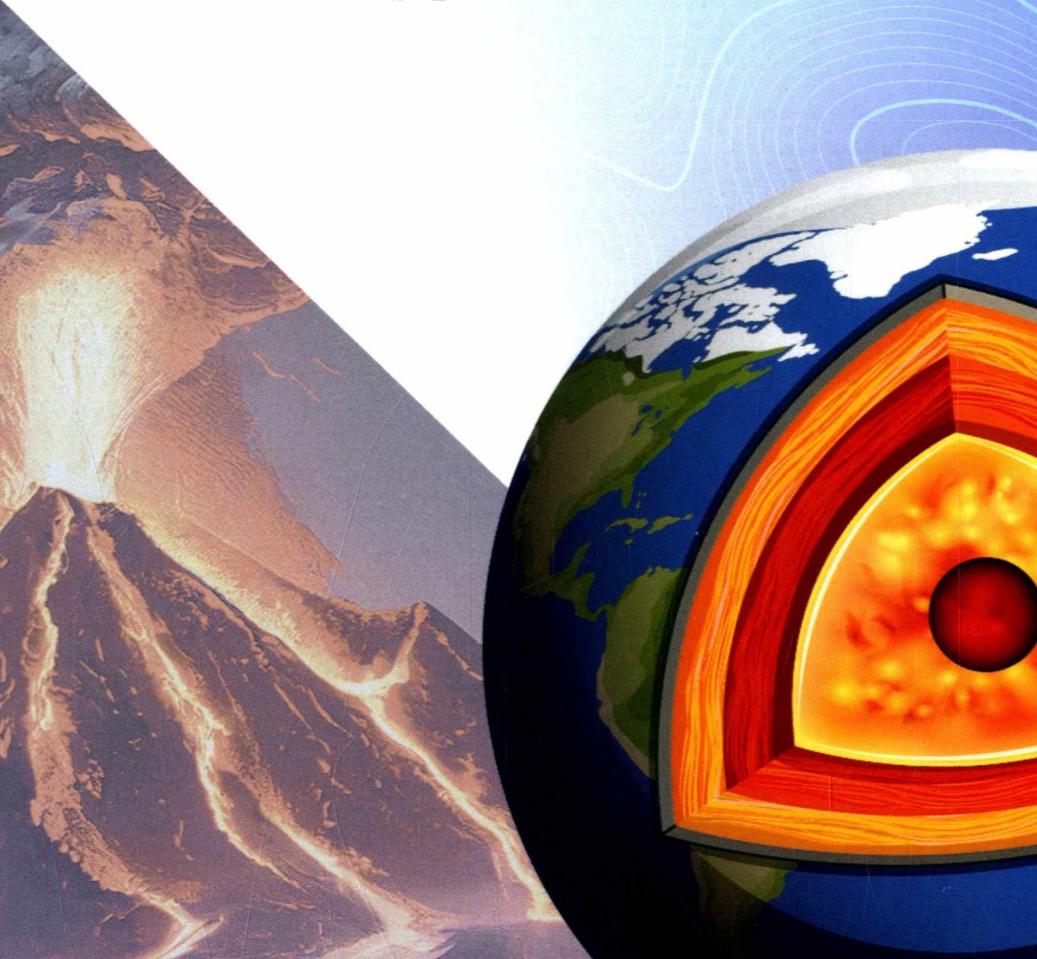


Б50  
Т600

 «Инфра-Инженерия»

Р. Е. ТОРГАШЕВ

# ОСНОВЫ ГЕОФИЗИКИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Р. Е. ТОРГАШЕВ

**ОСНОВЫ ГЕОФИЗИКИ  
И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебник

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2025

УДК 550.8  
ББК 26.2  
Т60

Рецензенты:

доктор экономических наук, кандидат технических наук, академик РАЕН, академик МАН, профессор, профессор кафедры государственного и муниципального управления факультета управления Института экономики, управления и права Российской государственного гуманитарного университета *Голованов Владимир Иванович*;  
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник 54 отдела Управления научно-прикладных проблем ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина»  
*Жуков Вячеслав Михайлович*

**Торгашев, Р. Е.**

**T60**      Основы геофизики и геофизических исследований : учебник / Р. Е. Торгашев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 256 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2262-8

Представлены основные сведения о Земле, Мировом океане и атмосфере, о методах и средствах геофизических исследований и дешифровочных признаках исследуемых объектов, а также рассмотрено получение теоретических знаний и первичных практических навыков по визуально-инструментальным наблюдениям подстилающей поверхности Земли. Приведен краткий перечень контрольных вопросов для самопроверки, аналоги которых могут быть вынесены на зачет, экзамен, а также на государственный итоговый экзамен, глоссарий, в который включены основные понятия, применяемые при изучении основ геофизики.

