

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Л. А. Карпова

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ. ЗЕМЛЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия для обучающихся
по направлению подготовки 05.03.03 Картография и геоинформатика
(уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2023

УДК 551:556(075.8)

К265

Рецензенты: кандидат географических наук, доцент АлтГУ *О. В. Останин*

кандидат технических наук, доцент, СГУГиТ *С. Ю. Кацко*

Карпова, Л. А.

К265 **Общее землеведение. Земля в Солнечной системе : учебно-методическое пособие / Л. А. Карпова. – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – 66 с. – Текст : непосредственный.**

ISBN 978-5-907711-33-4

Учебно-методическое пособие подготовлено кандидатом технических наук, доцентом Л. А. Карповой на кафедре картографии и геоинформатики СГУГиТ.

В учебно-методическом пособии рассматриваются теоретические вопросы, связанные с формированием географической оболочки как объекта общего землеведения, а также влияние на нее космических и планетарных факторов. Описаны причины и следствия периодических явлений, формирующихся в географической оболочке. Рассмотрены основные формы и размеры Земли, а также особенности ее внутреннего строения. Приведены примеры для выполнения лабораторных работ, составлен фонд тестовых заданий для закрепления знаний по рассматриваемым темам.

Учебно-методическое пособие «Общее землеведение» предназначено для обучающихся по направлению подготовки 05.03.03 Картография и геоинформатика (уровень бакалавриата).

Рекомендовано к изданию кафедрой картографии и геоинформатики СГУГиТ, Ученым советом Института геодезии и менеджмента СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ.

Ответственный редактор: кандидат технических наук, доцент СГУГиТ

Я. Г. Пошивайло

УДК 551:556(075.8)

ISBN 978-5-907711-33-4

© СГУГиТ, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Земля в Солнечной системе.....	5
1.1. Земля как планета Солнечной системы.....	5
1.2. Космические и планетарные факторы воздействия на географическую оболочку	7
1.2.1. Солнечно-земные связи как космический фактор	8
1.2.2. Эффект Кориолиса как планетарный фактор.....	12
1.3. Практическая работа № 1. Земля в Солнечной системе и космическом пространстве	15
1.3.1. Задание 1. Космические и планетарные факторы.....	15
1.3.2. Задание 2. Планетарный фактор. Эффект Кориолиса	19
Контрольные вопросы.....	23
Тестовые задания.....	24
2. Формы, размеры и внутреннее строение земли, история и современные представления	32
2.1. Исторические и современные представления о формах и размерах Земли	32
2.2. Внутреннее строение Земли и его особенности	38
2.3. Практическая работа № 2. Формы, размеры и внутреннее строение Земли.....	43
2.3.1. Задание 1. Формирование представлений о форме и размерах Земли.....	43
2.3.2. Задание 2. Современные формы и размеры Земли и их особенности	44
2.3.3. Задание 3. Форма Земли и дальность видимого горизонта.....	46
2.3.4. Задание 4. Внутреннее строение Земли	50
Контрольные вопросы.....	55
Тестовые задания.....	57
Заключение.....	63
Библиографический список.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Объектом общего землеведения является географическая оболочка планеты Земля. Географическая оболочка в том виде, в котором она предстает перед нами в настоящее время, формировалась миллионы лет и продолжает претерпевать изменения. Эти изменения происходят вследствие того, что наша планета испытывает воздействие различных факторов из космоса и из недр, так как внутренние оболочки Земли также находятся в движении, в том числе проявляя таким образом реакцию на внешние, космические факторы.

Изучение возникновения процессов и явлений, происходящих в географической оболочке, целесообразно начинать с подробного рассмотрения вышеуказанных факторов, так как они определяют ее облик в целом и состояние ее оболочек в частности. В данном учебно-методическом пособии рассматривается именно эта часть программы изучения общего землеведения как дисциплины.

Целью данного пособия является формирование представлений у обучающихся о воздействии планетарных и космических факторов на географическую оболочку как объект изучения общего землеведения, а также на возникновение процессов и явлений, происходящих под их влиянием в глобальном масштабе. Это является важной составляющей при переходе к более детальному рассмотрению последующих разделов данного курса.

Учебно-методическое пособие состоит из теоретической и практической части. Для самоподготовки к установленной форме контроля и защите выполненных работ дан перечень контрольных вопросов и тестовых заданий по каждой практической работе соответственно их тематике.

1. ЗЕМЛЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

1.1. Земля как планета Солнечной системы

Планета Земля является уникальной планетой Солнечной системы. Это третья по удаленности от Солнца планета, самая плотная из всех ее планет, пятая по диаметру и массе и крупнейшая среди планет земной группы, в которую входят также Меркурий, Венера и Марс.

Солнечная система – планетная система, включающая в себя центральную звезду Солнце и все естественные космические объекты на гелиоцентрических орбитах. Она сформировалась согласно современным представлениям, путем гравитационного сжатия холодного газопылевого облака Галактики – Млечного Пути примерно 4,57 млрд лет назад (рис. 1.1).

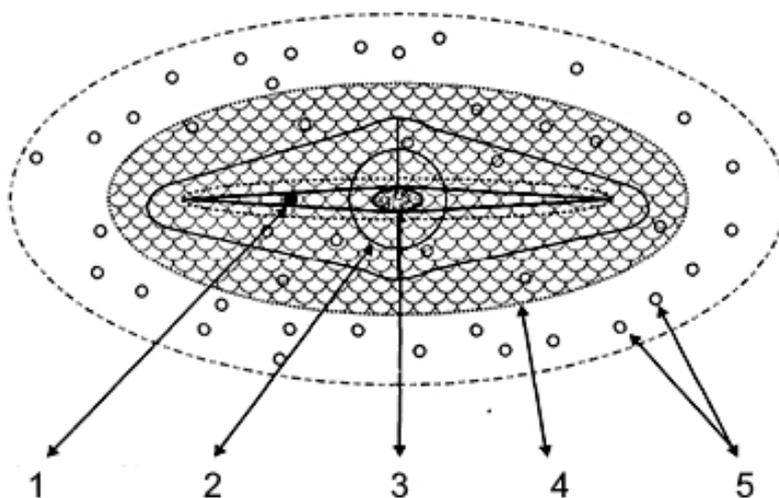


Рис. 1.1. Строение галактики Млечный Путь [8]:

1 – Солнце; 2 – сферическое население центра; 3 – ядро;
4 – спиральные рукава; 5 – шаровые скопления

Солнце является эволюционным, динамическим и физическим центром нашей планетной системы. Оно определяет как общие свойства планет, так

и многие их особенности. Под его влиянием планеты системы имеют различные характеристики, на основании которых подразделяются учеными на две группы: внутреннюю – планеты типа Земля и внешнюю – планеты-гиганты типа Юпитера. Все планеты обращаются вокруг Солнца по своей орбите и перемещаются во Вселенной вслед за Солнцем с огромной скоростью 230 км/с. В свою очередь, орбитальная скорость движения Земли 29,76 км/с. С понятием орбиты планеты тесно связано понятие *эклиптика* – это видимый путь Солнца в течение года, который является отражением движения Земли по орбите вокруг Солнца (рис. 1.2). Эклиптика проходит на фоне двенадцати зодиакальных созвездий, поэтому с ними связаны отображения движения нашей планеты вокруг звезды.

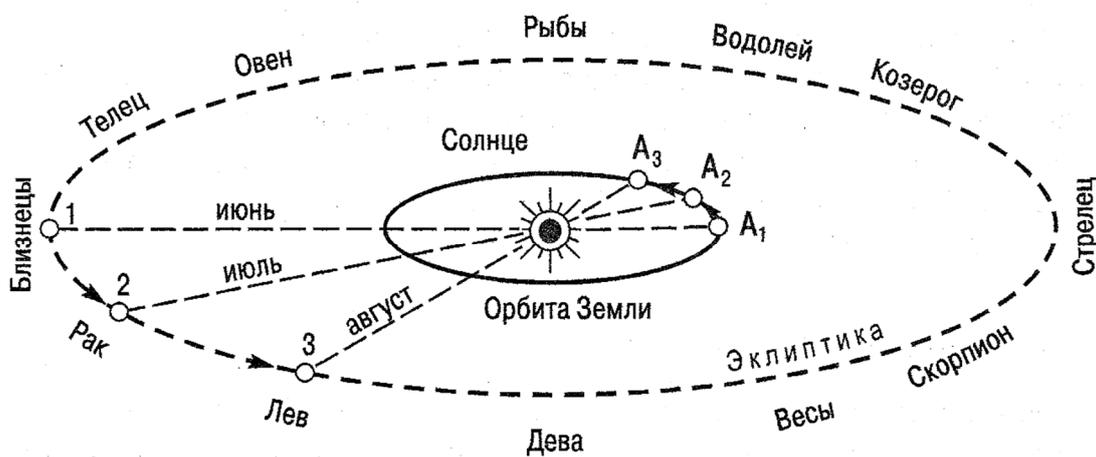


Рис. 1.2. Движение Земли вокруг Солнца по орбите и кажущееся годичное движение Солнца по эклиптике [5]

Землю называют двойной планетой «Земля – Луна». Луна является единственным природным спутником нашей планеты, что отличает ее от других планет системы. Из-за взаимного притяжения система «Земля – Луна» имеет общий центр тяжести – *барицентр*, который находится в теле Земли на расстоянии 0,73 радиуса от ее центра (рис. 1.3).

Планеты Солнечной системы имеют свои характеристики и выявленные учеными параметры. Основные характеристики Земли представлены в табл. 1.1.

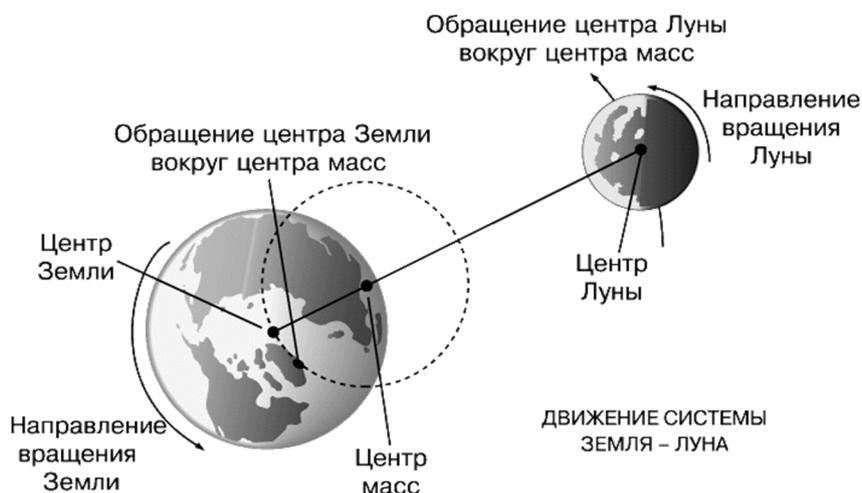


Рис. 1.3. Система «Земля – Луна» [7]

Таблица 1.1

Основные сведения о планете Земля [3]

№	Характеристика	Значение
1	Наибольшее расстояние до Солнца (афелий, начало 5 июля)	152 000 000 км
2	Наименьшее расстояние до Солнца (перигелий, начало 5 июля)	147 000 000 км
3	Среднее расстояние до Солнца	149 509 000 км
4	Время прохождения света от Солнца	8 мин 18 с
5	Видимый угловой диаметр Солнца	32'
6	Период обращения вокруг Солнца (тропический год)	365 дней 5 ч 48 мин 46 с
7	Длина орбиты	939 120 000 км
8	Средняя скорость движения по орбите	29,76 км/с
9	Наклон оси к плоскости эклиптики (плоскости орбиты)	66°33'19"
10	Время полного оборота вокруг своей оси (звездные сутки)	23 ч 56 мин 4,1 с
11	Скорость точки экватора вследствие суточного вращения	465 м/с
12	Среднее расстояние до Луны	384 395 км
13	Масса спутника – Луны	$7,35 \cdot 10^{22}$

1.2. Космические и планетарные факторы воздействия на географическую оболочку

Земля как планета Солнечной системы является ее частью, а также частью Вселенной, поэтому испытывает мощное космическое воздействие, особенно Солнца и Луны. Географическая оболочка Земли сформировалась

и продолжает изменяться под воздействием не только космоса, но и недр планеты. Факторы ее формирования можно разделить на космические и планетарные (табл. 1.2). К *космическим* факторам относятся движение галактик, излучение звезд и Солнца, взаимодействие планет и спутников, воздействие небольших небесных тел (астероидов, комет, метеорных потоков), к *планетарным* – орбитальное движение и осевое вращение Земли, форма и размеры планеты, внутреннее строение Земли, геофизические поля [2].

Таблица 1.2

Факторы формирования географической оболочки

Космические факторы	Планетарные факторы
<ul style="list-style-type: none"> – движение галактик; – излучение звезд и Солнца; – взаимодействие планет и спутников, воздействие небольших небесных тел (астероидов, комет, метеорных потоков) 	<ul style="list-style-type: none"> – орбитальное движение и осевое вращение Земли; – форма и размеры планеты; – внутреннее строение Земли; – геофизические поля

В связи с тем, что Солнце играет значительную роль в формировании географической оболочки Земли, рассмотрим более подробно солнечно-земные связи. На данном примере анализа взаимодействия объектов Солнечной системы будет построено задание практической работы.

1.2.1. Солнечно-земные связи как космический фактор

Солнечно-земные связи – ответные реакции географической оболочки на изменения солнечной активности. К солнечно-земным связям необходимо отнести:

- динамический фактор, т. е. совокупность явлений, обусловленных движением Земли вокруг Солнца по орбите и вековыми изменениями параметров движения (прежде всего положения земной оси в пространстве);
- энергетический фактор, связанный с поступлением солнечной радиации. На уровне земной поверхности изменчивость энергетического фактора определяется известными обстоятельствами – суточным ритмом, сменной времени года и состоянием атмосферы и земной поверхности;

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

Солнце – центральная звезда Солнечной системы. Это ближайшая к Земле звезда. Диаметр Солнца составляет 1,39 млн км, масса – $1,989 \cdot 10^{30}$ кг. По спектральной классификации звезд Солнце является «желтым карликом» (класс G2V), возраст Солнца оценивается в 5–4,6 млрд лет. Солнце вращается вокруг своей оси против часовой стрелки, в том же направлении движутся вокруг него планеты. Основное вещество, образующее Солнце, – водород (71 % массы светила), на гелий приходится 27 %, на углерод, азот, кислород, металлы – 2 %.

