

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова
Международная научно-техническая организация «Лазерная ассоциация»

ИННОВАТИКА-2020

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XVI Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
23–25 апреля 2020 г.
г. Томск, Россия**

Под редакцией А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2020

КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОГО КОМПАКТНОГО ИК ЛИДАРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ

Н.С. Кравцова^{1,2}, Е.В. Гордеев², С.А. Садовников², С.В. Яковлев²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

kravtsova@iao.ru

THE CONCEPT OF A MOBILE COMPACT IR LIDAR FOR THE STUDY OF METHANE IN THE ATMOSPHERE

N.S. Kravtsova^{1,2}, E.V. Gordeev², S.A. Sadovnikov², S.V. Yakovlev²

¹National Research Tomsk State University

²V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS

The concept of an airborne infrared (IR) differential absorption lidar for the study of methane in the atmosphere is presented. The description of the main nodes and elements of the transceiver part of the IR lidar is given. The results of numerical simulation of methane sensing for polar latitudes are presented.

Keywords: lidar, atmosphere, methane.

Метан (CH₄) является одним из наиболее важных органических веществ в атмосфере. Рост концентрации метана в атмосфере приводит к усилению парникового эффекта, так как метан интенсивно поглощает тепловое излучение Земли в инфракрасной области (ИК) спектра. С ростом содержания метана изменяются химические процессы в атмосфере, что может привести к ухудшению экологической ситуации на Земле. Поэтому требуется постоянный мониторинг распределения и динамики концентрации CH₄ для предотвращения повышения общего содержания данной газовой компоненты в атмосфере. Мониторинг CH₄ является актуальной задачей и способствует разработке и развитию технологии, инфраструктуры, методов и способов наземного и самолетного лидарного зондирования данной газовой компоненты в атмосфере. Среди самолетных лидаров для зондирования метана можно выделить следующие разработки [1, 2].

В работе представлена концепция бортового мобильного компактного ИК лидара дифференциального поглощения (рис. 1) для исследования метана в атмосфере. Разрабатываемая лидарная система работает в средней ИК-области спектра близ сильной линии поглощения метана ~ 3,4 мкм. Основные параметры ИК лидара приведены в таблице 1.

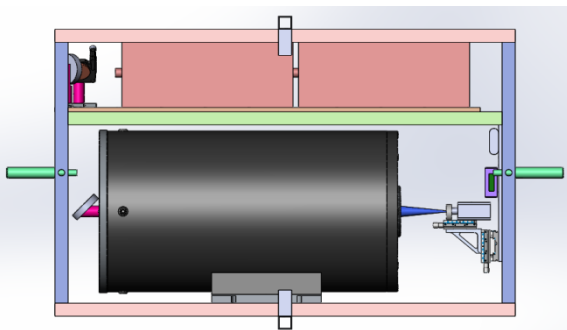


Рис 1. Бортовой ИК лидар дифференциального поглощения

Таблица 1

Характеристики ИК лидара

Лазер	
Длина волны, нм	3428.18 3422.05
Энергия в импульсе, мДж	≤3
Длительность импульса, нс	10
Частота повторения, Гц	20
Ширина линии излучения, см ⁻¹	<3
Приемный телескоп	
Тип	Кассегрен
Эффективное фокусное расстояние, мм	1457
Диаметр приемной апертуры, мм	300
Относительное отверстие	1:4.85
Фотодетектор	
Спектральный диапазон, мкм	2.2–3.8
Активная область, мм ²	1x1
Чувствительность ±20% (λ=3400 нм), см Гц ^{1/2} Вт ⁻¹	6.8×10 ¹¹

Конструктивно лидар состоит из:

- 1) Лазерная система с параметрической генерацией света (ПГС) [3]. В качестве задающего генератора используется импульсный Nd:YAG лазер ($\lambda=1064,17$ нм) и два ПГС на основе нелинейных кристаллов КТА, реализующих настройку длины волны излучения в среднем ИК диапазоне на информативных участках зондирования метана. Первый ПГС источник будет производить настройку на on-line ($\lambda=3428.18$ нм) длину зондирования, второй ПГС источник – на off-line ($\lambda=3422.05$ нм) длину зондирования. Также ПГС система оснащена юстировочным лазерным источником ($\lambda=630$ нм), необходимым для

- совмещения осей видимого и невидимого ИК излучения и юстировки лазерной системы.
- 2) Зеркальная оптика (зеркала с золотым напылением для работы в среднем ИК диапазоне) для вывода излучения в атмосферу.
 - 3) Приемный телескоп, сконструированный по схеме Кассегрена, для сбора лидарного отклика с трассы зондирования.
 - 4) Узкополосный фильтр ($\lambda=3422$ нм).
 - 5) ИК детектор с термоэлектрическим охлаждением.
 - 6) Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

С использованием программы «LIDA» [4], разработанной в ИОА СО РАН, проведено численное моделирование зондирования метана с борта самолета (направление зондирования – вертикально вниз) для полярных широт. В качестве входных данных для проведения численного моделирования взяты основные параметры приемопередающей части лидара. Диалоговое окно программы представлено на рисунке 2, результаты моделирования приведены на рисунке 3.

