в одной плоскости эклиптики. Причем каждая следующая планета – примерно в два раза дальше от Солнца, чем предыдущая.

Планеты условно делятся на две большие группы: планеты земной группы и планеты-гиганты. К первой группе относятся Меркурий, Венера, Земля, Марс. Вторую группу образуют Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Плутон по размерам и свойствам ближе к ледяным спутникам планет-гигантов.

*Планеты земной группы* отличаются близкое расположение к Солнцу, небольшие размеры (радиус Меркурия равен 2440 км, Венеры – 6052, Земли – 6371, Марса – 3390 км), высокая плотность вещества (Меркурий – 5,42 г/см<sup>3</sup>, Венера – 5,25 г/см<sup>3</sup>, Земля – 5,5 г/см<sup>3</sup>, Марс – 3,95 г/см<sup>3</sup>); основными их составляющими являются силикаты (соединения кремния) и железо, следовательно, планеты земной группы твердые тела. Планеты медленно вращаются вокруг своей оси (у Меркурия период вращения равен 58,7 земных суток, у Венеры – 243, у Марса – немного больше суток). Из-за медленного вращения полярное сжатие у планет небольшое, т.е. они имеют близкую к шару форму. Планеты земной группы обладают значительной скоростью орбитального движения (Меркурий – 48 км/с, Венера – 35 км/с, Марс – 24 км/с). Планеты имеют всего три спутника: у Земли – Луна, у Марса – Фобос и Деймос.

*Планета Земля* – третья от Солнца планета Солнечной системы и самая крупная планета земной группы. Вместе с Луной Земля образует систему – двойную планету.

Земля образовалась около 5 млрд. лет назад путем гравитационной конденсации из рассеянного в окосолнечном пространстве газо-пылевого вещества, содержащего все известные в природе химические элементы. Формирование Земли сопровождалось дифференциацией вещества, которой способствовал постепенный разогрев земных недр, в основном за счет теплоты, выделявшейся при распаде радиоактивных элементов (урана, тория, калия и др.). Результатом этой дифференциации явилось разделение Земли на

концентрически расположенные слои – геосферы, различающиеся химическим составом, агрегатным состоянием и физическими свойствами. В центре образовалось ядро Земли, окруженное мантией. Из наиболее легких и легкоплавких компонентов вещества, выделившихся из мантии в процессах выплавления, возникла расположенная над мантией земная кора.

Вокруг Солнца Земля вращается по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой расположено Солнце. Средний радиус орбиты 149,6 млн. км, в перигелии он уменьшается до 147,117 млн. км, а в афелии увеличивается до 152,083 млн. км. Скорость орбитального движения составляет 29,765 км/с, период обращения – 365,26 средних солнечных суток. Планета вращается вокруг оси, наклоненной к плоскости орбиты под углом  $66^{\circ}33'22''$ , делая оборот за 23 ч. 56 мин. 4 сек.

*Планеты-гиганты* расположены на большом расстоянии от Солнца, имеют большие размеры (радиус Юпитера равен 69 911 км, Сатурна – 58 232 км, Урана – 25 362 км, Нептуна – 24 624 км), однако плотность планет небольшая (Юпитер –  $1,3 \text{ г/см}^3$ , Сатурн –  $0,69 \text{ г/см}^3$ , Уран –  $1,29 \text{ г/см}^3$ , Нептун –  $1,64 \text{ г/см}^3$ ). Наиболее распространенными на них химическими элементами являются водород и гелий, следовательно, планеты-гиганты представляют собой газовые шары. Все планеты-гиганты с большой скоростью вращаются вокруг своей оси, период осевого вращения планет колеблется от 10 ч – у Юпитера, до 17 ч – у Урана. Благодаря быстрому вращению планеты имеют большое полярное сжатие (у Сатурна –  $1/10$ ). Скорость орбитального вращения у планет небольшая (полный оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 11,86 года, а Нептун за 165 лет).

В Солнечной системе 99,9 % массы заключено в Солнце, поэтому основная сила, управляющая движением тел в Солнечной системе – это притяжение Солнца. Так как планеты двигаются вокруг Солнца в одной плоскости практически по круговым орбитам, их взаимное притяжение невелико, но и оно вызывает отклонения в движении планет. Вероятно, большее взаимодействие планет происходит тогда, когда они подходят близко друг к другу. Известно явление, называемое «парадом планет», когда на одной линии выстраивается большинство планет (2002 год – на одну линию «встали» пять планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн).

*Астероиды* (от греч. *astereideis* – звездоподобные) – малые планеты Солнечной системы. Они образуют тонкое кольцо между орбитами Марса и Юпитера (предположительно образовались после разрушения планеты Фэтон или за счет сгустков первичного

газопылевого облака). Их среднее расстояние от Солнца 2,8 – 3,6 а.е. Первый астероид был назван Церера (1801 год), к 1880 году астероидов было известно уже около 200, сейчас орбиты вычислены для более 40 000 астероидов. Самый большой астероид Церера имеет диаметр 1000 км, диаметр Паллады – 608, Весты – 540, Гигии – 450 км. Практически все астероиды имеют неправильную форму, только самые крупные приближаются к шару.

*Кометы* (от греч. *kometes* – хвостатые) небольшие несветящиеся тела Солнечной системы, которые становятся видимыми только при подходе к Солнцу. Двигаются по сильно вытянутым эллипсам. Число комет измеряется миллионами. С приближением к Солнцу у них резко обособляется «голова» и «хвост». Головная часть состоит из льда и частиц пыли. В разреженной газопылевой среде хвоста обнаружены ионы натрия и углерода. Одна из самых известных комет – комета Галлея, каждые 76 лет она появляется в зоне видимости Земли.