Солнце излучает два основных потока энергии – электромагнитное (солнечная радиация) и корпускулярное (солнечный ветер) излучение. Тепловое поле поверхности планет Солнечной системы создается солнечной радиацией (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Схема солнечно-земных связей [14]

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). Скорость его 1 500–3 000 км/с, он достигает магнитосферы за несколько суток. Магнитное поле Земли задерживает корпускулярное излучение, и заряженные частицы начинают двигаться по магнитным силовым линиям.

Межпланетная среда – вещество и физические поля, заполняющие пространство между планетами и другими телами Солнечной системы. Простирается от солнечной короны до границ гелиосферы и включает солнечный ветер, межпланетное магнитное поле, космические лучи, нейтральный газ, межпланетную пыль и электромагнитное излучение.

Нейтральная атмосфера (нейтросфера) – это нижняя часть атмосферы – планетарный пограничный слой; тропосфера; тропопауза; стратосфера; стратопауза – в которой электрически нейтральные (незаряженные) частицы воздуха преобладают над ионами (электрически заряженными частицами). Нейтросфера занимает наиболее плотный слой атмосферы Земли и переходит в ионосферу, по разным оценкам, на высоте от 50 до 100 км, при этом граница зависит от места. Нейтральные молекулы атмосферных газов в ней практически не рассеивают излучение частотой до 15 ГГц.

Ионосфера – ионизированная часть верхних слоев атмосферы Земли, расположенная на высотах примерно от 50 до 1 000 км. Характеризуется значительным содержанием свободных электронов и ионов. Факторы, наиболее влияющие на процессы в ионосфере: ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца, космические лучи, проходящие сквозь атмосферу Земли, геомагнитное поле Земли. Ионизация происходит главным образом из-за активности Солнца, поэтому существует сильная зависимость свойств ионосферы от положения и времени: в зависимости от долготы, широты и высоты над поверхностью Земли, в течение суток, в зависимости от времени года, в зависимости от фазы цикла солнечной активности.

Геомагнитное поле – это магнитное поле Земли, генерируемое внутриземными источниками. Появилось 4,2 млрд лет назад. Пронизывает все три

оболочки Земли: литосферу, гидросферу и атмосферу, воздействует на живую и неживую природу, на все четыре царства природы: растительное, животное, минеральное и, конечно, человеческое. Магнитное поле Земли также оказывает существенное влияние на климат и погоду. Изменения его интенсивности могут привести к значительным колебаниям в температуре, в атмосферном давлении и в частоте выпадения осадков, а также к бурям, ураганам и другим стихийным бедствиям.

Метеорологические эффекты – воздействие солнечных лучей на температурный эффект, эффект жесткой компоненты космических лучей, эффект мюонной компоненты подземных детекторов, эффект общей ионизирующей компоненты космических лучей. Ход метеорологических процессов оказывает влияние на все стороны жизни: определяет гидрологический режим водных объектов; без метеорологической информации не могут обойтись авиация, морской, железнодорожный и автомобильный транспорт; от погодных условий зависят коммунальные службы городов, сельскохозяйственное производство.

Биологические эффекты (радиобиологические эффекты) – функциональные и морфологические изменения, развивающиеся в организме в результате воздействия на него излучения. Биологические эффекты ионизирующих излучений различны и зависят от вида и интенсивности облучения. Биологические эффекты различных излучений изучаются радиобиологией. Ионизирующие излучения – один из основных экологических факторов, который постоянно действовал в процессе эволюции на окружающую среду, в том числе на живые организмы на Земле и в околоземном пространстве. Под действием солнечного излучения географическая оболочка является именно такой, которую мы наблюдаем в настоящее время.

Процессы внутри Земли. Когда говорят о динамике Земли, обычно имеют в виду масштабные поверхностные процессы, связанные с движением литосферных плит. В зонах срединно-океанических хребтов и рифтов литосфера раздвигается, а в зонах субдукции на окраинах континентов океанические плиты погружаются под континентальные. В пик солнечной активности поток заряженных частиц возрастает. Подходя к магнитосфере, он увеличивает ее напряженность, на Земле начинаются магнитные бури. В это время активизируются тектонические движения, начинаются извержения вулканов.

Но внутри Земли происходят не менее динамичные процессы и поверхностные движения – лишь их отражение. В первую очередь речь идет о мантийной конвекции, возникающей из-за разности температур в недрах и на поверхности планеты. Восходящие потоки конвекционных ячеек растягивают литосферу, нисходящие – увлекают ее в мантию. При этом в верхних частях ячеек вещество течет в горизонтальной плоскости и эти потоки заставляют литосферные плиты двигаться. Самая динамичная область Земли находится на границе ядра и мантии, на глубине около 2 900 км. Считается, что ее неоднородность влияет на многие геологические процессы, в частности, колебание оси вращения Земли и характеристики геомагнитного поля.

В настоящее время солнечную активность связывают с регулярным образованием в атмосфере Солнца пятен, факелов, вспышек, протуберанцев. Уровень солнечной активности изменяется с периодичностью около 11 лет. Главным аспектом влияния Солнца на Землю, энергетической базой солнечно-земных связей является поток солнечной радиации, энергия электромагнитного и корпускулярного излучения. На пути к поверхности Земли солнечное излучение преодолевает несколько преград: межпланетную среду, нейтральную атмосферу, ионосферу и геомагнитное поле. Первыми встречают солнечную радиацию верхние слои земной атмосферы. Нарушения в ионосфере, возникающие в периоды повышения солнечной активности, отражаются на характере атмосферных процессов в этом слое и вызывают соответствующие изменения в стратосфере и тропосфере, а также в других оболочках планеты [2, 6, 10, 13, 16, 18].

1.2.2. Эффект Кориолиса как планетарный фактор

Эффект Кориолиса впервые был установлен французским ученым Гаспаром-Гюставом де Кориолисом. Этот эффект возникает вследствие движения по заданному направлению какого-либо объекта на поверхности, вращающейся относительно своей оси (рис. 1.5). Подобный эффект для тел, движущихся с определенной скоростью (как правило значительной) над нашей планетой или над ее поверхностью в определенных высотах, возникает в результате ее осевого вращения. Земля вращается с запада на восток против часовой стрелки, совершая полный оборот за сутки, которые состав-

ляют 23 ч 56 мин 4 с. Данный эффект в географической оболочке проявляется с различными показателями. На это различие влияют: *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° за 1 ч; *линейная скорость* – 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.

Влияние эффекта Кориолиса на движущиеся над поверхностью Земли объекты представлено на рис. 1.5.

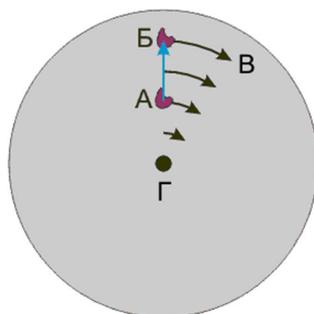


Рис. 1.5. Эффект Кориолиса [17]:

А – начальное положение объекта перед совершением прямолинейного движения; Б – конечное положение объекта по завершению движения;

В – направление вращения системы вокруг своей оси Г

В каком направлении не двигался бы объект, на него всегда будет воздействовать сила Кориолиса и он будет отклоняться от первоначального курса. В представленном примере ниже, объект движется от экватора в направлении на Северный полюс, отклонение направления его движения будет происходить на восток, если рассматривать ситуацию в Южном полушарии, то ситуация с изменением направления движения будет «зеркальная» (рис. 1.6, 1.7). Отклонения в движении объектов происходят и в случае движения с запада на восток и с востока на запад. При любом движении объекта на определенных скоростях он будет испытывать отклонение под

действием рассматриваемого эффекта. Силу воздействия можно вычислить, как и расстояние, на которое отклонится объект от первоначального вектора движения.

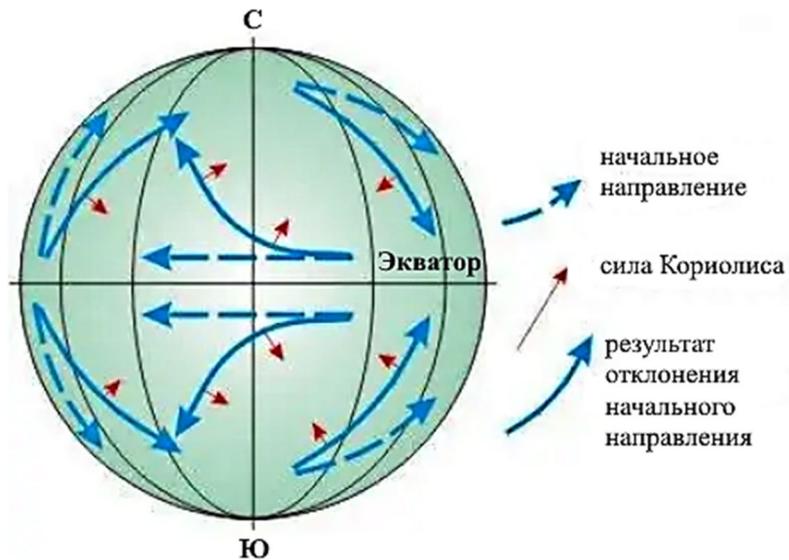


Рис. 1.6. Изменения направления движущегося объекта под действием эффекта Кориолиса [17]

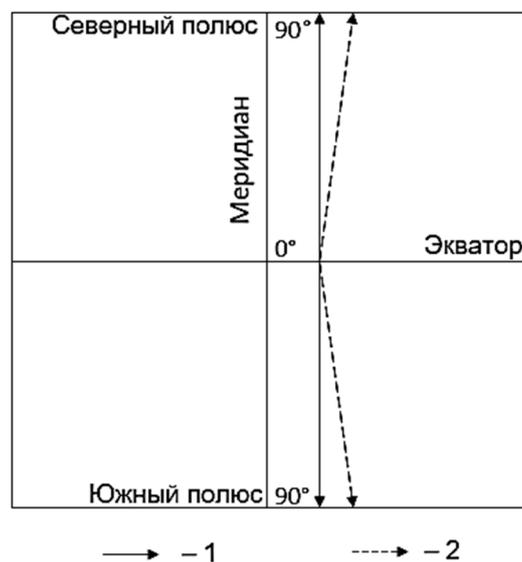


Рис. 1.7. Отклонение тел, движущихся по меридиану к полюсам, в Северном полушарии – вправо, в Южном полушарии – влево: 1 – направление движения объекта вдоль меридиана; 2 – отклонение объекта под действием силы Кориолиса

1.3. Практическая работа № 1

Земля в Солнечной системе и космическом пространстве

Цель работы: изучить космические и планетарные факторы воздействия на географическую оболочку Земли.

Содержание задания

Необходимо:

- ознакомиться с основными общепланетарными процессами и явлениями;
- описать космические воздействия на географическую оболочку;
- охарактеризовать планетарные факторы формирования географической оболочки;
- выявить причинно-следственные связи между объектами, процессами и явлениями, космическими и планетарными, которые имеют воздействие на географическую оболочку.

1.3.1. Задание 1

Космические и планетарные факторы

Порядок выполнения задания:

- выбрать одну из тем, представленных в таблице 1.3;
- дать определение основным терминам и понятиям;
- выявить роль в системе каждого объекта и явления по выбранной теме;
- установить влияние объекта или явления (по возможности) на географическую оболочку;
- выявить причинно-следственные связи.
- изобразить схематично (в виде рисунка) концепцию (основную мысль) взаимосвязи объектов и явлений, освещаемых в работе и причинно-следственную связь между ними, выявленную в результате изучения вопроса.

Работу представить в реферативной форме, оформить согласно требованиям СГУГиТ.

Структура работы: титульный лист; содержание; введение; основные термины и понятия; основные процессы и явления; взаимосвязь объектов и явлений; заключение; список литературы.

Требования к схеме:

– в нее могут быть включены объекты, процессы и явления по теме реферата и отображены взаимосвязи между ними, возможно включить условные обозначения и их характеристику;

– выполнение схемы: в любом доступном графическом редакторе или редакторе схем.

Список литературы оформить согласно требованиям, представленным на сайте библиотеки СГУГиТ: <http://lib.sgugit.ru/> Инструкция по оформлению библиографического описания в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018.

