

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

ЛАЗЕРНОЕ  
ЗОНДИРОВАНИЕ  
ТРОПОСФЕРЫ  
И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ

Ответственный редактор  
акад. В. Е. Зуев

Ч 1237



НОВОСИБИРСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1987

УДК 551.508 + 551.510

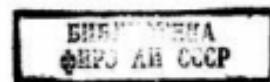
Лазерное зондирование тропосферы и подстилающей поверхности/Самохвалов И. В., Коштын Ю. Д., Ипполитов И. И. и др.— Новосибирск: Наука, 1987.

Монография посвящена проблемам разработки дистанционных методов и средств лазерного зондирования воздушной и водной сред. В ней описаны методика и результаты исследований высотных профилей оптических характеристик атмосферного аэрозоля в зависимости от метеоусловий. Получены статистически обоснованные данные о суточных вариациях лидарного отношения в граничном слое атмосферы и структуре неоднородностей аэрозольного поля на различных высотах. Рассмотрены корреляционный метод определения скорости ветра, поляризационный метод диагностики фазового состава облаков и метод оценки химического состава аэрозольного вещества по эмиссионным спектрам, возбуждаемым лазерной искрой на расстоянии, вопросы дистанционного определения профилей влажности и газовой структуры тропосферы методами дифференциального поглощения, комбинированного рассеяния света, внутривидоразностного и когерентного приема эхосигналов на лазер. Даны результаты применения лидаров для определения биоресурсов оксисана и загрязнения водной поверхности, краткое описание аппаратуры для лазерного зондирования параметров тропосферы и подстилающей поверхности.

Книга предназначена для специалистов по физике и оптике атмосферы, метеорологии, разработчиков оптико-электронной аппаратуры.

Авторы: И. В. Самохвалов, Ю. Д. Коштын, И. И. Ипполитов, Ю. С. Балин, В. В. Зуев, В. М. Климкин, С. В. Лазарев, Г. Г. Матвиенко, В. М. Митченков, А. В. Соенин, Г. С. Хмельницкий, В. С. Шаманаев, А. Э. Дудельзак

Рецензенты И. Э. Нацц, В. С. Смирнов



Л 1704050000—788  
042(02)—87 138—87—П

© Издательство «Наука», 1987 г.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Г л а в а 1. Дистанционное определение параметров атмосферного аэрозоля</b>	5
1.1. Уравнение лазерного зондирования аэрозольной атмосферы . . . . .	—
1.1.1. Учет многократного рассеяния в лидарном сигнале . . . . .	7
1.1.2. Учет поляризационных эффектов . . . . .	9
1.2. Исследование вертикального профиля лидарного отношения в нижних слоях атмосферы . . . . .	11
1.2.1. Краткая характеристика методики измерения вертикальных профилей . . . . .	12
1.2.2. Вертикальная структура лидарного отношения в приземном слое атмосферы . . . . .	13
1.2.3. Измерение вертикальной структуры лидарного отношения в нижней тропосфере . . . . .	16
1.3. Зависимость лидарного отношения от относительной влажности . . . . .	20
1.4. Статистические характеристики вертикальной структуры лидарного отношения . . . . .	26
1.5. Статистические характеристики коэффициента обратного рассеяния в нижней атмосфере . . . . .	32
1.6. Определение параметров ветра в атмосфере по переносу аэрозольных неоднородностей . . . . .	39
1.6.1. Теоретический анализ корреляционных измерений скорости ветра . . . . .	—
1.6.2. Пространственные измерения скорости ветра в горизонтальной плоскости . . . . .	43
1.6.3. Анализ временных изменений лидарных сигналов . . . . .	46
1.7. Исследование фазового состава облачных образований . . . . .	55
<b>Г л а в а 2. Лазерное зондирование полей метеорологических параметров атмосферы лидарным методом дифференциального поглощения</b>	63
2.1. Анализ погрешностей восстановления профилей влажности из лидарных данных . . . . .	66
2.1.1. Влияние вариаций рассеивающих свойств атмосферы . . . . .	67
2.1.2. Некорректность обращения лидарных данных . . . . .	68
2.1.3. Влияние инструментальных погрешностей измерений лидарных сигналов . . . . .	—
2.1.4. Погрешности априорного расчета коэффициента поглощения . . . . .	72
2.1.5. Случайные ошибки измерений . . . . .	77
2.2. Общие требования, предъявляемые к лидарным системам дифференциального поглощения . . . . .	78
2.3. Лидары дифференциального поглощения . . . . .	79