*Метеоры* – мельчайшие твердые тела массой несколько граммов, вторгшиеся в атмосферу планеты. Мелкие частицы вещества, двигаясь со скоростью 11–12 км/с, из-за трения в атмосфере разогреваются до 1000° С, что вызывает их свечение на протяжении нескольких секунд. Они сгорают в атмосфере, не долетая до поверхности. Метеоры делятся на единичные и метеорные потоки. Наиболее известны метеорные потоки: Персеиды (падают в августе), Дракониды (октябрь), Леониды (ноябрь). Если Земля пересекает орбиту метеорного потока, частицы «налетают на планету», начинается «звездный дождь». Упавшие на поверхность планеты небесные тела называются метеоритами. Наибольший метеорный кратер на Земле имеет диаметр 1265 м и расположен в Аризоне около каньона Диабло. Наиболее распространенными элементами метеоритов являются кислород, железо, кремний, магний, никель и др.

*Межпланетное вещество* в пределах Солнечной системы представлено не только массивными телами, но и в виде пыли и газа, состоящего из атомов водорода. Значительная часть вещества во Вселенной находится в особой форме, которую называют плазмой. Космическая плазма чрезвычайно разрежена. Пылевые скопления (облака) обнаруживаются при прохождении искусственных спутников Земли. Протяженность таких облаков 3–5 млн. км. Постоянным источником пыли в межпланетном пространстве являются астероиды.

**Солнечно-земные связи** – ответные реакции географической оболочки на изменения солнечной активности. Солнечно-земные связи необходимо отнести:

– совокупность явлений, обусловленных движением Земли вокруг Солнца по орбите и вековыми изменениями параметров движения, прежде всего положения земной оси в пространстве (динамический фактор);

– поступление солнечной радиации. На уровне земной поверхности суточным ритмом, сменой времени года и состоянием атмосферы и земной поверхности (энергетический фактор);

– поток  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц, т.е. протонов и электронов «солнечного ветра», который участвует в материальном балансе верхней части атмосферы (экзосферы и ионосферы) (вещественный фактор).

### 1.3 Форма и размеры Земли

Первые представления о форме и размерах Земли появились в Древней Греции. Пифагор (VI в. до н.э.) и его ученики провозгласили Землю шаром, считая, что это самая идеальная фигура. Шарообразную форму Земли Аристотель (IV в. до н.э.) доказывал лунными затмениями, изменением звездного неба при движении по меридиану и расширением горизонта при подъеме. Эратосфен (II I в. до н.э.) впервые произвел измерение длины меридиана. Он заметил, что в день летнего солнцестояния в Сиене (Асуан) Солнце освещает дно самых глубоких колодцев, следовательно, стоит в зените. В Александрии Солнце в это время отстоит от зенита на угол  $7^{\circ}12'$ , что составляет  $1/50$  часть окружности. Измерив расстояние между Сиеной и Александрией и умножив на пятьдесят, Эратосфен вычислил длину меридиана Земли, а следовательно, и радиус Земли. Полученные им размеры расходятся с результатами современных вычислений менее чем на 25 км.

*Фигура Земли* – понятие модельное, некоторая идеализация, с помощью которой стремятся описать форму планеты. В зависимости от цели описания пользуются различными моделями формы планеты – различными фигурами.

1. *Сфера*. Это наиболее общая модель формы нашей планеты. Сфера не имеет выраженной единственной оси симметрии – все ее оси равноправны, их бесчисленное множество, как и экваторов.

Шарообразность планеты соответствует равновесию, установившемуся под действием силы тяжести, при условии, если бы Земля не вращалась вокруг своей оси и имела бы однородный вещественный состав. В результате вращения Земли возникла центробежная сила, под влиянием которой появилось сжатие в направлении оси вращения. Земля приняла форму сфероида или эллипсоида вращения. Сжатие Земли было обнаружено по разности качания маятника на разных широтах и теоретически обосновано законом всемирного тяготения И. Ньютона. Однако Земля, как уже отмечалось, имеет одну ось вращения и экваториальную плоскость – плоскость симметрии (а также плоскости симметрии меридианов). Это несоответствие сферической модели Земли ее реальной форме ощутимо проявляется при изучении горизонтальной структуры ГО, характеризующейся выраженной поясностью и известной симметрией относительно экватора (с элементами дисимметрии).

2. *Эллипсоид вращения.* На основании многочисленных геодезических измерений были предложены разные значения параметров земного эллипсоида. Для задания системы координат и обработки геодезических измерений с 1946 г. принят *эллипсоид Красовского*, названный в честь выдающегося советского ученого. Тип симметрии эллипсоида вращения отвечает указанным выше особенностям формы Земли (выраженная ось, экваториальная плоскость симметрии, меридиональные плоскости). Эта модель используется в высшей геодезии для расчета координат, построения картографических сеток и других вычислений.

Средний экваториальный радиус – 6378,160 км;

Средний полярный радиус – 6356,777 км;

Полярное сжатие – 21,383 км.

3. *Трехосный кардиоидальный эллипсоид вращения.* Северный полярный радиус больше южного на 30–100 м. На основании изучения движения искусственных спутников Земли была установлена полярная асимметрия земного эллипсоида. Оказалось, что Земля имеет сердцевидную форму, причем северный полюс ее приподнят, по сравнению с южным, примерно на 30 м. Такую форму Земли предложено называть *кардиоидом*. Причину полярной асимметрии следует искать в действии гравитационного поля Галактики.

4. *Геоид.* Из-за неравномерности распределения массы и

неоднородности вещественного состава Земли ее фигура отклоняется от правильной формы сфероида. На это отклонение влияет также действие гравитационного поля Галактики. Истинная геометрическая фигура Земли была названа геоидом. Геоид определяется как фигура, поверхность которой совпадает с уровенной поверхностью Мирового океана. В каждой точке геоида направление силы тяжести перпендикулярно к его поверхности. Геоид – уровенная поверхность, совпадающая со средним уровнем мирового океана (МО) и являющаяся геометрическим местом точек пространства, имеющих одинаковый потенциал тяжести. Теоретически поверхность геоида в каждой точке перпендикулярна к направлению силы тяжести (т.е. линии отвеса) и отождествляется со средним положением спокойной водной поверхности в океанах и открытых морях, мысленно продолженной также и под материками. Поверхность геоида всюду выпуклая (что отвечает выпуклости океанической поверхности).