Таблица 1.3

Варианты тем для выполнения задания

№	Тема	Понятия, процессы и явления
1	Галактика, Солнечная система и их происхождение	Галактика, Солнечная система, Земля, астрономическая единица, световой год, Млечный Путь, тектонический цикл, большой геологический круговорот
2	Земля в Солнечной системе	Солнечная система, классификация небесных тел, планеты земной группы, планеты гиганты, эволюция планет, плоскость эклиптики, гелиосфера
3	Приливно-отливные явления в Солнечной системе	Солнце, Земля, Луна, приливы и отливы, сизигийные и квадратурные приливы, гравитационное воздействие, полусуточные изменения атмосферного давления, деформация твердого вещества, суточное вращение Земли и двойные «долины», приливы смешанного типа, аномальные приливы
4	Солнечно-земные связи	Солнце, Земля, солнечные космические лучи, солнечный ветер, межпланетное пространство, магнитосфера, ионосфера, нейтральная атмосфера, биосфера, гидросфера, литосфера, магнитные бури, тектонические движения, атмосферные вихри

№	Тема	Понятия, процессы и явления
5	Взаимодействие планет и спутников, воздействие небольших небесных тел	Планеты Солнечной системы и их спутники, астероиды, кометы, метеорные тела, тела пояса Кеплера, гравитация, орбиты небесных тел, наклон оси небесных тел, магнитное поле планет, сила тяжести, сила инерции, сила тяготения
6.	Воздействие Луны на географическую оболочку	Земля, Луна, биосфера, барицентр, магнитное поле Земли, движение двойной планеты Земля – Луна, приливное трение, ось вращения Земли, атмосферное давление, температуры воздуха, действий ветра, уровень воды, перигей, апогей, фазы луны, приливы и отливы, биохимические процессы, природные явления
7	Магнитное поле Земли	Магнитосфера, Солнце, солнечная активность, солнечный ветер, ядро Земли, магнитные бури, атмосфера, ионосфера, биосфера, колебания температуры воздуха и атмосферного давления, выпадение осадков, бури, ураганы, стихийные бедствия, северное сияние, ориентир животных в пространстве, силовые линии и напряженность геомагнитного поля
8	Формы и размеры Земли и их географические следствия	Шар, геоид, эллипсоид, сила тяжести, земная ось, тепловые пояса, тропики, полярные круги, вращение Земли, смена дня и ночи, сила Кориолиса, биосфера, суточные ритмы, суточный перепад температур
9	Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли на экваторе	Годовое движение Земли, суточное движение Земли, земная ось, угловая скорость вращения Земли на экваторе, линейная скорость Земли на экваторе, центробежная сила, смена времен года, биосфера, природные явления, экваториальные воздушные массы, пассаты, экваториальное утолщение Земли, экваториальный избыток массы вращающейся Земли, эклиптика, осеннее и весеннее равноденствия
10	Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли в тропических и субтропических поясах	Годовое движение Земли, суточное движение Земли, земная ось, угловая скорость вращения Земли в субтропиках, линейная скорость Земли в субтропиках, центробежная сила, смена времен года в субтропических широтах, пояс освещенности, биосфера, природные явления, продолжительность дня и ночи, летнее и зимнее солнцестояние, Северный тропик, Южный тропик, тропический пояс освещенности, ячейка Хадли, тропические циклоны, пассаты, западные ветры

№	Тема	Понятия, процессы и явления
11	Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли в умеренных поясах	Годовое движение Земли, суточное движение Земли, земная ось, угловая скорость вращения Земли в умеренных поясах, линейная скорость Земли в умеренных поясах, центробежная сила, смена времен года, пояс освещенности, биосфера, природные явления, продолжительность дня и ночи, циркуляция атмосферы, западные ветры, ячейка Феррела, циклоны, антициклоны
12	Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли в поясах белых летних ночей и коротких зимних дней	Годовое движение Земли, суточное движение Земли, земная ось, угловая скорость вращения Земли в субполярных и полярных поясах, линейная скорость Земли в субполярных и полярных поясах, центробежная сила, смена времен года, пояс освещенности, биосфера, природные явления, белые ночи, сумеречные дни
13	Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли в субполярных и полярных поясах	Годовое движение Земли, суточное движение Земли, земная ось, угловая скорость вращения Земли в субполярных и полярных поясах, линейная скорость Земли в субполярных и полярных поясах, центробежная сила, смена времен года, пояс освещенности, биосфера, природные явления, продолжительность дня и ночи, циркуляция атмосферы, полярная ячейка, циклоны и антициклоны
14	Вращение Земли вокруг оси	Земля, ось вращения Земли, угловая скорость вращения, смена дня и ночи, солнечные сутки, звездные сутки, деформация фигуры Земли, сила Кориолиса, ветры: пассаты, циклоны и антициклоны, суперпозиция центробежной силы, сила тяготения, сила инерции, Эффект Этвёша, прецессия и нутация
15	Вращение Земли вокруг своей оси. Сила Кориолиса	Земля, ось вращения Земли, угловая скорость вращения, сила (эффект) Кориолиса, ветры: пассаты, циклоны и антициклоны, суперпозиция центробежной силы, сила тяготения, сила инерции, маятник Фуко, волны Россби

1.3.2. Задание 2

Планетарный фактор. Эффект Кориолиса

Для выполнения задания необходимо рассчитать расстояние, на которое сместится объект относительно меридиана под действием силы Кориолиса. При этом необходимо учитывать его направление движения. После проведения расчетов построить схему смещения объекта относительно меридиана на разных широтах в заданном масштабе. Варианты заданий представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Варианты для выполнения задания

Вариант	Начальное направление движения тела	Широты, φ	Масса тела m , кг	Скорость тела v , м/с	Время движения t , с
1	от экватора к Северному полюсу	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	2	500	10
2	от экватора к Южному полюсу	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	4	600	20
3	от Северного полюса к экватору	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	6	700	30
4	от Южного полюса к экватору	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	8	800	40
5	от экватора к Северному полюсу	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	2	200	50
6	от экватора к Южному полюсу	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	4	300	60
7	от Северного полюса к экватору	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	6	400	10
8	от Южного полюса к экватору	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	8	500	20
9	от экватора к Северному полюсу	0, 30, 40, 50, 60, 70, 90	2	600	30
10	от экватора к Южному полюсу	0, 30, 40, 50, 60, 70, 90.	3	700	40
11	от Северного полюса к экватору	0, 30, 40, 50, 60, 70, 90	4	800	50
12	от Южного полюса к экватору	0, 30, 40, 50, 60, 70, 90	5	200	60
13	от экватора к Северному полюсу	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	6	300	10
14	от экватора к Южному полюсу	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	2	400	20
15	от Северного полюса к экватору	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90	3	500	30

Для построения схемы отклонения объекта от заданного направления использовать миллиметровую бумагу формата А4. Масштабы построения: вертикальный – 1 : 100 000 000, горизонтальный – от 1 : 10 000 до 1 : 100 000 в зависимости от полученных значений величины d – расстояние, на которое отклонится объект под действием силы Кориолиса.

Формула расчета силы Кориолиса

$$F = m \cdot 2\omega \cdot v \cdot \sin \varphi,$$

где F – сила Кориолиса; m – масса движущегося тела; ω – угловая скорость системы (Земли); φ – географическая широта.

Расстояние, на которое сместиться объект, рассчитывается по формуле

$$d = \frac{1}{2} \cdot F \cdot t^2,$$

где d – расстояние; F – сила Кориолиса; t – время, которое тело находится в движении.

Например:

Дано:

- объект массой 2 кг (пушечное ядро);
- скорость объекта – 600 м/с;
- угловая скорость Земли – $7,3 \cdot 10^{-5}$ рад/с;
- время движения объекта – 10 с;
- широты – $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$.

Найти: силу Кориолиса (F) и отклонение объекта (d) под ее действием на заданных широтах в северном полушарии, с направлением движения с юга на север (от экватора к полюсу) вдоль меридиана.

Решение:

при $\varphi = 0^\circ$

$$F = m \cdot 2\omega \cdot v \cdot \sin \varphi;$$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot F \cdot t^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot 10^2 = 0 \text{ м.}$$

при $\varphi = 15^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 15^\circ = 0,045 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,045 \cdot 10^2 = 2,25 \text{ м.}$$

при $\varphi = 30^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 30^\circ = 0,088 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,088 \cdot 10^2 = 4,380 \text{ м.}$$

при $\varphi = 45^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 45^\circ = 0,124 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,124 \cdot 10^2 = 6,194 \text{ м.}$$

при $\varphi = 60^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 60^\circ = 0,152 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,152 \cdot 10^2 = 7,586 \text{ м.}$$

при $\varphi = 75^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 75^\circ = 0,169 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,169 \cdot 10^2 = 8,462 \text{ м.}$$

при $\varphi = 90^\circ$

$$F = 2 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot \sin 90^\circ = 0,175 \text{ м / с}^2;$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot 0,175 \cdot 10^2 = 8,760 \text{ м.}$$

Результаты представлены в табл. 1.5 и на рис. 1.8.

Таблица 1.5

Эффект Кориолиса и смещение объекта под его действием на заданных широтах

Широта, φ°	F , м/с ²	d , м
0	0	0
15	0,045	2,25
30	0,088	4,380
45	0,124	6,194
60	0,152	7,586
75	0,169	8,462
90	0,175	8,760

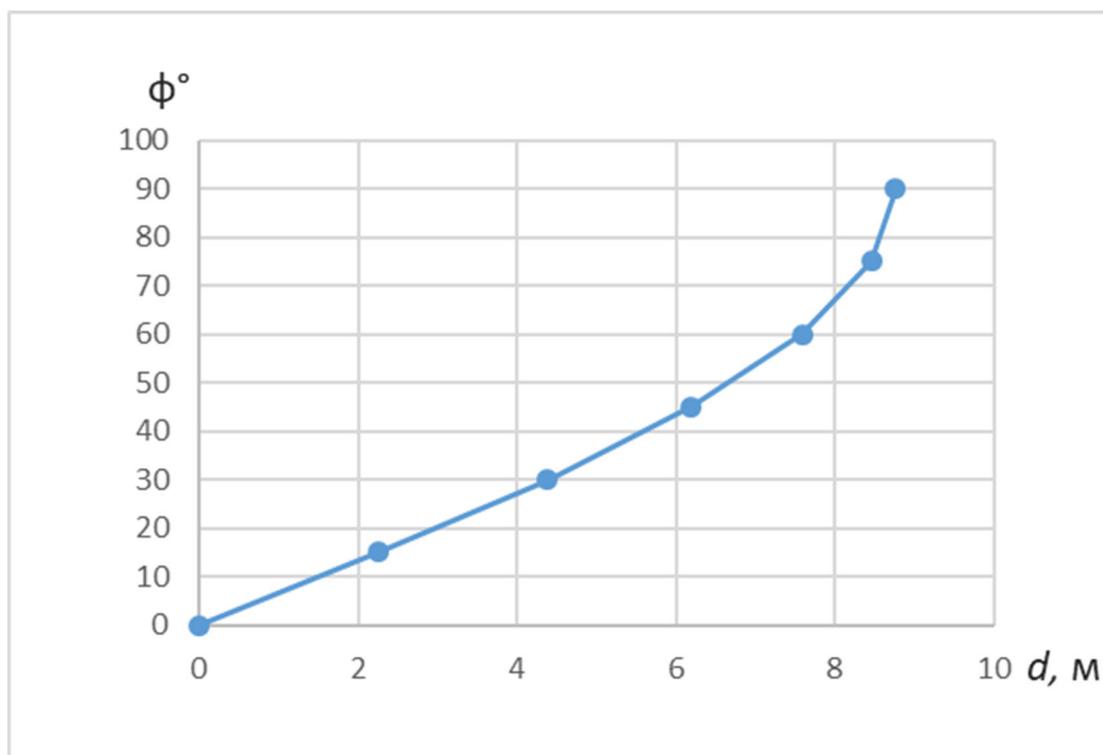


Рис. 1.8. Смещение объекта под действием эффекта Кориолиса

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является объектом изучения землеведения как науки? Дайте определение объекту общего землеведения.
2. Перечислите космические факторы формирования географической оболочки Земли.
3. Перечислите планетарные факторы формирования географической оболочки Земли.
4. Перечислите космические тела, которые входят в состав Солнечной системы.
5. Сравните планеты земной группы. Какие у них общие черты и различия?
6. Каким образом планеты и объекты Солнечной системы влияют друг на друга?
7. Какой, по вашему мнению, космический фактор играет наибольшую роль в формировании жизни на планете Земля? Поясните свой ответ.
8. Какие планетарные факторы играют наибольшую роль в формировании широтной зональности на нашей планете?
9. На какие группы подразделяются планеты Солнечной системы?
10. Почему систему «Земля – Луна» считают двойной планетой?
11. Как и почему на Земле происходит смена дня и ночи? Продемонстрируйте схемой или моделью географические особенности этого явления.
12. С помощью рисунка или схемы объясните, как и почему происходит на Земле смена времен года.
13. Какую роль в формировании географической оболочки Земли играет сила Кориолиса?
14. Объясните каким образом влияет эффект Кориолиса на движущиеся объекты над поверхностью Земли.
15. Объясните особенность движения маятника Фуко.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тема 1. Космические и планетарные факторы формирования географической оболочки

Задание 1. Распределите представленные в списке понятия, следуя представленному алгоритму.

Ниже представлена схема для задания 1 (рис. 1.9).