Для студентов вузов технического, естественнонаучного и управленческого профилей и специалистов, занимающихся изучением физических основ, методов и задач геофизических исследований и наблюдений, включая наблюдения сфер Земли, физических процессов из космоса.

*554950*

ISBN 978-5-9729-2262-8



УДК 550.8  
ББК 26.2

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Общие сведения о физике «твёрдой» Земли. Основы физической географии, геологии и геоморфологии .....</b>	<b>9</b>
1.1. Общие сведения о физике «твёрдой» Земли .....	9
1.1.1. Фигура и размеры Земли .....	10
1.1.2. Общие сведения о строении и движении Земли .....	19
1.1.3. Солнечная радиация на Земле .....	27
1.1.4. Распределение воды и суши на Земле .....	36
1.2. Основы физической географии, геологии и геоморфологии .....	39
1.2.1. Основы физической географии .....	39
1.2.1.1. Географическая оболочка и её дифференциация .....	39
1.2.1.2. Природно-территориальный комплекс и географические пояса .....	42
1.2.2. Основы геологии .....	45
1.2.2.1. Краткая характеристика строения земной коры .....	45
1.2.2.2. Геотектонические гипотезы .....	49
1.2.2.3. Геологические структуры .....	51
1.2.3. Основы геоморфологии .....	55
1.2.3.1. Рельеф – индикатор особенностей геологического строения .....	55
<b>Глава 2. Гидросфера. Объекты и явления в приповерхностном слое и на поверхности вод Мирового океана .....</b>	<b>62</b>
2.1. Мировой океан как основная часть гидросферы Земли .....	62
2.1.1. Общие сведения о гидросфере .....	62
2.1.2. Круговорот воды в природе .....	63
2.1.3. Подразделения Мирового океана .....	64
2.1.4. Циркуляция вод Мирового океана .....	64
2.2. Физические свойства морской воды .....	68
2.2.1. Температура вод Мирового океана .....	68
2.2.2. Соленость вод Мирового океана .....	70
2.2.3. Цвет морских вод .....	71
2.3. Ресурсы Мирового океана, изучаемые с использованием дистанционных физических методов .....	72
2.3.1. Биологические ресурсы Мирового океана .....	72
2.3.2. Минеральные ресурсы Мирового океана .....	75
2.4. Основные вопросы методики океанологических исследований с участием экипажей ПКА .....	76
2.4.1. Типовые объекты и задачи океанологических наблюдений из космоса .....	76
2.4.2. Индикационные признаки океанологических объектов, наблюдаемых из космоса .....	77
<b>Глава 3. Атмосфера. Распределение облачности над земным шаром. Аэррономические исследования из космоса .....</b>	<b>82</b>
3.1. Состав и строение атмосферы .....	82
3.1.1. Состав атмосферы .....	82

3.2. Принцип деления атмосферы на слои.....	84
3.2.1. Термический режим атмосферы .....	84
3.2.2. Состав атмосферного воздуха и наличие заряженных частиц .....	87
3.2.3. Характер взаимодействия атмосферы с земной поверхностью .....	88
3.2.4. Влияние атмосферы на летательные аппараты .....	89
3.3. Циркуляция атмосферы .....	90
3.4. Понятия о воздушных массах и фронтах .....	92
3.5. Облака атмосферных фронтов .....	93
3.6. Задачи и объекты аэрономических геофизических исследований .....	94
3.7. Поляризация света.....	97
3.8. Метеорные потоки.....	98
<b>Глава 4. Геофизические исследования с борта ПКА.</b>	
Спектр электромагнитных колебаний и оптическое излучение.	
Общая характеристика задач, методов и средств ГФ-исследований.....	99
4.1. Основные явления и объекты ГФ-исследований .....	99
4.2. Спектр электромагнитных колебаний и оптическое излучение .....	100
4.3. Методы и средства инструментального способа геофизических исследований .....	109
4.3.1. Пассивные методы .....	109
4.3.2. Активные методы .....	114
<b>Глава 5. Физические основы дистанционных методов зондирования геосфера и магнитосфера.....</b>	116
5.1. Источники излучения.....	116
5.1.1. Краткая характеристика основных законов излучения абсолютно чёрного тела .....	117
5.1.2. Краткая характеристика взаимодействия э/магнитного излучения с атмосферой и поверхностью Земли .....	120
5.1.3. Краткая характеристика взаимодействия солнечного излучения с поверхностью Земли .....	126
5.1.4. Характеристика теплового излучения природных объектов .....	129
5.1.5. Характеристика радиотеплового излучения природных объектов .....	130
5.1.6. Характеристика искусственного излучения .....	131
5.1.7. Детекторы средств ДЗЗ.....	132
5.2. Магнетизм в околосземном космическом пространстве .....	133
5.2.1. Магнитное поле Земли.....	134
5.2.2. Движение заряженных частиц в магнитном поле.....	136
5.2.3. Магнитосфера Земли.....	138
5.2.4. Корпускулярная радиация .....	140
<b>Глава 6. Средства, применяемые при геофизических исследованиях из космоса.....</b>	142
6.1. Принцип получения спектральных данных и физические основы спектрального дешифрирования основных классов поверхности Земли .....	142
6.1.1. Принцип получения спектральных данных.....	142
6.1.2. Условия проведения спектрометрирования из космоса.....	144