Несмотря на всю сложность своей поверхности, геоид мало отличается от сфероида. Отклонения, за отдельными исключениями, составляют не более  $\pm 100$  м, т.е. поверхность геоида редко выступает над поверхностью сфероида более чем на 100 м и редко погружается под поверхность сфероида более чем на такую же величину. Средняя же величина отступления геоида от наиболее удачно подобранного земного эллипсоида не превышает  $\pm 50$  м. Работы по вычислению размеров Земли, выполненные под руководством Ф.Н. Красовского (1940–1946), показали, что геоид близок к трехосному эллипсоиду вращения. У Земли один экваториальный радиус больше другого на 213 м.

Сфероидальность Земли является главной причиной географической зональности. Уточнение фигуры Земли позволило объяснить причины нарушения географической зональности в северном и южном полушариях. Как было выяснено, неоднородное строение земной коры привело к неравномерному распределению материков и океанов. Указанная полярная асимметрия явилась причиной океаничности южного полушария (здесь площадь океана составляет 81 %, суши – 19 %).

Другое следствие полярной асимметрии – асимметрия расположения географических зон. В качестве примера можно привести зоны тундры и тайги, распространенные в северном полушарии, но отсутствующие в южном. В полярной области южного полушария расположен материк Антарктида, покрытый мощным ледником. Размерами Земли определяются параметры

географической, оболочки, пространственное соотношение суши и океана.

## 1.4 Движения Земли и их следствия

Земля совершает множество движений одновременно. В географии учитывают три из них: орбитальное движение, суточное вращение и движение системы Земля-Луна.

**Орбитальное движение Земли.** Вокруг Солнца Земля движется по эллиптической орбите (длина 934 млн. км) со скоростью 29,765 км/с. В афелии (самой удаленной от светила точке) расстояние до Солнца составляет  $152 \times 10^6$  км и приходится на 5 июля, а спустя полгода, в перигелии (2 января), оно уменьшается и составляет  $147 \cdot 10^6$  км. Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение года за 365 суток 6 часов 9 минут 9 секунд.

*Географические следствия орбитального движения Земли:*

1. Земная ось наклонена по отношению к плоскости орбиты и образует с нею угол, равный  $66^{\circ}33'$ . В процессе движения ось перемещается поступательно, поэтому на орбите возникают 4 характерные точки:

– *21 марта и 23 сентября* – дни равноденствий – наклон земной оси оказывается нейтральным по отношению к Солнцу, а обращенные к нему участки планеты равномерно освещены от полюса до полюса. На всех широтах в эти сроки продолжительность дня и ночи равна 12 часам.

– *21 июня и 22 декабря* – дни летнего и зимнего солнцестояний – плоскость экватора наклонена по отношению к солнечному лучу под углом  $23^{\circ}27'$ , Солнце в этот момент находится в зените над одним из тропиков.

2. С наклоном земной оси к плоскости орбиты связано наличие таких характерных параллелей, как тропики и полярные круги. Полярный круг – параллель, широта которой равна углу наклона земной оси к плоскости орбиты ( $66^{\circ}33'$ ). Тропик – параллель, широта которой дополняет угол наклона земной оси до прямого ( $23^{\circ}27'$ ). Полярные круги являются границами распространения полярного дня и полярной ночи. Тропики являются границами зенитального положения солнца в полдень. На тропиках солнце бывает в зените один раз, в пространстве между ними – два раза в году.



3. Смена времен года (зима, весна, лето, осень – северное полушарие (СП); лето, осень, зима и весна – южное полушарие (ЮП)). Характерно неравномерное распределение года по сезонам (весна содержит 92,8 суток, лето – 93,6, осень – 89,8, зима – 89,0), что объясняется делением эллиптической орбиты Земли линиями солнцестояний и равноденствий на неравные части, для прохождения которых требуется разное время.

4. Образование поясов освещения, которые выделяются по высоте Солнца над горизонтом и продолжительности освещения. В *жарком поясе*, расположенном между тропиками, Солнце дважды в год в полдень бывает в зените. На линиях тропиков Солнце стоит в зените только один раз в году: на Северном тропике (тропик Рака) в полдень 22 июня, на Южном тропике (тропик Козерога) – в полдень 22 декабря.

Между тропиками и полярными кругами выделяются *два умеренных пояса*. В них Солнце никогда не бывает в зените, продолжительность дня и высота Солнца над горизонтом сильно меняются в течение года.

Между полярными кругами и полюсами расположены *два холодных пояса*, здесь бывают полярные дни и ночи. Следовательно, в году бывают дни, когда Солнце вообще не показывается из-за горизонта или не опускается за горизонт.

5. Смена времен года обуславливает годовой ритм в географической оболочке. В жарком поясе годовой ритм зависит, главным образом, от изменения увлажнения, в умеренном – от температуры, в холодном – от условий освещения.

**Осевое вращение Земли.** Земля вращается с запада на восток против часовой стрелки, совершая полный оборот за сутки. Ось вращения отклонена на  $23^{\circ}27'$  от перпендикуляра к плоскости эклиптики. Средняя угловая скорость вращения, т.е. угол, на который смещается точка на земной поверхности, для всех широт одинакова и составляет  $15^{\circ}$  за 1 час. Линейная скорость, т.е. путь, проходимый точкой в единицу времени, зависит от широты места. Географические полюсы не вращаются, там скорость равна нулю. На экваторе каждая точка проходит наибольший путь и имеет наибольшую скорость – 455 м/с. Скорость на одном меридиане разная, на одной параллели одинаковая.

*Географическими следствиями осевого вращения Земли являются:*

1. *Смена дня и ночи*, т.е. изменение в течение суток положения Солнца относительно плоскости горизонта данной точки (осевое

вращение дает основную единицу времени – сутки). С этим связаны суточный ритм солнечной радиации, интенсивность которой зависит от угла наклона земной оси, ритмы нагревания и охлаждения поверхности, местной циркуляции воздуха, жизнедеятельности живых организмов.

2. *Деформация фигуры Земли* – сплюснутость у полюсов (полярное сжатие), связанная с возрастанием центробежной силы от полюсов к экватору.