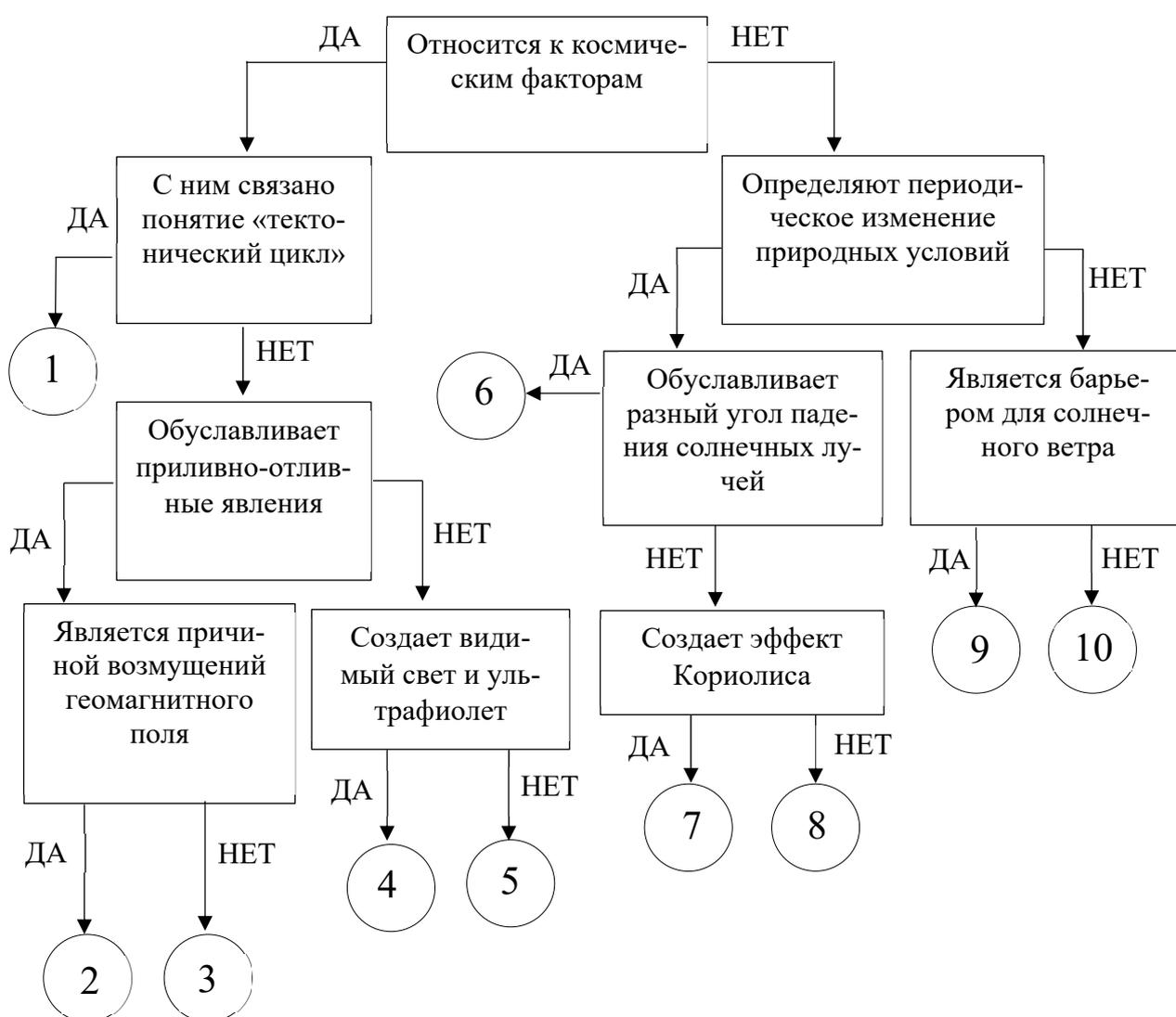


Рис. 1.9. Схема к заданию 1

Факторы формирования географической оболочки:

- 1) взаимодействие планет и спутников;
- 2) внутреннее строение Земли;
- 3) геомагнитное поле;
- 4) движение галактик;
- 5) корпускулярное излучение;
- 6) орбитальное движение Земли;
- 7) осевое вращение Земли;
- 8) солнечно-земные связи;
- 9) форма и размеры планеты;
- 10) электромагнитное излучение.

Задание 2. Выберите верный ответ.

1. К космическим факторам формирования географической оболочки относятся:

- а) взаимодействие планет и спутников;
- б) орбитальное движение Земли вокруг Солнца;
- в) осевое вращение Земли;
- г) форма и размеры Земли.

2. Период времени, за который Солнечная система совершает один оборот вокруг центра нашей Галактики:

- а) тектонический период;
- б) галактический год;
- в) солнечный год;
- г) звездный период.

3. Что является причиной образования в Солнечной системе планет земной группы и планет – гигантов?

- а) космическое излучение;
- б) галактика;
- в) Солнце;
- г) гравитация планет.

4. К планетам земной группы относятся:

- а) Нептун;
- б) Меркурий;
- в) Плутон;
- г) Сатурн.

5. Самое распространенное вещество во Вселенной:

- а) кислород;
- б) водород;
- в) азот;
- г) кремний.

6. Назовите излучение, которое вызывает полярное сияние и магнитные бури:

- а) космическое излучение; в) корпускулярное излучение;
б) электромагнитное излучение; г) галактическое излучение.

7. Чему равно среднее расстояние от Земли до Солнца?

- а) 215, 2 млн км; в) 123,7 млн км;
б) 149,6 млн км; г) 98,5 млн км.

8. Скорость движения Солнца в галактике:

- а) 98 км/с; в) 230 км/с;
б) 112 км/с; г) 312 км/с.

9. Ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты или иного небесного тела Солнечной системы:

- а) апогей; б) перигелий;
в) зенит; г) афелий.

10. Магнитное поле какой планеты в десять раз мощнее земного?

- а) Сатурн; в) Нептун;
б) Юпитер; г) Марс.

Таблица для ответов на задание 1

Номер ответа в задании	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер ответа на схеме										

Таблица для ответов на задание 2

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа										

Тема 2. Планетарные факторы формирования географической оболочки

Задание 1. Выберите верный вариант ответа.

1. К планетарным факторам формирования географической оболочки относится:

- а) корпускулярное излучение; в) форма Земли;
б) электромагнитное излучение; г) взаимодействие планет.

2. Эффект Кориолиса возникает вследствие:
- а) движения Земли по орбите вокруг Солнца;
 - б) вращения Земли вокруг своей оси;
 - в) наклона земной оси к плоскости орбиты;
 - г) эллипсоидной формы орбиты Земли.

3. Объект с высокой скоростью совершает движение над поверхностью Земли в направлении от экватора к Южному полюсу. Укажите направление его отклонение под действием силы Кориолиса.

- а) юго-западное;
- б) северо-западное;
- в) юго-восточное;
- г) северо-восточное.

4. Возраст планеты Земля составляет:

- а) 10,1 млрд лет;
- б) 4,54 млрд лет;
- в) 3,85 млрд лет;
- г) 17,32 млн лет.

5. Линейная скорость вращения Земли (v) на экваторе составляет:

- а) 465 м/с;
- б) 351 м/с;
- в) 233 м/с;
- г) 185 м/с.

6. Линейная скорость вращения Земли от экватора к полюсу:

- а) на полюсах равна нулю;
- б) возрастает
- в) остается неизменной;
- г) линейной скорости Земли не существует.

7. Угловая скорость вращения Земли составляет:

- а) 465 м/с;
- б) 351 м/с;
- в) $11,8 \cdot 10^{-6}$ рад/с;
- г) $7,3 \cdot 10^{-5}$ рад/с.

8. Угловая скорость вращения Земли от полюса к экватору:

- а) снижается;
- б) возрастает;
- в) угловой скорости Земли не существует;
- г) на экваторе становится равна нулю.

9. Где формируется магнитное поле?

- а) в мантии;
- б) в ядре;
- в) в литосфере;
- г) в атмосфере.

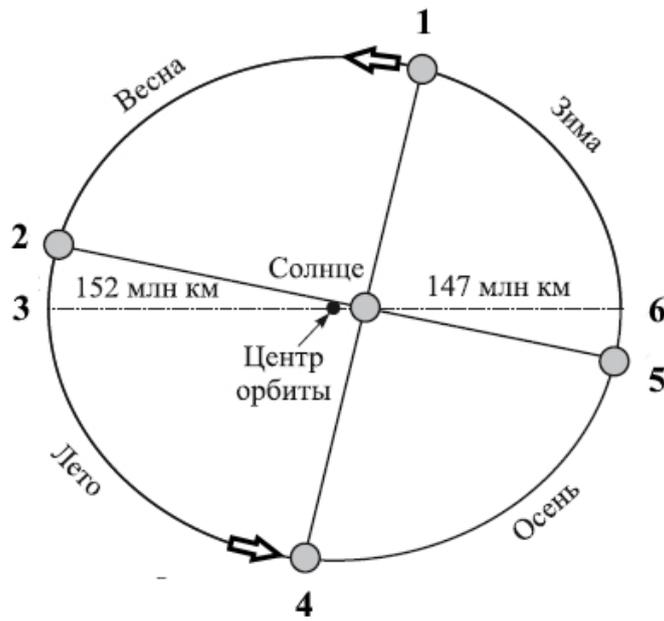


Рис. 1.11. Положение Земли относительно Солнца [14]

Задание 3. Какое природное явление при положении Земли относительно Солнца показано на рис. 1.12? Какой планетарный фактор обуславливает данное явление?

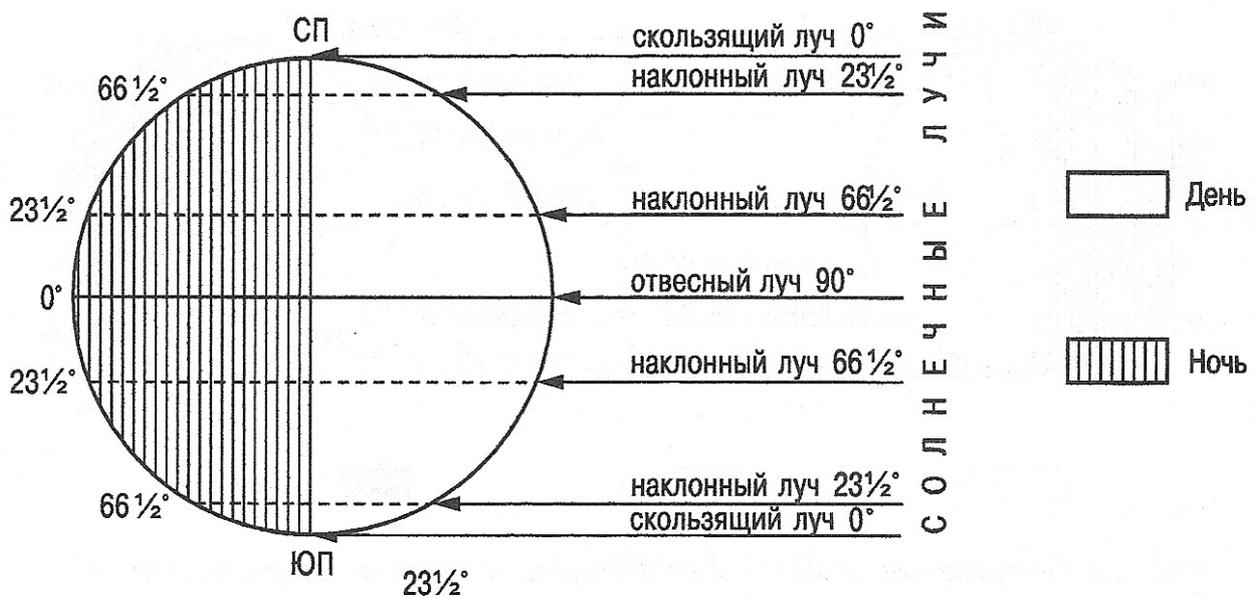


Рис. 1.12. Положение лучей Солнца относительно поверхности Земли [5]

Задание 4. На рис. 1.13 представлена схема движения воздушных масс в циклоне и антициклоне. В каком полушарии расположены данные вихри? Какое планетарное явление стало причиной их возникновения?

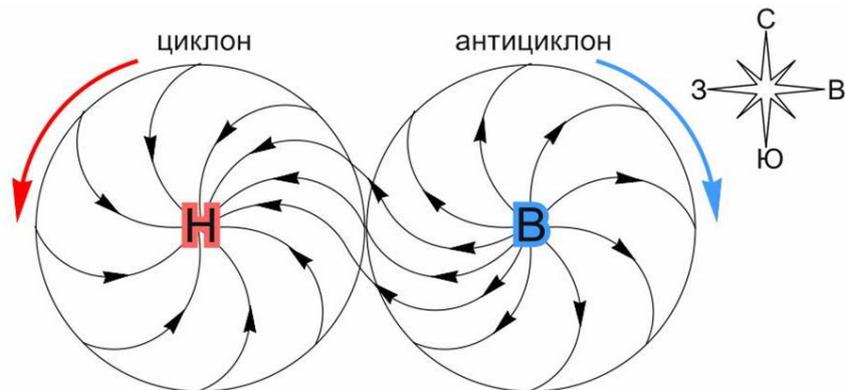


Рис. 1.13. Движение воздушных масс в циклоне и антициклоне

Задание 5. Какая важная закономерность существования и развития географической оболочки представлена на рис. 1.14? Назовите планетарный фактор, который обусловил это природное явление.

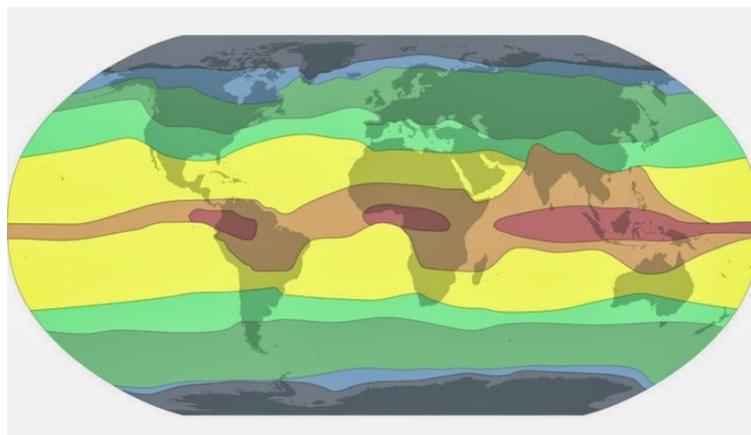


Рис. 1.14. Закономерность существования и развития географической оболочки (к заданию 5)

Задание 6. Выберите правильный вариант ответа.

1. Смена сезонов года связана: (2 ответа)

1) с осевым вращением Земли;

3) размерами Земли;

2) орбитальным движением Земли;

4) наклоном земной оси.

2. От чего магнитное поле Земли защищает географическую оболочку?
(2 ответа)

- а) от электромагнитного излучения; б) космического излучения;
б) корпускулярного излучения; в) мелких космических тел.

3. Где формируется магнитное поле?

- а) в мантии; в) в литосфере;
б) в ядре; г) в атмосфере.

4. Северный и Южный тропики сформированы под влиянием:

- а) вращения Земли вокруг Солнца; в) силы Кориолиса;
б) наклона оси Земли; г) магнитного поля.

5. Источником тепла внутри Земли является:

- а) радиоактивный распад; в) солнечная радиация;
б) механическое трение; г) космическая энергия.