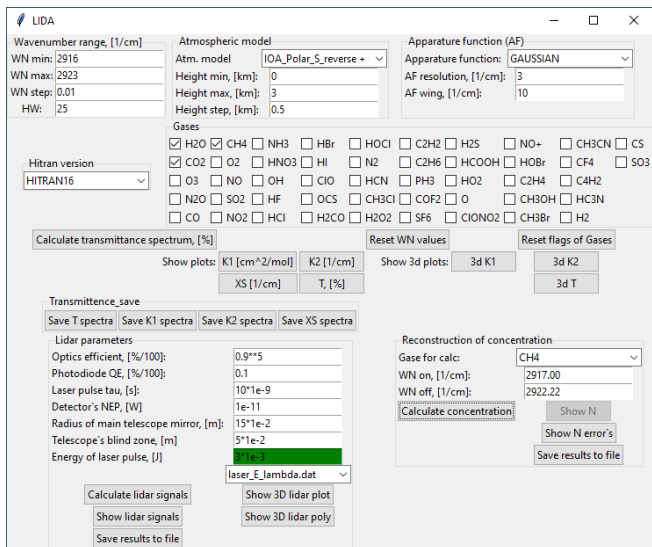


Рис. 2. Диалоговое окно программы «LIDA»

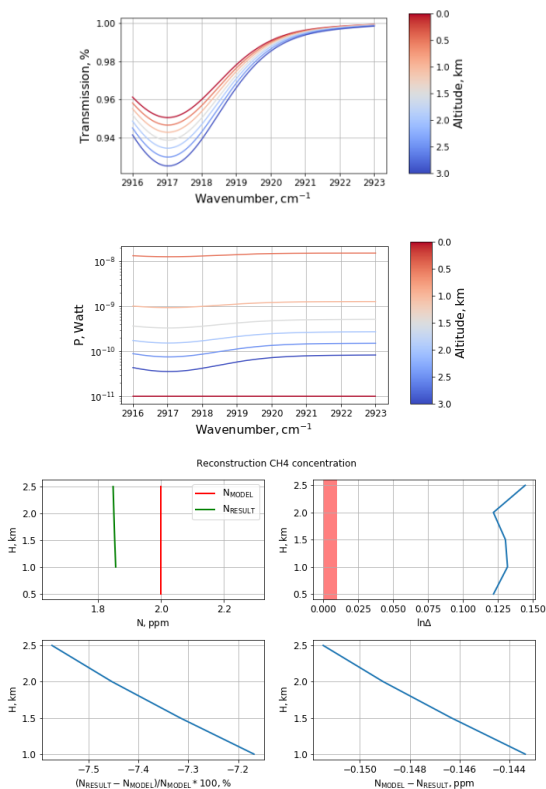


Рис. 3. Результаты моделирования зондирования метана для полярных широт

Результаты моделирования показывают возможность зондирования метана с борта самолета вертикально вниз на трассах до 3 км.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-932.2019.8

Литература

1. Riris H., Numata K., Wu S. et al. Methane optical density measurements with an integrated path differential absorption lidar from an airborne platform // J. Appl. Remote Sens. – 2017. – Vol. 11, No. 3. – P. 034001.
2. Amediek A., Ehret G., Fix A. et al. CHARM-F – a new airborne integrated-path differential-absorption lidar for carbon dioxide and methane observations: measurement performance and

- quantification of strong point source emissions // *Applied Optics*. – 2017. – Vol. 56, No. 18. – P. 5182–5197.
3. Компания СОЛАР ЛС. Лазеры и лазерные системы [Электронный ресурс]. – URL : <https://solarlaser.com/> (дата обращения: 16.03.2020).
 4. Садовников С.А. Программно-алгоритмическая система для численного моделирования широкополосного лазерного газоанализа атмосферы // *Информационно-управляющие системы*. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 66–73.