3. *Существование силы Кориолиса* – отклоняющего действия вращения Земли. Сила Кориолиса всегда перпендикулярна движению, направлена вправо в северном полушарии и влево – в Южном. Величина ее зависит от скорости движения и массы движущегося тела, а также от широты места:

4. Ось вращения, полюсы и экватор являются *основой географической системы координат*. Экватор служит плоскостью симметрии, относительно которой размещаются пояса освещения, меняются величина солнечной радиации и другие важные параметры. От полушария (Северного и Южного) зависит направление силы Кориолиса, а от широты – ее величина, полюсы не участвуют в суточном вращении.

**Движение в системе Земля – Луна.** Двойная планета Земля – Луна вращается вокруг общего центра масс (барицентра) находящегося внутри планеты Земля, на расстоянии  $0,73 R$  (радиуса Земли) от ее центра. Поэтому все точки описывают одинаковые орбиты, центробежные силы повсеместно одинаковы и направлены в одну сторону – от Луны. Равнодействующая силе притяжения Луны и центробежной – есть *приливообразующая сила*. На всей половине Земли, обращенной к Луне, больше сила притяжения, а на половине, обращенной от Луны, – центробежная. Воздействие Луны – спутника Земли велико. Оно создает приливное торможение суточного вращения нашей планеты, которое имеет большое географическое значение, если рассматривать длительные (в сотни миллионов лет) отрезки геологического времени. Приливное торможение, вызывая замедление вращения, уменьшает полярную сплюснутость Земли и силу Кориолиса, отклоняющую движущиеся массы воздуха и воды. Это влияет на циркуляцию атмосферы и вод океана, от которых, в свою очередь, зависят условия климата. Считают, что из-за замедления суточного вращения Земли продолжительность суток за последний 1 млрд. лет возросла на 6 часов.

## Задание.

1. Вычислите высоту Солнца над горизонтом в полдень в дни солнцестояний и равноденствий для следующих широт:  $0^\circ$ ;  $23^\circ 27'$ ;  $66^\circ 30'$ ;  $90^\circ$ ; и в пункте, где вы живете.

Для вычисления высоты Солнца над горизонтом используйте следующие формулы. Высота полуденного Солнца над горизонтом ( $h_1$ ) в дни равноденствий определяется по формуле (1):

$$h_1 = 90 - \varphi; \quad (1)$$

высота полуденного Солнца над горизонтом ( $h_2$ ) в день летнего солнцестояния определяется по формуле (2):

$$h_2 = 90 - \varphi + 23^\circ 27'; \quad (2)$$

высота полуденного Солнца над горизонтом ( $h_3$ ) в день зимнего солнцестояния определяется по формуле (3):

$$h_3 = 90 - \varphi - 23^\circ 27'; \quad (3)$$

где  $\varphi$  – широта местности, градусов.

Выразите графически зависимость высоты полуденного Солнца от широты. Определите по графикам самое высокое и самое низкое в году положение Солнца над горизонтом для г. Мурманска, о. Вознесения, о. Шри-Ланка.

Кривые расположите на одной системе координат, но покажите их разным цветом. Широту отложите на оси абсцисс (от  $90^\circ$  с. до  $90^\circ$  ю.), высоту Солнца – на оси ординат (от 0 до  $90^\circ$ ). Для периода равноденствий вычерчивается одна кривая, так как угол падения солнечных лучей в период весеннего и осеннего равноденствий один и тот же. Для определения по графику высоты полуденного Солнца над горизонтом для вышеперечисленных объектов, необходимо по карте атласа вычислить их широту.

Проанализируйте график по плану:

а) как изменяется (в градусах) высота Солнца над горизонтом над полюсами, полярными кругами, тропиками и над экватором;

б) сколько раз и когда Солнце бывает в зените над тропиками и над экватором, на широтах между тропиками;

в) как можно представить себе годовой ход температуры воздуха над полярными кругами, тропиками, экватором, исходя из изменения высоты Солнца над горизонтом? Сколько максимумов и минимумов температуры воздуха должно наблюдаться на этих широтах в течение года и когда?

2. На контурной карте полушарий покажите цветным карандашом положение полюсов, тропиков, полярных кругов. Заштрихуйте и надпишите пояса освещенности

3. В тетради для практических работ заполнить таблицы 1 и 2 по динамическим и физическим характеристикам планет Солнечной системы, выявить черты сходства и различия планет Солнечной системы и их спутников.

Таблица 1 – Динамические характеристики планет Солнечной системы

| Планета | Расстояние от Солнца |       | Наклонение орбиты к центральной плоскости Солнечной системы, град. | Наклон оси планеты к плоскости ее орбиты, град. | Период вращения вокруг оси (в земных сутках) | Средняя скорость движения по орбите, км/с | Количество спутников |
|---------|----------------------|-------|--|---|--|---|----------------------|
|         | млн. км              | а. е. |  |   |  |   |                      |
| 1       | 2                    | 3     | 4  | 5   | 6  | 7   | 8                    |
|         |                      |       |  |   |  |   |                      |
|         |                      |       |  |   |  |   |                      |
|         |                      |       |  |   |  |   |                      |

Таблица 2 – Физические характеристики планет Солнечной системы

| Планета                | Экваториальный радиус, км | Масса планеты                  |                      | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> | Особенности поверхности |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------|
|                        |                           | Абсолютная г x 10 <sup>7</sup> | В сравнении с Землей |                                      |                         |
| 1                      | 2                         | 3                              | 4                    | 5                                    | 6                       |
| <i>Земная группа</i>   |                           |                                |                      |                                      |                         |
|                        |                           |                                |                      |                                      |                         |
| <i>Планеты-гиганты</i> |                           |                                |                      |                                      |                         |
|                        |                           |                                |                      |                                      |                         |
|                        |                           |                                |                      |                                      |                         |