Таблица для ответов на задание 1–5

Номер задания	Ответы
1	1 _____ 2 _____ 3 _____
2	1 _____ 4 _____ 2 _____ 5 _____ 3 _____ 6 _____
3	явление – _____ фактор – _____
4	полушарие _____ явление _____
5	явление – _____ фактор – _____

Таблица для ответов на задание 6

Номер вопроса	1	2	3	4	5
Вариант ответа					

2. ФОРМЫ, РАЗМЕРЫ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ, ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

2.1. Исторические и современные представления о формах и размерах Земли

Установление реальных размеров и формы Земли всегда было одной из проблем естествознания и интересовало человечество с древнейших времен до наших дней. Представление Земли как шара появилось еще у древних греков, это доказал Аристотель (384–322 гг. до н. э.), он говорил, «в противоположном случае во время лунных затмений мы не видели бы на Луне такого четкого круглого сегмента...». Это он установил согласно наблюдениям за земной тенью на диске луны, то есть если тень на Луне имеет форму круга, то Земля соответственно имеет форму шара. Вычисление размера впервые осуществил в 240 г. до н. э. знаменитый древнегреческий математик, географ и астроном Эратосфен Киренский (276–196 гг. до н. э.). Он установил, что земной радиус равен 6 400 км, что совсем немного отличалось от современных представлений о среднем радиусе Земли, который равен 6 371,11 км. В дальнейшем, в истории развития представлений о форме и размерах Земли определить ее радиус пытались греки, арабы, знаменитый Магеллан, который кругосветным путешествием обосновал шарообразность Земли, а также многие другие выдающиеся исследователи занимались этим вопросом. Метод определения радиуса нашей планеты, который предложил много лет назад Эратосфен назван астрономо-геодезическим методом, который популярен и в настоящее время.

В истории изучения формы и размеров Земли можно выделить следующие основные периоды, отраженные в табл. 2.1.

Понятия о том, какой является форма Земли, согласно приведенной выше исторической справке, формировались многие годы, а в настоящее время во внимание принимают несколько ее видов. Причин, согласно которым форма планеты принимается в разных видах несколько: учитывается деформация фигуры Земли – сплюснутость у полюсов (полярное сжатие), на которое влияет возрастание центробежной силы от полюсов к экватору, сюда относят ось

вращения, Северный полюс, Южный полюс и экватор являются основой географической системы координат. Экваториальная плоскость – это плоскость симметрии, относительно которой размещаются пояса освещения, меняется величина солнечной радиации и другие важные критерии.

Таблица 2.1

Исторические периоды формирования представлений о форме и размерах Земли

№	Период и его особенности	Ученые и философы
1	С древнейших времен до конца XVI в., когда Землю считали шаром	Пифагор, Аристотель, Эратосфен, Аристарх Самосский, Анания Ширакаци
2	С конца XVI в. до второй половины XIX в., когда ее считали несколько сплюснутым у полюсов шаром, сфероидом	Магеллан, Жан Френел, Снеллиус, Жак Пикар, Ньютон, Делаамбр, Мешен
3	Со второй половины XIX в. до 40-х гг. XX в., когда было установлено, что эллипсоид вращения – сфероид – является только вторым приближением к истинной форме Земли (считая за первое шар). И что будет правильно представлять ее трехосным эллипсоидом, хотя трехосный эллипсоид является приближенным отображением более сложной формы земного шара, названной геоидом	Струве, Теннер, Гаусс, Бессель, Кларк, Листинг
4	С 40-х гг. XX в. по настоящее время, когда за фигуру Земли принимают сложное тело, ограниченное физической поверхностью Земли.	Шуберт, Красовский, Молоденский

Далее будут представлены описания известных моделей нашей планеты и даны их отличительные характеристики.

Если учитывать принцип от более общего представления до детального, то порядок будет следующим:

- сфера;
- эллипсоид вращения;
- трехосный кардиоидальный эллипсоид вращения;
- геоид;
- референц-эллипсоид.

Сфера. Является наиболее общей моделью формы нашей планеты, со средним радиусом 6 371 км. Она не имеет явной оси симметрии – все ее оси

равноправны, их большое множество, так же как и экваторов. При этом существует одна ось вращения и одна экваториальная плоскость, которая представляет собой плоскость симметрии. Такое несоответствие сферической модели Земли ее реальной форме наглядно проявляется при исследовании структуры географической оболочки от экватора к полюсам, которая представлена выраженной поясностью и некой симметрией.

Эллипсоид вращения. Конфигурация эллипсоида вращения отвечает общепринятым особенностям формы Земли как шара, то есть имеет выраженную ось вращения (рис. 2.1), экваториальную плоскость симметрии и меридиональные плоскости. Эти параметры чаще всего применяются в геодезии для расчета координат, построения координатных сеток и позволяют произвести другие необходимые вычисления.

Это математически идеализируемая фигура, которая возникла вследствие необходимости найти подходящую к настоящей и математически определенную модель поверхности. В результате сложных геодезических, гравиметрических и астрономических исследований было установлено, что эллипсоид наиболее точно подходит к математической определенной настоящей поверхности Земли.



Рис. 2.1. Эллипсоид [4]

Существует множество моделей эллипсоидов, параметры некоторых из них представлены в табл. 2.2. Существует мнение о том, что правильная

геометрическая фигура, которой можно было бы точно описать Землю и произвести математические вычисления, не существует, а наиболее подходящими в настоящий момент являются шар и эллипсоид.

Таблица 2.2

Параметры основных эллипсоидов [4]

Название эллипсоида	Большая полуось, а (м)	Сжатие, α
Эллипсоид Даламбера (1800)	6 375 653	1 : 334,0
Эллипсоид Бесселя (1841)	6 377 397	1 : 299,2
Эллипсоид Хейфорда (1910)	6 378 388	1 : 297,0
Эллипсоид Красовского (1940)	6 378 245	1: 298,3

Трехосный кардиоидальный эллипсоид вращения. В этой модели северный полярный радиус больше южного на 30–100 м [1]. Причиной асимметрии является различие в строении и истории развития Северного и Южного полушарий. Джеймс Грегори в 1914 г. писал в своих трудах «Образование Земли» о том, что фигура Земли напоминает кардиоидальный эллипсоид с осевой впадиной на Южном полюсе и выпуклостью – на Северном. Если рассматривать Землю фигурой вращения и принимать во внимание зональные отклонения от эллипсоида, то полярная асимметрия выявляется наиболее отчетливо. Кроме этого, при таком сравнении, согласно расчетам, становится очевидным, что на севере фигура Земли возвышается над эллипсоидом на 20–30 м, а на юге – наоборот. В связи с этим появились мнения о грушеобразной форме Земли и появился термин «апиоид», что значит «грушеобразный» (рис. 2.2).

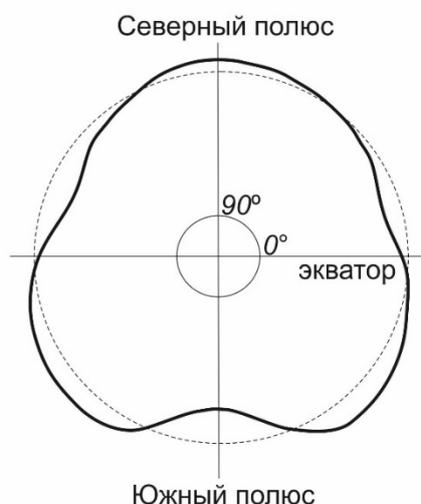


Рис. 2.2. Трехосный кардиоидальный эллипсоид

Геоид. Это понятие ввел в 1873 г. немецкий физик Иоганн Бенедикт Листинг. Геоид – это уровенная поверхность, которая совпадает со средним уровнем Мирового океана и является геометрическим местом точек пространства, имеющих одинаковый потенциал тяжести. Поверхность геоида в каждой точке перпендикулярна направлению силы тяжести, другими словами, линии отвеса, и сравнивается с положением спокойной водной поверхности в океанах и открытых морях, мысленно продолженной под материками. Поверхность геоида неровная. Особенность ее формы заключается в том, что она не совсем соответствует физической поверхности, так, например, под Гималаями она представляет собой впадину вместо ожидаемой выпуклости, а в районе Океании наоборот – выпуклость (рис. 2.3, 2.4).

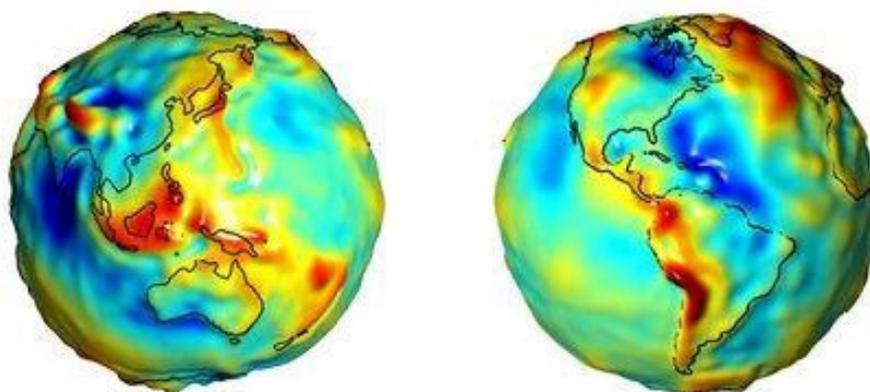


Рис. 2.3. Геоид

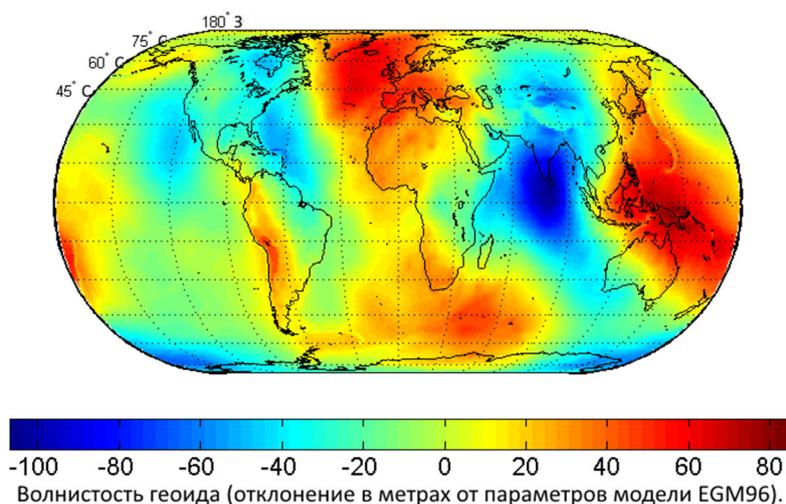


Рис. 2.4. Волнистость геоида

Особенности уровенной поверхности Земли зависит от распределения масс в ее теле. Перпендикулярные линии к уровенной поверхности, называются силовыми линиями или нормальями, таким образом отвесная линия, или отвес, на определенной местности разного масштаба является нормалью к уровенной поверхности (рис. 2.5, 2.6).



Рис. 2.5. Направление отвесной линии [4]



Рис. 2.6. Геоид и физическая поверхность Земли [4]

Референц-эллипсоид. Фигура Земли наиболее приближена к эллипсоиду. Однако ее параметры индивидуальны в зависимости от того для какой территории используется тот или иной референц-эллипсоид. Это связано с тем, что необходимо произвести математические расчеты, в большинстве случаев геодезические, но поверхность общепринятого эллипсоида не подходит для этих целей в связи с «неудобной» высотой, которая может уйти сильно в « \rightarrow » или « $+$ », или положением осей отсчета координат, поэтому

референц-эллипсоиды для каждой страны в какой-то степени адаптируют под особенности ее физической поверхности. Из-за указанных выше адаптаций описываемой фигуры ее вариантов существует множество. Так, например, для территории нашей страны, а также страны СНГ, восточно-европейских стран, Антарктиды принят референц-эллипсоид Красовского, для Европы и Азии – Бесселя, Индии, Пакистана, Непала, Шри-Ланки – Эвереста, Австралии – национальный Австралийский, Великобритания и Ирландии – Эйри и другие. При этом хотелось бы отметить совсем небольшие в глобальном масштабе, отклонения от общепринятого эллипсоида [2, 4–6].

2.2. Внутреннее строение Земли и его особенности

О строении, составе и свойствах Земли имеются преимущественно предположительные сведения, поскольку непосредственному наблюдению доступна лишь самая верхняя часть земной коры. В настоящее время известно, что Земля состоит из железного ядра, силикатной мантии и земной коры: континентальной и океанической. Ядро Земли состоит из двух оболочек: центрального твердого кристаллического ядра, которое находится внутри расплавленного железного внешнего ядра.

Все данные о более глубоких недрах планеты получены за счет разнообразных косвенных (главным образом геофизических) методов исследования. Наиболее достоверны из них – сейсмические методы, основанные на изучении путей и скорости распространения в Земле упругих колебаний (сейсмических волн). С их помощью удалось установить разделение «твердой» Земли на отдельные сферы и составить представление о ее внутреннем строении (рис 2.7).

Геологам хорошо известно внутреннее строение Земли, так как им на помощь пришел сейсмологический метод, который как рентген в медицине, позволяет заглянуть в недоступные места планеты. Сейсмические волны (от греч. «сейсма» – сотрясение) возникают в Земле от землетрясений, ядерных и крупных промышленных взрывов, которые пронизывают всю Землю, преломляясь и отражаясь на разных границах смены состояния вещества. По образному выражению известного геофизика, каждое сильное землетрясение заставляет Землю долго гудеть, как колокол.