6.1.3. Физические основы спектрального дешифрирования основных классов поверхности Земли.....	145
6.1.4. Основные задачи спектрометрических исследований Земли из космоса.....	149
6.2. Съёмка системами, формирующими изображение .....	150
6.2.1. Космическая фотосъёмка .....	150
6.2.2. Телевизионная съемка .....	156
6.2.3. ИК-радиометрическая съемка Земли и атмосферы .....	156
6.2.4. СВЧ-радиометрическая съемка .....	157
6.2.5. Радиолокационная съемка.....	158
6.2.6. Лазерная съемка.....	160
6.3. ГФ-эксперименты, планируемые на ПКА .....	162
6.4. Деятельность космонавта на борту ПКА при выполнении ГФ-экспериментов.....	165
<b>Глава 7. Визуальные методы дистанционного зондирования геосфера</b> ....	<b>167</b>
7.1. Роль и место визуальных методов ДЗЗ в программах космических исследований .....	167
7.2. Типовые объекты ВИН .....	170
7.3. Дешифровочные признаки объектов геосфера .....	172
7.4. Условия и возможности проведения визуальных наблюдений в пилотируемом космическом полете. Факторы, определяющие возможности обнаружения и опознавания заданных объектов на земной поверхности .....	176
7.5. Оценка надежности процесса идентификации наземных ориентиров с использованием оптических визуальных систем.....	190
<b>Контрольные вопросы</b> .....	<b>194</b>
<b>Тестовые задания</b> .....	<b>195</b>
<b>Перечень сокращений</b> .....	<b>205</b>
<b>Приложение</b> .....	<b>207</b>
<b>Глоссарий</b> .....	<b>243</b>
<b>Список литературы</b> .....	<b>251</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Основное назначение изучаемых разделов учебника «Основы геофизики и геофизических исследований» – получение обучающимися, слушателями, педагогами, будущими инженерами, геоэкологами, геофизиками, метеорологами и управленцами первоначальных знаний по основам наук о Земле, Мировом океане и атмосфере, по методам и средствам геофизических исследований и дешифровочным признакам исследуемых объектов, а также получение теоретических знаний и первичных практических навыков по визуально-инструментальным наблюдениям подстилающей поверхности.

В данном учебнике приведён краткий перечень контрольных вопросов для самопроверки, аналоги которых могут быть вынесены на зачёт, зачёт с оценкой, экзамен, а также на государственный итоговый экзамен.

**Геофизика** – комплекс наук, исследующих внутреннее строение Земли, ее физические свойства и процессы, происходящие в ее оболочках.

В геофизике выделяют физику так называемой **«твёрдой» Земли**, физику **моря** (океана) и физику **атмосферы**.

Геофизические исследования используются в прогнозе погоды, прогнозировании землетрясений, а также при освоении энергетических и сырьевых природных ресурсов Земли.

Основными задачами геофизических исследований геосфер Земли являются:

- изучение особенностей возмущённого состояния ионосферы в окрестности пилотируемого космического аппарата (далее – ПКА), искусственных спутников Земли;

- исследование влияния антропогенных воздействий на ионосферу и магнитосферу Земли;

- экспериментальные исследования с целью создания космической системы прогнозирования землетрясений;

- исследование закономерностей излучения ультрафиолетовой (УФ) области спектра;

- исследование оптических неоднородностей атмосферы.