## Вопросы для самоконтроля

1. Как изменялись представления людей о форме Земли по мере развития наук?
2. Каково географическое значение формы, массы и размеров Земли?
3. С чем связана суточная и сезонная ритмичность в природе?
4. Каково значение магнитного и гравитационного полей для процессов, происходящих в географической оболочке?
5. Как проявляются солнечно-земные связи?
6. Каково влияние солнечной активности на процессы, происходящие в географической оболочке?
7. Какое влияние форма Земли оказывает на распределение тепла по земной поверхности?
8. В чем состоят географические следствия размеров и формы Земли?
9. Назовите математические модели, используемые для описания формы Земли в порядке их приближения к истинной форме Земли.
10. За какое время Земля совершает полный оборот вокруг своей оси?
11. Каковы угловая и линейная скорости Земли? Какие точки имеют наибольшую линейную скорость, а какие остаются неподвижными и почему?
12. Назовите главные географические следствия осевого вращения Земли.
13. На каких широтах и почему наблюдаются белые ночи? Когда можно наблюдать белые ночи в Северном полушарии?
- 14.
15. Как называется отклоняющее действие вращения Земли, и на какие природные процессы оно влияет?
16. Назовите даты летнего солнцестояния, осеннего равноденствия, зимнего солнцестояния, весеннего равноденствия.
17. Что называют природной ритмикой и в чем она проявляется?

## Тема 2 Внутреннее строение и состав Земли

### 2.1 Внутреннее строение Земли

### 2.2 Гравитационное поле и земной магнетизм

### 2.3 Возраст Земли. Геохронология

## 2.1 Внутреннее строение Земли

Земля, как и другие планеты, имеет оболочечное строение. Установить внутреннее строение Земли удалось сейсмическим методом исследования. При прохождении сквозь тело Земли сейсмических волн (продольных и поперечных) скорости их на некоторых глубинных уровнях заметно меняются (причем скачкообразно), что свидетельствует об изменении свойств среды, проходимой волнами.

К внешним оболочкам относятся атмосфера и гидросфера. Твердое тело Земли состоит из земной коры, мантии и ядра. Земная кора – первая оболочка твердого тела Земли, имеет мощность 30–40 км. По объему она составляет 1,2 % объема Земли, по массе – 0,4%, средняя плотность равна  $2,7 \text{ г/см}^3$ . От мантии земная кора отделена сейсмическим разломом, названным границей Мохо, от фамилии югославского ученого А. Мохоровичича (1857–1936), открывшего этот «сейсмический разлом». Здесь происходит скачок скоростей продольных сейсмических волн примерно до 8 км/с. Эта граница четкая и наблюдается во всех местах Земли на глубинах от 5 до 90 км. Породы земной коры богаты кремнием, алюминием, окислами железа. Выделяют четыре типа земной коры, они соответствуют четырем наиболее крупным формам поверхности Земли.

Существуют понятия «земная кора» и «литосфера». Литосфера – каменная оболочка Земли, образованная земной корой и частью верхней мантии. Мощность ее составляет 150 – 200 км, ограничена астеносферой. Только верхняя часть литосферы называется земной корой. Мантия по объему составляет 83 % объема Земли и 68 % ее массы. Плотность вещества возрастает до  $5,7 \text{ г/см}^3$ . На границе с ядром температура увеличивается до  $3800^\circ \text{C}$ , давление – до  $1,4 \cdot 10^{11}$  Па.

Выделяют верхнюю мантию до глубины 900 км и нижнюю – до 2900 км. В верхней мантии на глубине 150–200 км присутствует астеносферный слой. Астеносфера (греч. *asthenes* – слабый) – слой

пониженной твердости и прочности в верхней мантии Земли. Астеносфера – основной источник магмы, в ней располагаются очаги питания вулканов и происходит перемещение литосферных плит.

Ядро занимает 16 % объема и 31 % массы планеты. Температура в нем достигает  $5000^{\circ}\text{C}$ , давление  $-37\cdot 10^{11}$  Па, плотность – 16г/см. Ядро делится на внешнее, до глубины 5100 км, и внутреннее. Внешнее ядро – расплавленное, состоит из железа или металлизированных силикатов, внутреннее – твердое, железоникелевое.

От плотности вещества зависит масса небесного тела, масса определяет размеры Земли и силу тяжести. Наша планета имеет достаточные размеры и силу тяжести, она удержала гидросферу и атмосферу. В ядре Земли происходит металлизация вещества, обуславливая образование электрических токов и магнитосферы.

## 2.2 Гравитационное поле и земной магнетизм

Вокруг Земли существуют разнообразные геофизические поля, наиболее существенное влияние на географическую оболочку оказывают гравитационное и магнитное. Гравитационное поле на Земле – это поле силы тяжести. Сила тяжести – равнодействующая сила между силой притяжения и центробежной силой, возникающей при вращении Земли. Центробежная сила достигает максимума на экваторе, но и здесь она мала и составляет  $1/288$  от силы тяжести. На силу притяжения должно влиять космическое окружение планеты, распределение масс внутри Земли и на ее поверхности. По закону всемирного тяготения, силы взаимодействия зависят от массы тел и расстояний между ними. Влияние ближайших космических тел – Солнца и Луны – мало из-за огромных расстояний. Следовательно, сила тяжести на Земле в основном зависит от силы притяжения, на которую оказывает влияние распределение масс внутри Земли и на поверхности. Сила тяжести действует повсеместно на Земле и направлена по отвесу к поверхности геоида. Напряженность гравитационного поля равномерно уменьшается от полюсов к экватору (на экваторе больше центробежная сила), от поверхности вверх (на высоте 36 000 км равна нулю) и от поверхности вниз (в центре Земли сила тяжести равна нулю). Нормальным гравитационным полем Земли называется такое, которое было бы у Земли, если бы она имела форму эллипсоида с равномерным распределением масс. Напряженность реального поля в конкретной

точке отличается от нормального, возникает аномалия гравитационного поля. Аномалии могут быть положительными и отрицательными: горные хребты создают дополнительную массу и должны бы вызывать положительные аномалии, океанические впадины, наоборот – отрицательные. На самом деле земная кора находится в изостатическом равновесии.