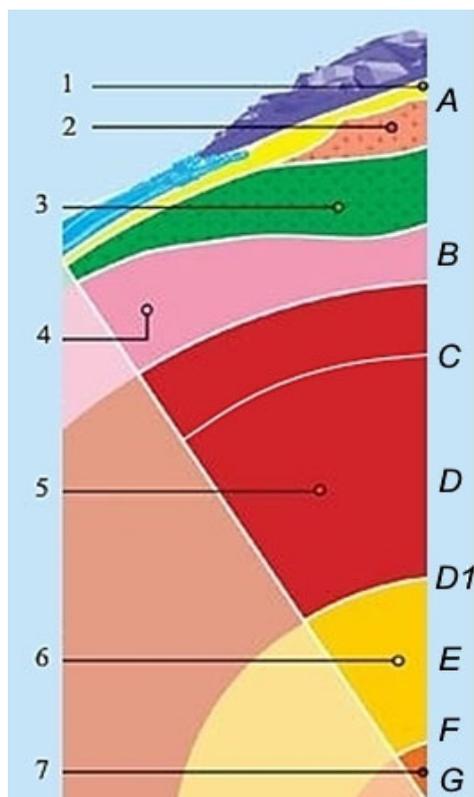


Рис. 2.7. Внутреннее строение Земли:

1 – осадочный слой; 2 – гранитный слой; 3 – базальтовый слой: мощность под океаном 4–10 км, мощность под материком 15–35 км; 4 – астеносфера (верхняя мантия) размягченный пластичный слой мантии мощность 200–250 км температура 1200°C; 5 – мантия, находится в твердом кристаллическом состоянии, мощность составляет 2 400 км; 6 – внешнее ядро, находится в жидком расплавленном состоянии мощность составляет 2 250 км; 7 – внутреннее ядро, твердое, его радиус составляет 1 250 км.

A – земная кора; *B* – верхняя мантия; *C* – слой Голицына; *D* – нижняя мантия; *D1* – раздел Гутенберга; *E* – внешнее ядро; *F* – разрыв Буллена; *G* – внутреннее ядро

Волна – это распространение некоторой деформации в упругой среде, т. е. изменение объема или формы вещества. При деформации в веществе возникает напряжение, которое стремится вернуть его к первоначальной форме или объему.

Продольные волны *P* – это волны сжатия, распространяющиеся в направлении движения волны. Они называются вторичными, так как скорость их распространения выше других волн, и они первыми приходят на сейсмоприемники.

Поперечная волна *S* – волна сдвига, при которой деформации в веществе происходят поперек направления движения волны.

Земная кора ограничивается снизу четкой поверхностью скачка скоростей волн P и S , впервые установленной геофизиком А. Мохоровичичем и получившей его имя – поверхность Мохоровичича, или Мохо, или, совсем кратко, поверхность М.

Вторая глобальная сейсмическая граница раздела, находящаяся на глубине 2 900 км, была выделена в 1913 г. немецким геофизиком Б. Гутенбергом и получила его имя. Эта поверхность отделяет мантию Земли от ядра. Примечательно, что ниже этой границы волны P резко замедляются, теряя 40 % скорости, а волны S исчезают, не проходя ниже. Так как для поперечной волны скорость определяется как модуль сдвига, деленный на плотность, а модуль сдвига в жидкости и газе равен нулю, то и вещество, составляющее внешнюю часть ядра, должно обладать свойствами жидкости.

Верхняя сфера Земли – земная кора (A) – самая неоднородная и сложно построенная. Из нескольких типов земной коры преобладающее распространение имеют материковая и океаническая; в строении первой различают три слоя: верхний – осадочный (от 0 до 20 км), средний, называемый условно «гранитным» (от 10 до 40 км), и нижний, так называемый «базальтовый» (от 10 до 70 км), отделяющийся от «гранитного» поверхностью Конрада.

Под океанами осадочный слой на обширных площадях имеет толщину в несколько сотен метров. «Гранитный» слой обычно отсутствует, вместо него наблюдается так называемый «второй» слой неясной природы, толщиной около 1–2,5 км. Мощность «базальтового» слоя под океанами – около 5 км.

Мантия состоит из трех слоев, на рис. 2.7 это B , C и D . Она простирается от поверхности Мохоровичича – это граница, отделяющая земную кору от мантии, на которой происходит скачкообразное увеличение скоростей продольных сейсмических и поперечных сейсмических волн, а также плотности вещества. Нижняя граница мантии расположена на глубине 2 900 км, где она граничит с ядром Земли. Слои B и C образуют верхнюю мантию, слой D – нижнюю мантию. Верхнюю часть слоя B , залегающую непосредственно под корой, называется субстратом; кора вместе с субстратом составляет литосферу.

Слой Голицына – переходная зона между верхней мантией и нижней мантией, находящаяся в интервале глубин 410–670 км. Получила свое название в честь Б. Б. Голицина, фактически положившего начало сейсмическому изучению внутреннего строения Земли. Верхняя граница этой зоны устанавливается по интенсивному росту скоростей сейсмических волн.

Нижняя мантия – внутренний слой мантии Земли, находящаяся под астеносферой и над ядром Земли. В нижней мантии существует слой, в котором скорость сейсмических волн аномально низка и имеет горизонтальные и вертикальные неоднородности.

Граница Гутенберга (D1) – зона разделения слоев Земли, расположенная на глубине примерно 2 900 км и отделяющая мантию от ядра. Граница Гутенберга лежит между мезосферой (дном мантии) и внешним ядром. Сейсмические волны разных типов по-разному ведут себя при взаимодействии с границей: *S*-волны отражаются от нее, а *P*-волны преломляются ею с резким уменьшением скорости их распространения. Это связано с природой волн *S* и *P*: волны *S* не распространяются в жидких и газообразных средах, в то время как волны *P* распространяются во всех средах, но в жидких и газообразных – медленнее. Это позволило сделать вывод о том, что ниже границы Гутенберга лежит жидкая область. Открытие границы Гутенберга было важным для сейсмологии.

Земное ядро имеет средний радиус около 3,5 тыс. км и делится на внешнее ядро (слой *E*) и субъядро (слой *G*) с радиусом около 1,2 тыс. км. Их разделяет переходная зона (слой *F*) толщиной около 300 км, которую относят обычно к внешнему ядру. На границе ядра наблюдается скачкообразное падение скорости продольных волн (от 13,6 до 8,1 км/с). Внутри ядра она возрастает, увеличиваясь скачком до 11,2 км/с, вблизи границы субъядра. В субъядре сейсмические волны распространяются почти с неизменной скоростью.

Фундаментальный вывод из описанной скоростной модели Земли заключается в том, что наша планета состоит из серии концентрических оболочек, представляющих слои, установленные по исследованиям различной проходимости физических величин (рис. 2.8).

В ядре Земли электропроводность очень высока, что указывает на металлические свойства его вещества. Из современных космогонических гипотез вытекает, что химический состав планет, их спутников и метеоритов должен быть близок к составу Солнца. Сопоставляя известные химические анализы земных и лунных пород, метеоритов, спектральные анализы Солнца и учитывая данные о плотности и других физических свойствах материала в недрах Земли, можно в общих чертах охарактеризовать состав Земли в целом и состав ее различных геосфер. Согласно подсчетам американского геохимика Б. Мейсона при этом предполагается, что ядро состоит

из железо-никелевого сплава. Относительно состава земного ядра существуют две гипотезы. Согласно первой – ядро состоит из железа с примесью (18–20 %) кремния (или иного, сравнительно легкого материала); согласно второй – внешнее ядро слагается силикатом, который под влиянием огромного давления и высокой температуры перешел в металлическое состояние; субъядро может быть железным или силикатным.

В составе Земли преобладают (как по массе, так и по числу атомов) железо, кислород, кремний и магний. В сумме они составляют более 90 % массы Земли. Земная кора почти наполовину состоит из кислорода и более чем на четверть из кремния. Мантия состоит преимущественно из тяжелых минералов, богатых магнием и железом. Они образуют соединения с SiO_2 (силикаты). В субстрате, по-видимому, больше всего форстерита (MgSiO_4), постепенно возрастает доля фаялита (Fe_2SiO_4). Предполагается, что в нижней мантии под влиянием очень высокого давления эти минералы разложились на окислы (SiO_2 , MgO , FeO). Агрегатное состояние вещества земных недр обусловлено наличием высоких температур и давлений. Внешнее ядро находится в жидком состоянии, поскольку поперечные сейсмические волны, не способные распространяться в жидкости, через него не проходят. С существованием жидкого внешнего ядра связывают происхождение магнитного поля Земли. Внутреннее ядро твердое, так как продольные волны, подходя к границе субъядра, возбуждают в нем поперечные волны [1, 3, 9, 10, 12, 15, 18].

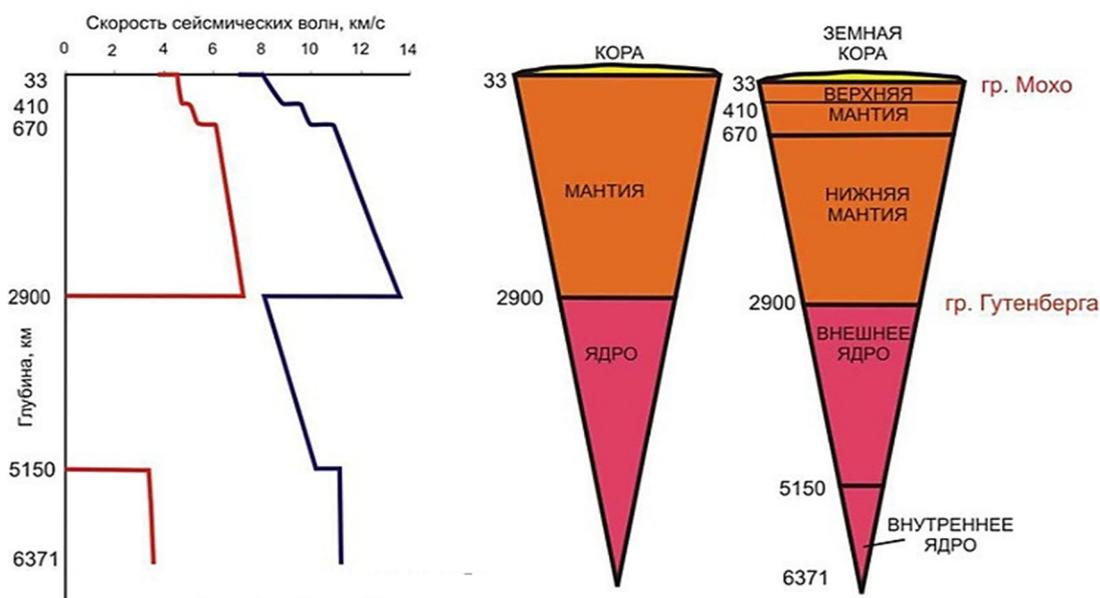


Рис. 2.8. Сейсмическая модель Земли [11]

2.3. Практическая работа № 2

Формы, размеры и внутреннее строение Земли

Цель работы: изучить форму и размеры Земли ее строение, структуру и состав.

Задачи:

- рассмотреть историю формирования представлений о форме и размерах Земли;
- изучить существующие в настоящее время формы Земли, а также их особенности;
- выявить взаимосвязь формы Земли с процессами и явлениями в географической оболочке;
- рассмотреть внутреннее строение Земли;
- научиться графически представлять статистическую информацию об изменении основных физических показателей Земли на разных глубинах.

2.3.1. Задание 1

Формирование представлений о форме и размерах Земли

Порядок выполнения задания:

- выбрать один из временных периодов формирования представлений о фигуре Земли, представленных в табл. 2.1;
- выбрать одного из ученых в колонке напротив периода;
- выявить особенности деятельности ученого, связанные с формированием представлений о фигуре Земли;
- выполнить описание его исследований и оценить его научный вклад.

Работу представить в реферативной форме, оформление реферата выполнить по требованиям СГУГиТ.

Структура работы: титульный лист; содержание; введение; историческая характеристика выбранного периода; краткая биография ученого; научная деятельность ученого; открытия, достижения и вклад ученого в развитие представлений о фигуре Земли; заключение, библиографический список.

Список литературы оформить согласно требованиям, представленным на сайте библиотеки СГУГиТ: <http://lib.sgugit.ru/> Инструкция по оформлению библиографического описания в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018.

Выполнить доклад-сообщение продолжительностью 5 минут о какомлибо периоде формирования представления о форме Земли, попытках измерить ее параметры и определить место на просторах Вселенной. Доклад сопровождать презентацией схем или рисунков на бумажной основе или выполнить его в виде презентации. Темы для сообщений представлены ниже. По периодам становления понятий о форме и размерах Земли ориентироваться на табл. 2.1.

Темы для сообщений

1. Представления древнегреческих ученых о форме и размерах Земли.
2. Система Мира по Аристотелю.
3. Эратосфен и его вычисления размеров Земли.
4. Структура Мира Анания Ширакаци.
5. Астрономия исламского средневековья.
6. Магеллан и его подтверждения шарообразности Земли.
7. Жан Френель и его измерения меридиана.
8. Снеллиус и триангуляция.
9. Жак Пикар и геодезические измерения земного меридиана.
10. Ньютон и градусные измерения в разных частях света.
11. Делаамбр и Мешен. Парижский меридиан.
12. Дуга Струве.
13. Градусные измерения Гаусса и Бесселя.
14. Земля как трехосный эллипсоид.
15. Квазигеоид Молоденского.

2.3.2. Задание 2

Современные формы и размеры Земли и их особенности

Порядок работы:

– на основе вышеизложенного и дополнительного теоретического материала заполнить таблицу по образцу табл. 2.3 на каждую теоретически существующую форму Земли;

– в колонке «Рисунок» необходимо схематично изобразить указанную в шапке таблицы форму Земли;

– в колонке «Параметры» записать основные размеры описываемой формы, такие как большая полуось, малая полуось, полярное сжатие и другие дополнительные характеристики;

– в колонке «Отличие от других форм Земли», выполнить запись основных отличительных признаков данной формы на основе анализа теоретического материала;

– в строке «Примечание» можно записать дополнительные сведения, такие как год возникновения данного понятия в среде географических наук, имя предложившего его ученого и какие-либо другие, которые раскрывают особенности данной формы.

