

К. Я. КОНДРАТЬЕВ, Ю. М. ТИМОФЕЕВ

ТЕРМИЧЕСКОЕ  
ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ  
СО СПУТНИКОВ



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕНИНГРАД • 1970

В монографии обобщены результаты советских и зарубежных экспериментальных, теоретических и аппаратных разработок, касающихся вопросов использования уходящего теплового излучения для исследования атмосферы Земли. Подробно проанализированы угловое и спектральное распределения уходящего излучения, проблемы определения температур подстилающей поверхности и верхней границы облаков, температуры стратосферы и влажности тропосферы. Приведены данные, касающиеся теоретических и экспериментальных аспектов решения задачи термического зондирования атмосферы и определения вертикального профиля влажности со спутников. В заключение приводятся краткие соображения о возможностях комплексного подхода к решению совокупности обратных задач, перспективах дальнейших исследований.

Книга рассчитана на научных работников, специализирующихся в области физики атмосферы, астрофизиков, представителей астронавтики и других смежных наук.

The monograph summed up the results of the Soviet and foreign experimental, theoretical and apparatus investigations concerning the question of utilization of the outgoing infrared and microwave radiation for the study of the Earth atmosphere. The angular and spectral distributions of the outgoing radiation are analysed in detail; the problem of determination of the surface temperature and that at the upper boundary of the clouds; the temperature of stratosphere and the moisture of the troposphere are discussed as well.

The data concerning theoretical and experimental aspects of the solution for the tasks of the thermal sounding of the atmosphere and the vertical profiles of moisture by means of satellites are included in the monograph.

Some suggestions as for the possibilities of the complex approach to the solution for the set of inverse problems are made. In conclusion the perspectives of the further investigations are discussed.

The monograph is hoped to be of use for specialists in the atmospheric physics, astrophysics, astronautics and others.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА ИНФРАКРАСНОГО И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Уравнение переноса теплового излучения . . . . .	5
§ 2. Поглощение радиации газами . . . . .	12
§ 3. Функции пропускания атмосферных газов . . . . .	25
§ 4. Приближенные методы теории переноса инфракрасного излучения в атмосфере . . . . .	36
<b>Глава 2. УГЛОВОЕ И СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УХОДЯЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ . . . . .</b>	<b>50</b>
§ 1. Ракетная и спутниковая радиационная аппаратура . . . . .	50
§ 2. Результаты экспериментальных исследований углового и спектрального распределения уходящего теплового излучения . . . . .	88
§ 3. Результаты теоретических расчетов углового и спектрального распределения уходящего теплового излучения . . . . .	106
<b>Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ . . . . .</b>	<b>117</b>
§ 1. Некоторые оптические характеристики атмосферы, подстилающей поверхности и облаков в области окон прозрачности . . . . .	117
§ 2. Оптимальный выбор окон прозрачности атмосферы для определения температуры подстилающей поверхности и облаков со спутников . . . . .	143
§ 3. Методика введения поправок, учитывающих влияние толщи атмосферы при определении температуры подстилающей поверхности . . . . .	153
§ 4. Совместное решение задачи определения температуры подстилающей поверхности и влажности тропосферы . . . . .	165
§ 5. Условия обнаружения облачности по тепловым контрастам в окнах прозрачности атмосферы . . . . .	173
§ 6. Некоторые результаты исследований температуры подстилающей поверхности, температуры и высоты верхней границы облаков, влагосодержания в тропосфере . . . . .	190
§ 7. Возможности интерпретации данных измерений уходящего теплового радиоизлучения . . . . .	202
<b>Глава 4. ПОЛУЭМПИРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УХОДЯЩЕГО ТЕПЛОГО ИЗЛУЧЕНИЯ . . . . .</b>	<b>211</b>
§ 1. <u>Корреляционные связи между уходящим излучением и некоторыми метеорологическими параметрами</u> . . . . .	211
§ 2. Определение температуры стратосферы . . . . .	226
	409

Глава 5. <u>ТЕРМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ</u> . . .	239
§ 1. Постановка и общая характеристика задачи . . . . .	239
§ 2. Математические аспекты решения обратных задач . . . . .	254
§ 3. Некоторые сведения о характеристиках поглощения атмосферных газов . . . . .	274
§ 4. Результаты численных экспериментов по определению температурного профиля в атмосфере . . . . .	290
§ 5. Влияние ошибок в задании ядра уравнения на точность восстановления профиля температуры . . . . .	310
§ 6. <u>Термическое зондирование в условиях</u> облачной атмосферы . . . . .	318
§ 7. <u>Примеры восстановления характеристик</u> термической структуры атмосферы в реальных условиях . . . . .	331
§ 8. <u>Примеры интерпретации спутниковых измерений</u> . . . . .	344
§ 9. <u>Некоторые проблемы оперативной обработки</u> радиационных данных . . . . .	348
Глава 6. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ В АТМОСФЕРЕ . . . . .	353
§ 1. Общая характеристика задачи. Свойства поглощения водяного пара . . . . .	353
§ 2. Методы решения задачи восстановления распределения влажности в атмосфере. Примеры численных экспериментов . . . . .	364
§ 3. Примеры восстановления распределения влажности в атмосфере в реальных условиях . . . . .	373
Литература . . . . .	382