Изостазия (от греч. *isostasios* – равный по весу) – уравнивание твердой, относительно легкой земной коры более тяжелой верхней мантией. Теория равновесия была выдвинута в 1855 г. английским ученым Г.Б. Эйри. Благодаря изостазии избытку масс выше теоретического уровня равновесия соответствует недостаток их внизу. Это выражается в том, что на определенной глубине (100–150 км) в слое астеносферы вещество перетекает в те места, где имеется недостаток масс на поверхности. Только под молодыми горами, где еще полностью компенсация не произошла, наблюдаются слабые положительные аномалии. Однако равновесие непрерывно нарушается: в океанах происходит отложение наносов, под их тяжестью дно океана прогибается. С другой стороны, горы разрушаются, высота их уменьшается, значит уменьшается и масса. Сила тяжести создает фигуру Земли, она является одной из ведущих эндогенных сил. Благодаря ей выпадают атмосферные осадки, текут реки, формируются горизонты подземных вод, наблюдаются склоновые процессы. Силой тяжести объясняется максимальная высота гор; считается, что на нашей Земле не может быть гор выше 9 км. Сила тяжести такова, что она удерживает газовую и водную оболочки планеты. Атмосферу планеты покидают только самые легкие молекулы – водорода и гелия. Давление масс вещества, реализующееся в процессе гравитационной дифференциации в нижней мантии, наряду с радиоактивным распадом порождает тепловую энергию – источник внутренних (эндогенных) процессов, перестраивающих литосферу. Шаровая фигура гравитационного поля определяет два основных вида форм рельефа на земной поверхности – конические и равнинные (Л.П. Шубаев). Оно отпечатывается на всех телах, которые образуются на Земле. Если тело растет вниз или вверх, то оно приобретает форму, близкую к конической: горные вершины, дюны, карстовые воронки. Если тело растет горизонтально, то сила тяжести делает его листообразным – дельты, аккумулятивные равнины. Сила тяжести определяет силу поверхностного натяжения, с которой связано поднятие воды вверх и питание корней растений. У живых организмов существует геотропическая реакция – стремление ориентироваться в поле силы тяжести.



**Магнитное поле.** Земной магнетизм – свойство Земли, обуславливающее существование вокруг нее магнитного поля, вызываемого процессами, происходящими на границе ядро – мантия. Впервые о том, что Земля – магнит, человечество узнало благодаря работам У. Гильберта. В трактате «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле» (1600) Гильберт последовательно рассмотрел магнитные явления. Магнитосфера – область околоземного пространства, заполненная заряженными частицами, движущимися в магнитном поле Земли. Она отделена от межпланетного пространства магнитопаузой. Это внешняя граница магнитосферы. Влияние магнитного поля проявляется в том, что магнитная стрелка компаса устанавливается в направлении магнитных силовых линий. Северный конец стрелки магнитного компаса всегда показывает на магнитный полюс Северного полушария. Плоскость большого круга, в котором устанавливается стрелка компаса, называется магнитным меридианом. Магнитные меридианы не образуют правильной сетки, но сходятся в двух точках – магнитных полюсах Земли. Магнитный полюс – область на поверхности Земли, где сходятся магнитные силовые линии. Магнитные полюсы не совпадают с географическими и медленно движутся со скоростью 7 – 8 км/год. В 1995 г. магнитный полюс Северного полушария находился в точке с координатами 77°30' с.ш. и 102°30' з.д. (в одном из проливов Канадского арктического архипелага), в 2185 г. его положение совпадет с географическим полюсом. Магнитный полюс Южного полушария имеет координаты 65° ю.ш. и 139° в.д. и находится побережья Земли Виктории в Антарктиде, он медленно движется с сторону Австралии. Магнитные полюсы находятся не в диаметрально противоположных точках земного шара. Магнитная ось не проходит через центр Земли, она смещена на 427 км от геометрического центра в сторону Марианской впадины. Ось магнитного поля наклонена под углом 11,5° по отношению к оси вращения Земли. Магнитное поле характеризуется тремя величинами: магнитным склонением, магнитным наклонением и напряженностью. Магнитное склонение – угол между географическим меридианом и направлением магнитной стрелки. Склонение бывает восточным (+), если северный конец стрелки компаса отклоняется к востоку от географического, и западным (-), когда стрелка отклоняется к западу. Линии одинакового склонения называются изогонами, их значение изменяется от 0 до 180°. Нулевая изогона – агоническая линия – разделяет западное и восточное склонения, стрелка компаса на ней северным концом показывает на

Северный географический полюс. Магнитное склонение – угол между горизонтальной плоскостью и направлением магнитной стрелки, подвешенной на горизонтальной оси. Наклонение положительное, когда северный конец стрелки смотрит вниз, и отрицательное, если северный конец направлен вверх. Магнитное склонение изменяется от 0 до 90°. На магнитном полюсе Северного полушария северный конец стрелки компаса направлен перпендикулярно вниз, на магнитном полюсе Южного полушария – перпендикулярно вверх. Линии равных склонений называются изоклинами. Нулевая изоклина – магнитный экватор – проходит вблизи географического экватора. Сила магнитного поля характеризуется напряженностью. Напряженность магнитного поля небольшая, составляет на экваторе 20–28 А/м (0,25–0,35 эрстед), на полюсе – 48–56 А/м (0,6–0,7 эрстед). В основе образования магнитного поля лежат внутренние и внешние причины. Постоянное магнитное поле образуется благодаря электрическим токам, возникающим во внешнем ядре планеты. Солнечные корпускулярные потоки образуют переменное магнитное поле Земли. Наглядное представление о состоянии магнитного поля Земли дают магнитные карты. Магнитные карты составляются на пятилетний срок – магнитную эпоху. Нормальное магнитное поле было бы у Земли, будь она однородно намагниченным шаром. Места пересечения магнитной оси однородного намагниченного шара с земной поверхностью называются геомагнитными полюсами. Геомагнитные полюсы расположены симметрично относительно центра Земли, так как магнитная ось «нормального магнитного поля» проходит через центр Земли. Отклонения реального магнитного поля от нормального (теоретически рассчитанного) называются магнитными аномалиями. Они могут быть мировыми (Восточно-Сибирский овал), региональными (Курская магнитная аномалия) и локальными, связанными с близким залеганием к поверхности магнитных пород. Магнитосфера имеет каплевидную форму (рис. 2.5). На стороне, обращенной к Солнцу, ее радиус равен 10 радиусам Земли, на ночной стороне под влиянием «солнечного ветра» увеличивается до 100 радиусов. Форма обусловлена воздействием солнечного ветра, который, наталкиваясь на магнитосферу Земли, обтекает ее. Заряженные частицы, достигая магнитосферы, начинают двигаться по магнитным силовым линиям и образуют радиационные пояса. Внутренний радиационный пояс состоит из протонов, имеет максимальную концентрацию на высоте 3500 км над экватором. Внешний пояс образован электронами, простирается до 10 радиусов.