Таблица 2.3

Современные формы и размеры Земли и их особенности

Форма Земли – шар		
Рисунок	Параметры формы	Отличие от других форм Земли
Примечания		
Форма Земли – эллипсоид		
Рисунок	Параметры	Отличие от других форм Земли
Примечания		
Форма Земли – трехосный эллипсоид		
Рисунок	Параметры	Отличие от других форм Земли
Примечания		
Форма Земли – геоид		
Рисунок	Параметры	Отличие от других форм Земли
Примечания		

2.3.3. Задание 3

Форма Земли и дальность видимого горизонта

Форма и размеры Земли также определяют зависимость дальности видимого горизонта от высоты места наблюдения и наоборот (рис. 2.9). Для того, чтобы увидеть какой-либо объект, расположенный на известном расстоянии, с определенной точки наблюдения, нужно по предназначенным для этой цели формулам посчитать, на какую высоту необходимо подняться или как далеко можно наблюдать объекты, расположенные от точки нашего наблюдения. До того, как получить современный сокращенный вид для удобства использования, эти формулы учитывали и учитывают такие понятия, как радиус Земли, расстояние от наблюдателя до объекта наблюдения, кривизна Земли. В зависимости от того, какие единицы измерения мы учитываем, формулы также меняют вид. В данном случае – дальность видимости горизонта (D (d)), измеряется в км, а высота места наблюдения (H) – в м.

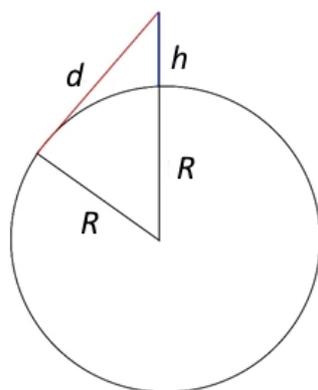


Рис. 2.9. Дальность горизонта и высота наблюдения:

R – радиус Земли; h – высота наблюдателя; d – дальность горизонта

Для выполнения задания рекомендуется использовать аналоговые карты и атласы, при этом воспользоваться измерительными приборами или набором приложений, построенных на основе картографического сервиса и технологии, предоставляемых компанией Google (например, Google Maps) или проектом Google Планета Земля.

Порядок работы:

– построить кривую изменения дальности видимого горизонта в зависимости от высоты места наблюдения, используя приведенные ниже данные в табл. 2.4. При построении кривой зависимости дальности видимого горизонта от высоты места наблюдения использовать следующие масштабы: вертикальный: 1 : 50 000 (в 1 см 500 м); горизонтальный: 1 : 5 000 000 (в 1 см 50 км).

– выполнить расчеты дальности видимого горизонта и высоты места наблюдения по вариантам (табл. 2.5). Для расчетов также можно использовать полученную ранее кривую;

– результаты выполненных вычислений записать в таблицы по образцу табл. 2.6 и 2.7.

Таблица 2.4

Изменение дальности видимого горизонта в зависимости
от высоты места наблюдения

Высота места наблюдения, м	1	10	50	100	500	1 000	3 000	5 000	10 000
Дальность видимого горизонта, км	3,8	12,1	27,1	38,3	85,6	121,0	210	271	383

Таблица 2.5

Варианты заданий

Вариант №	На какую высоту нужно подняться, чтобы из города...	Определите дальность видимого горизонта с высоты указанных гор
1	Калининграда увидеть города: Зеленоградск; Гусев; Варшаву; Копенгаген; Таллин	Аконкагуа; Джомолунгма; Эльбрус; Афон; Фудзияма
2	Москвы увидеть города: Подольск; Тверь; Великий Новгород; Санкт-Петербург; Калининград	Арарат; Монблан; Мак-Кинли; Улуру; Олимп

Продолжение табл. 2.5

Вариант №	На какую высоту нужно подняться, чтобы из города...	Определите дальность видимого горизонта с высоты указанных гор
3	Волгограда увидеть города: Волжский; Знаменск; Саратов; Тольятти; Москву	Арагац; Килиманджаро; Монжуик; Аю-Даг; Этна
4	Казань увидеть города: Зеленодольск; Чебоксары; Ижевск; Пермь; Екатеринбург	Бандейра; Кайлас; Ольга; Тибидабо; Рашмор
5	Екатеринбурга увидеть города: Каменск-Уральский; Челябинск; Уфу; Казань; Омск	Белуха; Синай; Столовая; Памир; Ай-Петри
6	Новосибирска увидеть города: Барнаул; Омск; Тюмень; Екатеринбург; Оренбург	Джая; Говерла; Рорайма; Химера; Ахун
7	Горно-Алтайска увидеть города: Майму; Белокуруху; Бийск; Барнаул; Новосибирск	Водно; Геллерт; Пилатус; Сахарная Голова; Фишт
8	Иркутск увидеть города: Шелехов, Ангарск; Байкальск; Улан-Уде; Читу	Машук; Небо; Чегет; Кения; Митридат

Окончание табл. 2.5

Вариант №	На какую высоту нужно подняться, чтобы из города...	Определите дальность видимого горизонта с высоты указанных гор
9	Владивосток увидеть города: Артём; Находку; Дальнегорск; Саппоро; Комсомольск-на-Амуре	Бромо; Иремель; Кинабалу; Юнгфрау; Сноудон
10	Якутска увидеть города: Покровск; Олёкминск; Мирный; Северобайкальск; Магадан	Пунчак-Джая; Вильгельма; Камерун; Макалу; Кайлас
11	Минска увидеть города: Жодино; Бобруйск; Гомель; Ригу; Брянск	Чатынтау; Ливадийская; Лисья; Зелёная; Манарага
12	Алматы увидеть города: Каскелен; Балыкчи; Бишкек; Кашгар; Душанбе	Бештау; Сестра; Белуха; Камень; Джомолунгма
13	Хельсинки увидеть города: Таллин; Котка; Выборг; Санкт-Петербург; Псков	Косцюшко; Богонг; Крейдл; Уорнинг; Блафф Нолл
14	Лондона увидеть города: Кроли; Дувр; Дюнкерк; Манчестер; Брюссель	Килиманджаро; Рас-Дашен; Муланье Массиф; Уутив; Львиная Голова
15	Хельсинки увидеть города: Таллин; Котка; Выборг; Санкт-Петербург; Псков	Канченджанга; Банасура; Трисул; Калсабай Пик; Шивлинг

Дальность видимого горизонта рассчитать по формуле

$$D = 3,86 \cdot \sqrt{H},$$

где D – дальность видимости горизонта, км; H – высота места наблюдения, м.

Высоту места наблюдения рассчитать по формуле:

$$H = (D \div 3,86)^2,$$

где D – дальность видимости горизонта, км; H – высота места наблюдения, м.

Таблица 2.6

Высота места наблюдения

Вариант № _____			
Город		D , км	H , м
1			
2			
3			
4			
5			

Таблица 2.7

Дальность видимого горизонта

Вариант № _____			
Гора		H , м	D , км
1			
2			
3			
4			
5			

2.3.4. Задание 4

Внутреннее строение Земли

Порядок работы: на основе теоретического материала, представленных таблиц и рисунков:

– построить в любом графическом редакторе схему внутреннего строения Земли и сейсмических границ в масштабе 1 : 50 000 000 по данным табл. 2.8. Выполнить анализ полученного рисунка;

– в электронной таблице построить кривые распределения физических величин внутри Земли по данным табл. 2.9 [1, 18]. Выполнить анализ их распространения внутри планеты;

– в электронной таблице построить диаграммы химического состава Земли и ее оболочек по данным табл. 2.10–2.14. Сделать выводы на основе полученных данных.

Таблица 2.8

Основные данные о геосферах Земли

Геосферы	Подразделения геосфер	Буквенное обозначение	Глубина нижней границы, км	Объем, 10^{18} м^3	Масса, 10^{21} кг
Земная кора	осадочный слой	<i>A</i>	до 20	1,0	2,5
	«гранитный» слой		до 40	3,6	10
	«базальтовый» слой		до 70	5,6	16
Мантия	Верхняя мантия субстрат	<i>B</i>	50–100	180,1	610
	слой Голицына	<i>C</i>	около 400		856
			около 670		
	Нижняя мантия	<i>D</i>	2 700	205,7	2 547
	граница Гутенберга	<i>D</i> ₁	2 900	510,8	
Ядро	Внешнее ядро	<i>E</i>	около 4 800	166,6	1 826
	Разрыв Буллена	<i>F</i>	около 5 100		
	Внутреннее ядро	<i>G</i>	6 371	8,6	106

Таблица 2.9

Изменение основных физических показателей Земли на разных глубинах

Глубина, км	Плотность, г/см ³	Температура, К	Давление, кб	Ускорение силы тяжести, см/с ²
0	2,85	288	0	981
200	3,30	1 770	65,50	990
430	3,60	1 940	138,00	997
430	3,82	2 010	–	–
600	4,09	2 130	218,60	1 000
670	4,16	2 170	247,20	1 001
670	4,37	2 110	–	–
800	4,49	2 170	305,70	1 000
1 000	4,61	2 260	397,70	996
1 200	4,72	2 360	491,00	994
1 400	4,83	2 450	587,80	993
1 600	4,94	2 540	686,00	993
1 800	5,04	2 640	786,30	995
2 200	5,25	2 820	994,90	1 006
2 600	5,45	3 010	1 216,20	1 033
2 886	5,60	3 130	1 384,00	1 067
2 886	9,92	–	–	–
3 000	10,06	3 310	1 503,00	1 041
3 400	10,60	3 880	1 909,00	945
3 800	11,06	4 400	22,87	841
4 200	11,43	4 870	2 628,00	732
4 600	11,72	5 280	2 926,00	622
5 000	11,97	5 620	3 175,00	517
5 120	12,04	5 710	3 24200	490
5 120	13,00	–	–	–
5 400	13,10	5 890	3 382,00	386
5 800	13,23	6 060	3 518,00	227
6 000	13,27	6 110	3 559,00	155
6 200	13,29	6 140	3 580,00	68
6 371	13,29	6 140	3 583,00	0

Требования к оформлению задания:

- схему выполнить соответственно рис. 2.7, указать название «Внутреннее строение Земли», масштаб, основные слои и разделы;
- построить отдельные кривые для следующих физических показателей «Плотность», «Температура», «Давление», «Ускорение силы тяжести»,

указать единицы измерения для каждой шкалы построения (например: ось X – г/см³, ось Y – км);

– построенные диаграммы подписать и указать содержание каждого элемента в процентах.

Таблица 2.10

Химический состав Земли как планеты

Химический элемент	Содержание в весовых процентах	Химический элемент	Содержание в весовых процентах
Железо	34,63	Натрий	0,57
Кислород	29,53	Хром	0,26
Кремний	15,20	Марганец	0,22
Магний	12,70	Кобальт	0,13
Никель	2,39	Фосфор	0,10
Сера	1,93	Калий	0,07
Кальций	1,13	Титан	0,05
Алюминий	1,09		

Таблица 2.11

Химический состав литосферы

Химический элемент	Содержание в весовых процентах	Химический элемент	Содержание в весовых процентах
Кислород	46,6	Кальций	3,63
Кремний	27,72	Натрий	2,83
Алюминий	8,13	Калий	2,6
Железо	5,00	Магний	2,08

Таблица 2.12

Химический состав базальта

Химический элемент	Содержание в весовых процентах	Химический элемент	Содержание в весовых процентах
SiO ₂	47–52	Na ₂ O	1,5–3
Al ₂ O ₃	14–18	TiO ₂	1–2,5
CaO	6–12	K ₂ O	0,1–1,5
FeO	6–10	P ₂ O ₅	0,2–0,5
MgO	5–7	MnO	0,1–0,2
Fe ₂ O ₃	2–5		

Таблица 2.13

Химический состав магматический пород
(Россия, Васильевское месторождение)

Химический элемент	Содержание в весовых процентах	Химический элемент	Содержание в весовых процентах
SiO ₂	47,88	MgO	3,0
TiO ₂	1,91	CaO	9,5
Al ₂ O ₃	15,48	Na ₂ O	4,5
Fe ₂ O ₃	12,5	K ₂ O	4,5
FeO	12,5		

Таблица 2.14

Химический состав ядра

Химический элемент	Содержание в весовых процентах	Химический элемент	Содержание в весовых процентах
SiO ₂	6,0	S	1,90
Fe ₂	85,5	O	0,5
Ni	5,20		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова форма Земли? Назовите ее абстракции и соответствующие типы математических фигур.
2. Для чего фигура Земли абстрагируется?
3. Каковы причины различий в величинах экваториального и полярного радиусов?
4. Опишите кратко историю представления о форме и размерах Земли с древнейших времен до конца XVI в.
5. Опишите кратко историю представления о форме и размерах Земли с конца XVI в. до второй половины XIX в.
6. Опишите кратко историю представления о форме и размерах Земли со второй половины XIX в. до 40-х гг. XX в.
7. Опишите кратко историю представления о форме и размерах Земли с 40-х гг. XX в. по настоящее время.
8. Перечислите оболочки Земли.
9. Из чего состоит твердое тело Земли?
10. Что представляет собой земная кора?
11. Охарактеризуйте границу Мохоровичича.
12. Охарактеризуйте слой Голицына.
13. Чем отличен раздел Гутенберга от остальных слоев внутреннего строения Земли?
14. Дайте описание границы Леманн-Буллена.
15. Сделайте вывод о распределении плотности Земли на различных глубинах.
16. Сделайте вывод о распределении давления на различных глубинах.
17. Сделайте вывод о распределении скорости распространения продольных сейсмических волн.
18. Сделайте вывод о распределении скорости распространения поперечных сейсмических волн.
19. Опишите химический состав литосферы.

20. Дайте характеристику химическому составу, строению и физическому состоянию мантии.

