



СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN  
FEDERAL  
UNIVERSITY



# ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

У Ч Е Б Н О Е П О С О Б И Е

В О Е Н Н О Е О Б Р А З О В А Н И Е

**ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

Серия основана в 2017 году



С И Б И Р С К И Й | S I B E R I A N  
Ф Е Д Е Р А Л Ь Н Ы Й | F E D E R A L  
У Н И В Е Р С И Т Е Т | U N I V E R S I T Y

# **ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Под редакцией доктора технических наук  
*В.М. Владимирова*

*Допущено Министерством обороны Российской Федерации  
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся  
по специальности «Радиоэлектронные системы  
и комплексы» (рег. № 492 от 11.12.2013)*

Москва  
ИНФРА-М

Красноярск  
СФУ

2021

**УДК 528.8(075.8)**

**ББК 26.0я73**

**Д487**

Авторы:

*Владимиров Валерий Михайлович, Дмитриев Дмитрий Дмитриевич, Дубровская Ольга Анатольевна, Кармишин Александр Михайлович, Тяпкин Валерий Николаевич, Фатеев Юрий Леонидович, Фомин Алексей Николаевич, Шарова Любовь Ивановна, Борисевич Александр Николаевич, Иванов Виктор Владимирович*

**Дистанционное зондирование Земли : учебное пособие /**  
Д487 В.М. Владимиров, Д.Д. Дмитриев, О.А. Дубровская [и др.] ; под  
ред. В.М. Владимирова. — Москва : ИНФРА-М ; Красноярск :  
Сиб. федер. ун-т, 2021. — 196 с. — (Военное образование).

ISBN 978-5-16-016372-7 (ИНФРА-М)

ISBN 978-5-7638-3084-2 (СФУ)

Приведены основные сведения о системах дистанционного зондирования Земли и применении их в хозяйственной и научной областях. Изложены принципы работы целевой аппаратуры действующих и перспективных российских и зарубежных космических аппаратов. Рассмотрены перспективы развития российских систем дистанционного зондирования Земли.

Предназначено для студентов специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы», а также может быть использовано студентами (курсантами) военных кафедр (учебных военных центров), обучающимися по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов и систем РТВ ВВС».

УДК 528.8(075.8)

ББК 26.0я73

ISBN 978-5-16-016372-7 (ИНФРА-М)  
ISBN 978-5-7638-3084-2 (СФУ)

© Коллектив авторов, 2014, 2017  
© Сибирский федеральный  
университет, 2014, 2017

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. Общие сведения о методах наблюдения Земли из космоса .....</b>	<b>6</b>
1.1. Общая характеристика систем дистанционного зондирования Земли .....	6
1.2. Характеристики космической информации .....	9
1.2.1. Пространственное разрешение .....	10
1.2.2. Радиометрическое разрешение .....	10
1.2.3. Спектральное разрешение .....	10
1.2.4. Временное разрешение .....	11
1.3. Выбор орбит космических аппаратов дистанционного зондирования Земли .....	11
1.3.1. Орбита и орбитальные элементы .....	11
1.3.2. Эволюции орбиты космического аппарата .....	14
1.3.3. Виды орбит космических аппаратов .....	16
1.3.3.1. Классификация орбит космических аппаратов по наклонению .....	16
1.3.3.2. Классификация орбит космических аппаратов по величине большой полуоси .....	18
1.3.4. Орбиты космических аппаратов дистанционного зондирования Земли .....	19
1.4. Прием информации с космического аппарата дистанционного зондирования Земли .....	20
1.4.1. Бортовая аппаратура радиолинии «Космический аппарат – Земля» .....	20
1.4.2. Наземные станции приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли .....	24
1.4.2.1. Наземный комплекс приема и обработки данных ДЗЗ .....	24
1.4.2.2. Высокоинформативный приемный комплекс ПК-7 .....	28
1.5. Перспективы развития дистанционного зондирования Земли .....	29
Контрольные вопросы .....	32
<b>Глава 2. Методы и приборы дистанционного зондирования Земли .....</b>	<b>33</b>
2.1. Оптико-электронные приборы .....	36
2.1.1. Объективы целевой аппаратуры .....	36
2.1.2. Матрицы приборов с зарядовой связью .....	39
2.2. Приборы инфракрасного диапазона .....	50
2.3. Приборы радиолокационного диапазона .....	51

2.4. Многозональная съемка.....	64
2.4.1. Спектральная яркость.....	65
Контрольные вопросы .....	67