2.4. Потенциальные возможности зондирования профилей влажности лидарным методом дифференциального поглощения и некоторые примеры практической реализации метода . . . . .	83
2.5. Перспективы развития лидарного метода дифференциального поглощения для целей зондирования метеополей атмосферы . . . . .	89
2.5.1. Одновременное зондирование профилей влажности и температуры . . . . .	—
2.5.2. Лазерное зондирование метеопараметров атмосферы с помощью лидаров самолетного и космического базирования . . . . .	91
<b>Г л а в а 3. Спектроскопические методы поглощения и комбинационного рассеяния в исследований газового состава атмосферы . . . . .</b>	<b>94</b>
3.1. Возможности дистанционного газоанализа методом дифференциального поглощения с использованием источников УФ и видимой областей спектра . . . . .	—
3.2. Трассовые методы измерения газового состава с использованием лазерных источников излучения ИК диапазона спектра . . . . .	104
3.2.1. Общая характеристика методов . . . . .	—
3.2.2. Возможности зондирования некоторых газов атмосферы по резонансному поглощению излучения CO <sub>2</sub> -лазера . . . . .	107
3.2.3. Аппаратура и методика многочастотного лазерного газоанализа на горизонтальных трассах в атмосфере с использованием дискретно перестраиваемого по частоте CO <sub>2</sub> -лазера . . . . .	115
3.2.4. Результаты трассовых измерений газового состава приземной атмосферы . . . . .	117
3.3. Дистанционный газоанализ, использующий явление спонтанного комбинационного рассеяния света . . . . .	122
3.3.1. Общая характеристика метода . . . . .	—
3.3.2. Структура лидара КР и выбор его параметров . . . . .	127
3.3.3. Применение лидаров КР в исследованиях газового состава атмосферы . . . . .	138
<b>Г л а в а 4. Методы дистанционного зондирования на основе нелинейных и когерентных оптических эффектов . . . . .</b>	<b>148</b>
4.1. Лидарные методы, использующие оптическое и акустическое излучение протяженной лазерной искры . . . . .	149
4.1.1. Дистанционный элементный анализ вещества аэрозолей . . . . .	—
4.1.2. Использование эффекта лазерной генерации звука для диагностики параметров приземной атмосферы и пучков высокознергетического излучения . . . . .	160
4.2. Высокочувствительные методы газоанализа атмосферы с использованием эффекта нелинейной реакции лазера на частотно-зависимое внешнее воздействие . . . . .	165
4.2.1. Реакция широкополосного лазера на некогерентное оптическое воздействие . . . . .	—
4.2.2. Теория когерентного приема на лазер отраженного фазомодулированного излучения . . . . .	176
4.2.3. Высокочувствительный ЛП-лидар на рубине с выносным атмосферным отражателем . . . . .	184
4.2.4. ЛП-лидар с ионным лазером на аргоне . . . . .	192
4.3. Когерентно-оптические методы лазерного зондирования . . . . .	195
4.3.1. Общая характеристика метода гетеродинного ширезонаторного приема слабых оптических сигналов . . . . .	—
4.3.2. Гетеродинные лидары для дистанционного газоанализа . . . . .	198
4.3.3. Когерентный ИК-лидар на основе внутрирезонаторного гетеродинирования эхосигналов . . . . .	200
4.4. Диагностика газовых и аэрозольных сред методами нелинейной спектроскопии когерентного антистоксового рассеяния КАРС . . . . .	203
4.4.1. КАРС-спектроскопия газовых сред при четырехфотонном оптическом смешении . . . . .	204

4.4.2. Возможности КАРС-лидаров для диагностики напряженности электромагнитного поля, газового состава и температуры атмосферы	213
4.4.3. Экспресс-анализ микроструктуры аэрозолей методом инициального комбинационного рассеяния света на резонансных колебаниях формы частиц и их ориентации полем	218
<b>Глава 5. Применение лазеров для исследования некоторых характеристик водных сред</b>	<b>223</b>
5.1. Импульсное зондирование приповерхностного слоя воды с борта самолета	—
5.1.1. Особенности лазерного зондирования водной среды на основе явления упругого рассеяния света	—
5.1.2. Устройство самолетного лидара и вопросы метрологического обеспечения его работы	227
5.1.3. Некоторые результаты гидрооптического зондирования	230
5.2. Использование явления флуоресценции для дистанционных измерений параметров приповерхностного слоя воды	235
5.2.1. Общая характеристика методов	—
5.2.2. Структура флуоресцентного лидара и особенности выполнения измерений	236
<b>Литература</b>	<b>240</b>

## ЛАЗЕРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ТРОПОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Утверждено к печати  
Институтом оптики атмосферы  
СО АН СССР

Редактор издательства *Н. Е. Амохина*  
Художественный редактор *Т. Ф. Каминина*  
Художник *Б. А. Васильев*  
Технический редактор *Л. П. Минесеев*  
Корректоры *М. П. Фомина, К. И. Сергеева*

---

ИБ № 30194

Сдано в набор 19.08.86. Подписано в печать 28.04.87. МН-02634. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 16,5. Усл. кр.-отт. 16,5. Уч.-изд. л. 20. Тираж 1100 экз. Заказ № 336. Цена 3 р. 30 к.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение.  
630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.  
4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.