21. Дайте характеристику ядра Земли.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тема 1. Форма и размеры Земли

Задание 1. Установите соответствие между термином и его определением

№	Термин		Определение
1	Геоид	А	Это наиболее общая модель формы нашей планеты. Средний радиус Земли, при этом равен 6371 км
2	Трехосный кардиоидальный эллипсоид	Б	Путем сложных геодезических, гравиметрических и астрономических вычислений было установлено, что эта форма наиболее точно подходит к математической поверхности геоида и тем самым удобна для различных геодезических измерений
3	Шар	В	Уровенная поверхность, совпадающая со средним уровнем Мирового океана и являющаяся геометрическим местом точек пространства, имеющих одинаковый потенциал тяжести
4	Эллипсоид	Г	В этой модели северный полярный радиус больше южного на 30–100 м. Полярная асимметрия Земли проявляется в неодинаковости строения и истории развития обоих полушарий

Задание 2. Установите соответствие между временным интервалом и историческим событием в изучении формы и размеров Земли

№	Период		Событие
1	С древнейших времен до конца XVI в.	А	В этот период форму Земли стали принимать за сложное тело, ограниченное ее физической поверхностью
2	С конца XVI в. до второй половины XIX в.	Б	В этот период возникло понятие «трехосный эллипсоид»
3	Со второй половины XIX в. до 40-х гг. XX в.	В	В этот период Землю стали считать несколько сплюснутым у полюсов шаром, сфероидом
4	С 40-х гг. XX в. по настоящее время	Г	В этот период Земля рассматривалась в форме шара. Эратосфеном была вычислена длина меридиана

Задание 3. Выберите правильный ответ

1. Древнегреческий ученый, который первым предположил, что Земля имеет форму шара:

- а) Аристотель;
- б) Пифагор;
- в) Эратосфен;
- г) Аристарх.

2. Какой ученый ввел понятие формы Земли «геоид»?

- а) Листинг;
- б) Красовский;
- в) Гаусс;
- г) Струве.

3. Для определения формы Земли используют понятия (2 ответа):

- а) полярное сжатие;
- б) площадь поверхности Земли;
- в) скорость вращения Земли;
- г) экваториальный радиус.

4. Радиус Земли как шара равен:

- а) 111 км;
- б) 6 371 км;
- в) 5 357 км;
- г) 10 534 км.

5. Какую форму Земли определяет сила тяжести?

- а) геоид
- б) эллипсоид
- в) шар
- г) трехосный кардиоидальный эллипсоид

6. В каких величинах Эратосфен измерил длину меридиана?

- а) в метрах;
- б) в милях;
- в) в футах;
- г) в стадиях.

7. Как изменяется форма геоида по отношению к форме шара в районе Гималаев?

- а) не изменяется;
- б) повторяет форму гор;
- в) представляет собой впадину;
- г) представляет собой выпуклость.

8. Как изменяется форма геоида по отношению к форме шара в районе Океании?

- а) не изменяется;
- б) повторяет рельеф островов;
- в) представляет собой впадину;
- г) представляет собой выпуклость.

9. Как влияет кривизна Земли на дальность видимого горизонта на больших расстояниях?

- а) не влияет;
- б) уменьшает значение дальности видимости горизонта;
- в) увеличивает значение дальности видимости горизонта.

10. Можно ли с самой высокой точки горы Белуха (4 506 м) увидеть город Горно-Алтайск (расположен на расстоянии 240 км)?

- а) да, можно увидеть;
- б) нет, нельзя увидеть.

Таблица для ответов на задание 1

Номер термина	1	2	3	4
Вариант ответа				

Таблица для ответов на задание 2

Номер периода	1	2	3	4
Вариант ответа				

Таблица для ответов на задание 3

Номер вопроса	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вариант ответа										

Тема 2. Внутреннее строение Земли

Задание 1. Установите соответствие между названием внутренней оболочки и ее характеристикой

№	Оболочка		Характеристика
1	Земная кора	А	Под этой оболочкой понимают весь вещественный комплекс, залегающий между границей Мохоровичича до глубин, составляющих около 400 км
2	Верхняя мантия	Б	Это внутренний слой мантии Земли, находящейся под астеносферой и над ядром Земли. Глубина распространения до 2 900 км
3	Средняя мантия	В	Эта оболочка представляет собой жидкий слой толщиной около 2 266 км. Он состоит преимущественно из железа и никеля

Продолжение таблицы

№	Оболочка		Характеристика
4	Нижняя мантия	Г	Эта оболочка является твердой и имеет общий радиус 1 220 км. Ее расчетная температура близка к 5 700 К, аналогично температуре внешней поверхности Солнца
5	Внешнее ядро	Д	Этот слой находится на глубине примерно 5 120 км и характеризуется как граница между двумя оболочками
6	Переходная оболочка между внешним и внутренним ядром	Е	Является самой тонкой оболочкой планеты. Ее доля составляет 1 % от общей массы Земли
7	Внутреннее ядро	Ж	Глубинный интервал от 410 до 670 км имеет несколько названий, одно из них – слой Голицына

Задание 2. Выберите вариант ответа

1. Какая оболочка не относится к внутреннему строению Земли?

- а) астеносфера;
- б) мезосфера;
- в) нижняя мантия;
- г) слой Голицына.

2. Внешнее ядро Земли является:

- а) твердым;
- б) жидким;
- в) газообразным;
- г) газообразным и жидким.

3. Кривая изменения какой физической величины с глубиной представлен на рис. 2.10?

- а) плотности;
- б) давления;
- в) скорости продольных волн;
- г) скорости поперечных волн.

4. Даны оболочки Земли: 1 – верхняя мантия, 2 – нижняя мантия, 3 – внешнее ядро, 4 – внутреннее ядро. Расставьте их в порядке возрастания мощности распространения вглубь планеты.

- а) 1, 2, 3, 4;
- б) 1, 3, 2, 4;
- в) 3, 1, 2, 4;
- г) 1, 4, 2, 3.

5. В каком слое, разделе или оболочке происходит резкое изменение физических показателей, зафиксированных в результате исследования их распространения от поверхности Земли к ядру?

- а) литосфере;
- б) слое Голицина;

- в) разделе Гутенберга;
- г) внешнем ядре.

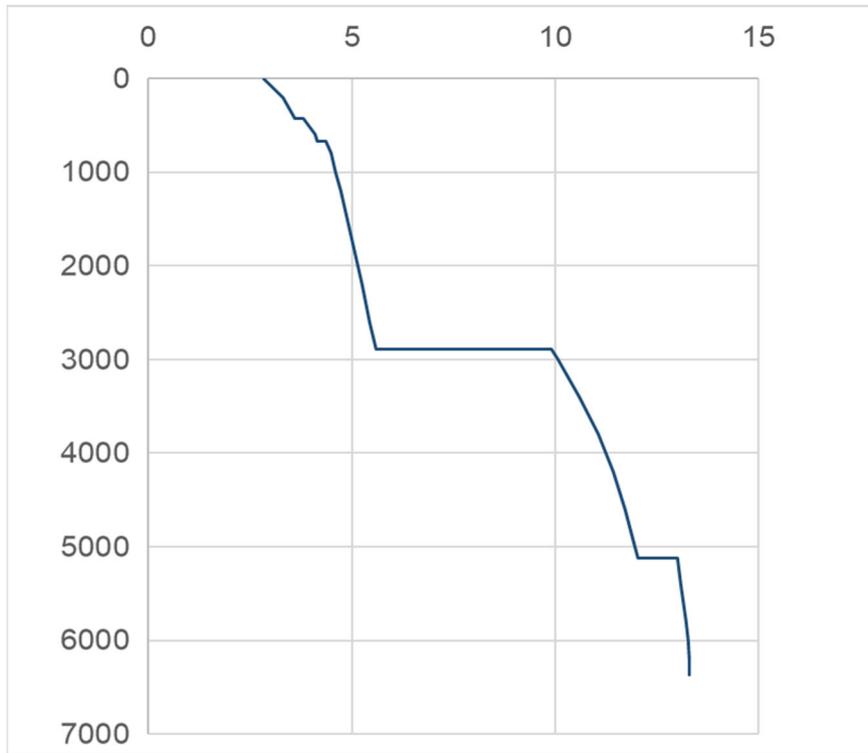


Рис. 2.10. Кривая изменения физической величины (к вопросу 3)

6. Состав какой оболочки Земли представлен на диаграмме на рис. 2.11?

- а) ядра;
- б) мантии;
- в) литосферы;
- г) астеносферы.

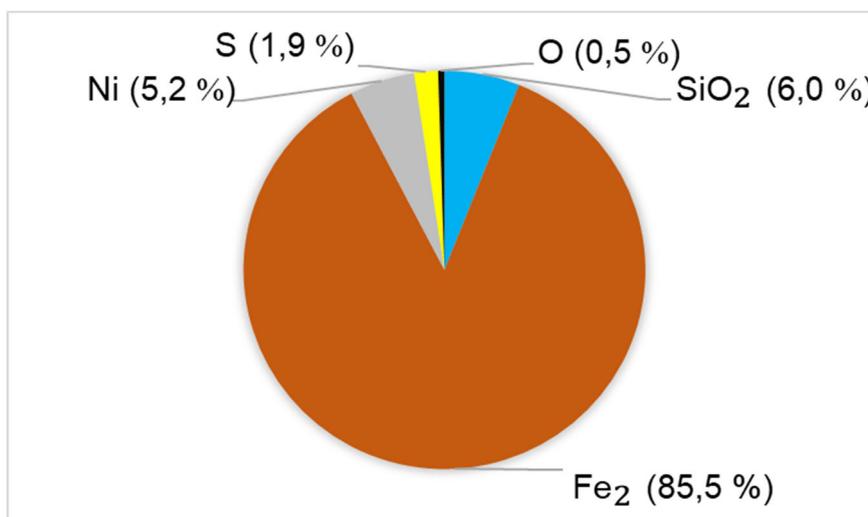


Рис. 2.11. Диаграмма химического состава оболочки Земли (к вопросу 6)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные вопросы развития и становления географической оболочки под воздействием внешних – космических и планетарных факторов. Теоретический и практический материал соответствует темам основных изучаемых разделов в дисциплине «Общее землеведение» и сформирован таким образом, чтобы изучаемые вопросы и задания наиболее подробно раскрывали для обучающихся важность представленных выше факторов в формировании современного облика планеты и их проявления, которые мы можем наблюдать в настоящее время. Главной задачей автора являлось более подробно рассмотреть вопрос становления и развития географической оболочки, современные и наиболее общие представления о планете Земля, ее формах, размерах, внутреннем строении, процессах и явлениях, которые происходят под воздействием вышеуказанных факторов. Фонд контрольных вопросов и тестовых заданий составлен таким образом, чтобы после выполнения практической работы и изучения теоретического материала к ней обучающийся мог проверить и закрепить свои знания по изучаемой теме.

Работа предназначена для обучающихся по дисциплине «Общее землеведение» и может также оказаться полезным преподавателям. Автор выражает благодарность рецензентам за замечания и предложения как по улучшению содержания учебного пособия, так и по форме изложения материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Викулин А. В. Физика Земли и геодинамика : учеб. пособие. – Петропавловск-Камчатский : КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. – 463 с.
2. Гледко Ю. А. Общее землеведение : краткий курс лекций для иностранных студ. – Минск : БГУ, 2021. – 49 с.
3. Кузнецов В. В. Физика Земли : учеб.-монография. – Новосибирск, 2011. – 793 с.
4. Левитская Т. И. Основы геодезии : учеб. пособие . – 2-е изд., перераб. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2017. – 88 с.
5. Любушкина С. Г., Кошевой В. А. Землеведение : учеб. пособие с электронным приложением для студ. вузов – М. : Изд-во ВЛАДОС, 2018. – 176 с.
6. Мильков Ф. Н. Общее землеведение : учеб. для студ. географ. спец. вузов. – М. : Высшая школа, 1990. – 335 с.
7. Наш естественный спутник Луна. – Гид в мире космоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spacegid.com/luna.html> (дата обращения 03.09.2023).
8. Никонова М. А., Данилов П. А. Землеведение и краеведение : учеб. пособие – 2-е изд., стереотип. – М. : Издательский центр «Академия», 2002. – 240 с.
9. Пантелеев В. Л. Физика Земли и планет : курс лекций. – М. : Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2001. – 117 с.
10. Петрова Н. Н., Лихолат Е. В., Соловьева Ю. А. Землеведение: учеб. пособие – М. : ФОРУМ, 2011. – 464 с.
11. Общая геология : открытый образовательный геологический ресурс [Электронный ресурс] / Ю. В. Попов : Образовательный геологический сайт Юрия Попова. – Режим доступа: – URL : https://popovgeo.sfedu.ru/lecture_2 (дата обращения 09.08.2023).
12. Пушаровский Ю. М., Пушаровский Д. Ю. Геология мантии. – М. : ГЕОС, 2010. – 140 с.

13. Рой Ю. Ф. Общее землеведение : курс лекций. – Брест : БрГУ, 2018. – 243 с.
14. Селивёрстов Ю. П., Бобков А. А. Землеведение : учеб.-метод. пособие для студ. вузов.– М : Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
15. Петрографический кодекс России. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2008. – С. 115. – 200 с.
16. Петрукович А. А., Дмитриев А. В., Струминский А. Б. Солнечно-земные связи и космическая погода [Электронный ресурс] // Плазменная гелиофизика ; под ред. А. А. Петруковича. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – Т. 2. – Режим доступа: https://spaceweather.ru/sites/spaceweather.ru/files/ap_ggphys_2008.pdf (дата обращения 03.08.2023).
17. Сила Кориолиса [Электронный ресурс] : Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сила_Кориолиса (дата обращения: 03.09.2019).
18. Трухин В. И., Безаева Н. С. Геомагнитное поле и эволюция Земли [Электронный ресурс] // Советский физик : электронный журнал. – Режим доступа: [https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2006/6\(53\)-2006/53-4/](https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2006/6(53)-2006/53-4/) (дата обращения 03.09.2023).
19. Утробина Е. С., Кокорина И. П. География : практикум – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 114 с.

Учебное издание

Карпова Лидия Александровна

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ. ЗЕМЛЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Редактирование и компьютерная верстка

Ю. С. Мерзликиной

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 14.12.2023. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 3,83. Тираж 112 экз. Заказ 175.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.