У магнитных полюсов высота радиационных поясов уменьшается, здесь возникают области, в которых заряженные частицы вторгаются в атмосферу, ионизируя газы атмосферы и вызывая полярные сияния. При изучении магнитного поля Земли, существовавшего в прошлые эпохи, пользуются палеомагнитными и археомагнитными методами. Палеомагнитные методы основываются на изучении магнитного поля по намагниченности древних пород. Археомагнитные методы исследования позволяют изучать намагниченность предметов, созданных людьми: кирпича, глиняных сосудов. Палеомагнитные и археомагнитные методы исследования позволили установить ряд интересных закономерностей. Наблюдаются вековые вариации элементов магнитного поля Земли: период колебания склонения составляет 1000 лет, напряженности – 10000 лет. Удалось установить, что величина магнитного поля всегда была примерно такой же, как сейчас, она колеблется около среднего уровня. Однако положение магнитных полюсов менялось: магнитный полюс Северного полушария много миллионов лет назад располагался на экваторе, затем он перемещался вдоль берегов Восточной Азии через Камчатку и достиг современного положения. По мнению А. Е. Криволицкого (1985), магнитные полюсы блуждать не могут, их положение определяется положением оси вращения Земли. Причина несоответствия современного магнитного поля и древнего объясняется движением литосферных плит. Палеомагнитный метод подтвердил мнение ученых о неоднократном изменении полярности магнитного поля. Обращения (изменения полярности) магнитного поля происходили многократно в течение геологической истории. Полярность не меняется внезапно; напряженность магнитного поля постепенно уменьшается до нуля, затем медленно увеличивается в обратном направлении. Породы сохраняют в себе «ископаемое» магнитное поле, которое существовало в момент их образования. Радиологическое исследование образцов горных пород позволило построить шкалу изменения магнитного поля Земли. Продолжительность периодов, в течение которых сохранялась одна полярность, в палеозое составляла 5–10 млн. лет, в последние несколько миллионов – 0,7–1,2 млн. лет. За последние 4,5 млн. лет сменилось четыре эпохи. Эпоха Гильберта – обратная намагниченность 4,5–3,3 млн. лет. Палеомагнетизм – свойство горных пород намагничиваться в период своего формирования под действием магнитного поля Земли и сохранять намагниченность в последующие эпохи. 63 Эпоха Гаусса – прямая намагниченность 3,3 – 2,4 млн. лет. Эпоха Матуяма – обратная намагниченность 2,4 – 0,7 млн. лет. Сейчас

продолжается эпоха прямой намагниченности Брюнес, 0,7 млн. лет назад она сменила эпоху обратной намагниченности Матуяма. Географическое значение магнитосферы очень велико: она защищает Землю от корпускулярного солнечного и космического излучения. С магнитными аномалиями связан поиск полезных ископаемых. Магнитные силовые линии помогают ориентироваться в пространстве туристам, кораблям. Живые организмы обладают магнитотропизмом, они способны ориентироваться в магнитном поле Земли.

## 2.3 Возраст Земли. Геохронология

Земля возникла как холодное тело из скопления твердых частиц и тел, подобных астероидам. Среди частиц были и радиоактивные. Попав внутрь Земли, они распадались с выделением тепла. Сегодня возраст Земли устанавливается с помощью радиоактивного метода, однако применять его можно только к породам, содержащим радиоактивные элементы. Если считать, что весь аргон на Земле – продукт распада калия-49, то возраст Земли будет не менее 4 млрд. лет. Подсчеты О.Ю. Шмидта дают еще более высокую цифру – 7,6 млрд. лет. В.И. Баранов для исчисления возраста Земли взял отношение между современными количествами урана-238 и актиноурана (урана-235) в горных породах и минералах и получил возраст урана (вещества, из которого потом возникла планета) 5–7 млрд. лет.

Таким образом, возраст Земли определяется в интервале 4–6 млрд. лет. Непосредственно восстановить историю развития земной поверхности удастся пока в общих чертах, начиная с тех времен, от которых сохранились древнейшие горные породы, т.е. примерно за 3–3,5 млрд. лет

Можно выделить несколько этапов в развитии Земли:

1. Стадия первоначального сгустка материи в материнском пылегазовом облаке.

2. Стадия небольшой планеты (сравнимой по объему с нынешним Меркурием), уже способной удерживать вокруг себя постоянную газовую оболочку. Зачатки тектонической деятельности (источники энергии: распад радиоактивных веществ и, возможно, начало гравитационной дифференциации). Выделение с изверженными породами газов  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_4$ , и включение их в состав первичной атмосферы.

3. Земля достигает современных размеров. Ее внешняя каменная оболочка базальтового состава. Накопление неживого органического вещества и развитие его в сторону образования высокомолекулярных соединений.

4. Появление доклеточных форм жизни. Организмы только гетеротрофные.

5. Появление одноклеточных организмов и возникновение автотрофных живых существ. Обогащение атмосферы свободным кислородом и азотом за счет жизнедеятельности микроорганизмов.

*Геохронология* – обозначение времени и последовательности образования горных пород. Если залегание горных пород не нарушено, то каждый слой моложе того, на котором он залегает. Верхний слой образовался позднее всех лежащих ниже.

