

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

ЛАЗЕРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ТРОПОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Ответственный редактор
акад. В. Е. Зуев

41237



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1987

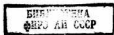
Лазерное зондирование тропосферы и подстилающей поверхности/Самохвалов И. В., Копытин Ю. Д., Ипполитов И. И. и др.— Новосибирск: Наука, 1987.

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 пограничном 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, комбинационного рассеяния света, внутривибрационного когерентного приема эхосигналов на лазер. Даны результаты применения лидаров для определения биоресурсов океана 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. Копытин, И. И. Ипполитов, Ю. С. Балин, В. В. Зуев, В. М. Климкин, С. В. Лазарев, Г. Г. Матвиенко, В. М. Митченков, А. В. Соснин, Г. С. Хмельницкий, В. С. Шаманов, А. Э. Дудельзак

Рецензенты *И. Э. Наац, В. С. Смирнов*



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Дистанционное определение параметров атмосферного аэрозоля	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
Глава 2. Лазерное зондирование полей метеорологических параметров атмосферы лидарным методом дифференциального поглощения	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

Глава 3. Спектроскопические методы поглощения и комбинационного рассеяния в исследованиях газового состава атмосферы . . .

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 ₂ -лазера . . .	107
3.2.3. Аппаратура и методика многочастотного лазерного газоанализа на горизонтальных трассах в атмосфере с использованием дискретно перестраиваемого по частоте CO ₂ -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

Глава 4. Методы дистанционного зондирования на основе нелинейных и когерентных оптических эффектов . . .

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 высокоэнергетического 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 внерезонаторного приема слабых оптических сигналов . . .	—
4.3.2. Гетеродинные лидары для дистанционного газоанализа . . .	198
4.3.3. Когерентный ИК-лидар на основе внутрирезонаторного гетеродинирования экосигналов . . .	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 смещении . . .	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 нелинейного комбинационного рассеяния света на резонансных колебаниях формы частиц и их ориентации в поле	218
Глава 5. Применение лазеров для исследования некоторых характеристик водных сред	223
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
Литература	240

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. Минеева*
Корректоры *М. П. Фомина, К. И. Сергеева*

ИБ № 30194

Сдано в набор 19.05.86. Подписано в печать 28.04.87. МП-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.