Исходя из степени подготовки методического, аппаратурного и научно-технического обеспечения экспериментов в рамках программы «Геофизические исследования» на ПКА, планируется проводить научно-прикладные исследования по следующим направлениям:

- **плазменно-волновые процессы в ионосфере, обусловленные воздействием искусственных потоков частиц и плазмы:** исследование процессов генерации и распространения электромагнитных низкочастотных длин волн при инжекции с борта станции импульсных плазменных сгустков. Изучение плазменной и волновой реакции ионосферы и магнитосферы Земли на воздействие импульсных плазменных сгустков. Изучение процессов формирования и эволюции в ионосфере искусственных плазменных образований. Изучение

процесса прохождения электромагнитных волн через ионосферу при наличии плазменных неоднородностей (в частности, имеется такой космический эксперимент «Импульс», выполняемый космонавтами на борту ПКА);

– **плазменно-волвные процессы в ионосфере, обусловленные солнечно-магнитными и атмосферно-ионосферными взаимодействиями:** исследование текущего и прогнозируемого состояния ионосферы (космический эксперимент «Обстановка»);

– **плазменно-волвные процессы в ионосфере, обусловленные антропогенными воздействиями на космическое пространство и катастрофами на Земле:** изучение низкочастотных электромагнитных волн над зонами землетрясений, вулканов, над районами с повышенным уровнем электромагнитного фона, изучение границ устойчивости ионосферы при воздействии мощных высокоскоростных плазменных потоков с ПКА, имитирующих выбросы ЖРД (космический эксперимент «Плазма»);

– **плазменно-волвные процессы в приповерхностной зоне станции:** исследование взаимодействия сверхбольших космических аппаратов типа МКС с ионосферой, исследование экранирующих свойств плазменных образований, изучение электромагнитной совместимости мощных импульсных плазменных источников с системами станции, измерение параметров импульсных электрических и магнитных полей около станции при инжекции плазменных сгустков (космический эксперимент «Плазма»);

– **мониторинг сейсмических эффектов – всплесков высокознергичных частиц в околосземном пространстве:** исследование процессов, связывающих явления в земной коре, магнитосфере, ионосфере и радиационном поясе, изучение прогностических возможностей всплесков высокознергичных заряженных частиц, изучение эволюции энергетических спектров и временных профилей всплесков частиц с высоким времененным расширением (космический эксперимент «Всплеск»).

Полученные в экспериментах данные будут использованы в системах контроля за экологическим состоянием космического пространства в части допустимого электромагнитного фона и потоков частиц:

– при разработках систем предсказания «космической погоды» (текущих параметров ионосферы), при определении последствий антропогенного воздействия на космическую среду;

– при уточнении моделей солнечно-ионосферных, атмосферно-ионосферных связей и плазменно-волвных взаимодействий в ионосфере;

– при разработке систем связи ионосфера-Земля, а также при разработке методов прогноза землетрясений.

Кроме того, данные, полученные в предлагаемых космических экспериментах, позволят также оценить уровень электромагнитных полей в окрестности ПКА. Это необходимо для решения задач электромагнитной совместимости бортовых и научных систем. Кроме того, это позволит решать задачи, связанные с использованием импульсных плазменных инжекторов в качестве источника электромагнитных сигналов.

Содержание учебника «Основы геофизики и геофизических исследований» можно условно разделить на несколько частей.

Первая часть включает в себя вопросы общего землеведения, охватывающие в основном физическую географию и строение основных сфер Земли (геосфер). Эти вопросы включены в курс не случайно, и требуют, как показала практика, серьёзного изучения слушателями и обучающимися.

Во-первых, их необходимо знать, так как собственно исследования Земли занимают значительное место в программе полётов орбитальных объектов. Кроме того, поверхность Земли в совокупности со сложными явлениями, протекающими на ней и в атмосфере, является фоном, на котором при проведении некоторых исследований необходимо наблюдать искусственные объекты и явления.

Во-вторых, будущие специалисты, как правило, имеют инженерную специальную подготовку, но в программах соответствующих учебных заведений отсутствуют, как правило, курсы по физической географии. В результате обучающиеся сообщают, что при проведении геофизических исследований им порой не хватает знаний о Земле (в том числе знаний географии).

В ходе проведения исследований многие обычные физические явления на поверхности Земли принимаются за существенно новые, неисследованные.

Вторая часть посвящена изучению процессов, происходящим в гидросфере и атмосфере, физико-химическим и иным явлениям, являющимися объектами научных геофизических исследований. Рассмотрены физические основы дистанционных методов зондирования геосферы и магнитосферы (источники излучения, краткая характеристика взаимодействия электромагнитного излучения с атмосферой и поверхностью Земли).

Предусмотрены разделы для изучения исследуемых объектов и явлений, методов и средств дистанционного зондирования, приведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков основных методов и средств, применяемых при проведении геофизических исследований экипажами пилотируемых космических аппаратов. Кратко рассмотрен типовой приборный состав научной аппаратуры, применяемый для геофизических исследований.