### **Глава 3. Космические аппараты дистанционного**

<b>зондирования Земли.....</b>	<b>68</b>
3.1. Российские космические аппараты .....	68
3.1.1. Космический аппарат «Ресурс-ДК1» .....	68
3.1.2. Космический аппарат «Метеор-М № 1».....	70
3.1.3. Космический аппарат «Электро-Л» .....	72
3.1.4. Космический аппарат «Канопус-В».....	74
3.2. Перспективные российские космические аппараты.....	77
3.2.1. Космический аппарат «Ресурс-П» .....	77
3.2.2. Космический аппарат «Метеор-М» № 2.....	79
3.2.3. Космический аппарат «Метеор-М» № 3.....	82
3.2.4. Космический аппарат «Обзор-О» .....	85
3.2.5. Космический аппарат «Обзор-Р» .....	86
3.3. Космические аппараты зарубежного производства .....	87
3.3.1. Спутниковая система NOAA .....	87
3.3.1.1. Усовершенствованный радиометр очень высокого разрешения AVHRR.....	88
3.3.1.2. Солнечный спектральный радиометр обратного ультрафиолетового рассеяния, мод. 2 SBUV/2 .....	89
3.3.1.3. Система вертикального эксплуатационного зонда TIROS (TOVS).....	89
3.3.1.4. Прибор стратосферного зондирования SSU .....	89
3.3.1.5. Зонд инфракрасной радиации высокого разрешения HIRS/4 .....	90
3.3.1.6. Прибор микроволнового зондирования MSU.....	91
3.3.1.7. Аппаратура поиска и спасения SAR .....	92
3.3.2. Космический аппарат GEOEYE-1 .....	92
3.3.3. Космический аппарат QUICKBIRD .....	94
3.3.4. Космический аппарат RAPIDEYE .....	95
3.3.5. Космический аппарат WORLDVIEW-2.....	98
3.3.6. Космический аппарат CARTOSAT-2.....	100
3.3.7. Космический аппарат KOMPSAT-3.....	101
3.3.8. Космический аппарат LANDSAT-7 .....	102
3.3.9. Космические аппараты SPOT-6 и SPOT-7 .....	104
3.3.10. Космический аппарат SUOMI NPP .....	106
3.3.11. Космический аппарат RADARSAT-2 .....	108
3.3.12. Космический аппарат TERRASAR-X.....	110
Контрольные вопросы .....	112

<b>Глава 4. Применение систем дистанционного зондирования Земли .....</b>	<b>113</b>
4.1. Дистанционные методы изучения сейсмичности .....	113
4.1.1. Современные тектонические движения .....	118
4.1.2. Примеры оценки сейсмической обстановки при помощи систем дистанционного зондирования Земли...	120
4.1.2.1. Бусингольское и Тувинское землетрясения .....	120
4.1.2.2. Хангайский разлом .....	122
4.1.2.3. Главный Саянский разлом .....	122
4.2. Природопользование.....	123
4.2.1. Загрязнения водной поверхности разливами нефти и нефтепродуктов .....	123
4.2.2. Дистанционное зондирование областей загрязнения окружающей среды отходами промышленного производства .....	128
4.2.3. Обнаружение лесных пожаров и оценка выброса в атмосферу дымовых газов и аэрозоля .....	131
4.2.4. Мониторинг чрезвычайных ситуаций в паводкоопасный период.....	136
4.2.4.1. Гидрологический режим рек наблюдаемой территории .....	138
4.2.4.2. Оценка динамики снегового покрытия по данным КА TERRA .....	143
4.2.4.3. Оперативная деятельность Красноярского филиала космического мониторинга .....	146
4.2.4.4. Применение данных радарной съёмки с космического аппарата RADARSAT.....	148
4.3. Контроль развития и оценка последствий чрезвычайных ситуаций .....	149
4.4. Картография.....	154
4.4.1. Общие сведения о картографировании при помощи систем дистанционного зондирования Земли.....	154
4.4.2. Дешифрирование космических снимков.....	156
4.4.3. Создание фотокарт.....	159
4.4.4. Составление и обновление топографических карт .....	161
4.4.5. Тематическое картографирование .....	163
4.4.6. Оперативное картографирование .....	164
Контрольные вопросы .....	166
<b>Глава 5. Основные направления развития систем дистанционного зондирования Земли.....</b>	<b>168</b>
5.1. Требуемый состав космических комплексов и подсистем .....	168

5.2. Гидрометеорологические космические системы на основе средневысотных полярно-орбитальных и геостационарных метеоспутников .....	169
5.3. Система оперативного оптико-электронного наблюдения.....	173
5.4. Космический комплекс всепогодного радиофизического наблюдения Мирового океана .....	174
5.5. Космический комплекс высокодетального радиолокационного наблюдения.....	174
5.6. Космическая система малых спутников для мониторинга чрезвычайных ситуаций и предвестников землетрясений .....	176
5.7. Перспективная система микроспутников для высокооперативного обнаружения очагов лесных пожаров, стихийных гидрометеорологических явлений и других наиболее динамичных чрезвычайных ситуаций.....	178
5.8. Перспективный космический комплекс для фундаментального научного изучения Земли .....	180
5.9. Космический комплекс картографического назначения .....	182
5.10. Сейсмология .....	183
Контрольные вопросы .....	185
<b>Заключение.....</b>	<b>186</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>187</b>
<b>Перечень принятых сокращений.....</b>	<b>189</b>