Историю Земли обычно делят на два эона: *криптозой* (скрытый и жизнь: нет останков скелетной фауны) и *фанерозой* (явный и жизнь). Криптозой включает две эры: *архей* (4 500 млн. лет назад) и *протерозой* (2 600 млн. лет назад). Фанерозой охватывает последние 570 млн. лет, в нем выделяют *палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры*, которые, в свою очередь, делятся на периоды. Часто весь период до фанерозоя называют докембрием (кембрий – первый период палеозойской эры).

**Задание.** В тетради для практических работ заполнить таблицу 3, столбец «Основные события» с указанием основных черт развития поверхности планеты и ее органического мира.

Таблица 3 – Геохронологическая шкала

| Эон                         | Эра                | Продолжит.<br>млн. лет | Период   | Начало,<br>млн. лет | Продолжит.<br>млн. лет | Основные события |
|-----------------------------|--------------------|------------------------|--|---------------------|------------------------|------------------|
| ФАНЕРОЗОЙ<br>(570 млн. лет) | Кайнозойская<br>Kz | 65                     | Четвертичный<br>(антропогеновый,<br>квартер) Q | 1,6                 | 1,6                    |                  |
|                             |                    |                        | Неогеновый<br>N                                | 24,6                | 23,0                   |                  |
|                             |                    |                        | Палеогеновый<br>P                              | 65                  | 40,4                   |                  |

| Эон                        | Продолжит<br>млн. лет | Эра                | Период               | Начало,<br>млн. лет | Продолжит.<br>млн. лет | Основные<br>события |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|                            |                       |                    |                      |                     |                        |                     |
| КРИПТОЗОЙ (Докембрий)      | 322                   | Палеозойская<br>Pz | Меловой<br>К         | 144                 | 79                     |                     |
|                            |                       |                    | Юрский<br>J          | 213                 | 69                     |                     |
|                            |                       |                    | Триасовый<br>T       | 248                 | 35                     |                     |
|                            |                       |                    | Пермский<br>P        | 286                 | 38                     |                     |
|                            |                       |                    | Каменноугольный<br>C | 360                 | 74                     |                     |
|                            |                       |                    | Девонский<br>D       | 408                 | 48                     |                     |
|                            | 183                   | Мезозойская<br>Mz  | Силурийский<br>S     | 438                 | 30                     |                     |
|                            |                       |                    | Ордовикский<br>O     | 505                 | 67                     |                     |
|                            |                       |                    | Кембрийский é        | 570                 | 65                     |                     |
|                            |                       |                    | Венд<br>v            | 650                 | 80                     |                     |
|                            |                       |                    | Рифей                |                     | 1000                   |                     |
|                            |                       |                    | Карелий              |                     | 850                    |                     |
| Архей Ag                   | Верхний<br>(поздний)  | 650                |                      |                     |                        |                     |
|                            | Нижний<br>(ранний)    | ><br>400           |                      |                     |                        |                     |
|                            | Протерозой Pp         |                    | 1080                 |                     |                        |                     |
|                            | Верхний<br>(поздний)  |                    |                      |                     |                        |                     |
| Азойский<br>(катархейский) |                       |                    |                      |                     |                        |                     |

## Вопросы для самоконтроля

1. Назовите и охарактеризуйте составные части внутреннего строения Земли.
2. Какие показатели используют для характеристики изменения внутреннего тепла Земли с глубиной?
3. Причины гравитационной дифференциации вещества.
4. Магнитосфера, ее строение. Роль магнитосферы в жизни географической оболочки.
5. Структура магнитного поля Земли. Магнитные и геомагнитные полюсы.
6. Магнитные аномалии, их виды, причины образования. Влияние Солнца на магнитное поле Земли.
7. Что такое склонение магнитной стрелки и от чего оно зависит?
8. Что называют гравитационным полем Земли, от чего оно зависит и как влияет на процессы, протекающие в географической оболочке?
9. Современные методы определения возраста Земли.

## Литература

- 1 Савцова, Т.М. Общее землеведение / Т.М. Савцова. – М., 2003. – 416с.
- 2 Гледко, Ю.А. Общее землеведение : учеб.издание : курс лекций для студентов географических специальностей вузов / Ю.А. Гледко, , М.В. Кухарчик. – Минск : БГУ, 2008 . – 203с .
- 3 Гледко, Ю.А. Практикум по общему землеведению/ Ю.А. Гледко, Е.В. Матюшевская. – Минск, 2006. – 96 с.
- 4 Мильков, Ф.Н. Общее землеведение : учебник для геогр. спец. вузов / Ф.Н Мильков. – Москва : Высшая школа, 1990 . – 334с .
- 5 Боков, В.А. Общее землеведение : учебник / В.А. Боков, , Ю.П. Селиверстов, И.Г. Черванев. – Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1998 . – 268с.
- 6 Селиверстов, Ю.П. Землеведение / Ю.П. Селиверстов, А.А. Бобков. – М., 2004. – 512 с.
- 7 Общее Землеведение: практикум. В 2 ч. Ч.1. Земля во Вселенной, атмосфера, гидросфера / авт.-сост. А.В. Таранчук, О.Ю. Панасюк, Н.В. Науменко, Д.А. Пацыкайлик. – Минск: БГПУ, 2007. – 88 с.
- 8 Каропа, Г.Н. Общее землеведение : практич.руководство для студентов специальности 1-31 02 01-02 "География (научно-педагогическая деятельность)" / Каропа, Г. Н., Д.В. Литвиненко, М.С. Томаш; М-во образ. РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф.Скорины. – Гомель : ГГУ им.Ф.Скорины, 2013 . – 32с .
- 9 Неклюкова, Н.П. Общее землеведение. Литосфера, биосфера, геогр. оболочка : учеб. пособие для географич. специальностей пед. ин-тов / Н.П. Неклюкова. – Москва : Просвещение, 1976. – 336с .
- 10 Шубаев, Л.П. Общее землеведение : учеб.пособие для студентов ун-тов и пед. ин-тов по специальности "География" / Л.П. Шубаев. – Москва : Высшая школа, 1977 . –455с .
- 11 Любушкина, С.Г. Естествознание: Землеведение и краеведение : Учебное пособие / С.Г. Любушкина, К.В. Пашканг. – М.: ВЛАДОС, 2002. – 456 с.