DOI: 10.17586/1023-5086-2022-89-06-15-24

УДК 551.501.816; 551.510.411

Калибровка и полевые испытания мобильного лидара для дистанционного зондирования метана в атмосфере

Сергей Александрович Садовников1, Олег Анатольевич Романовский2\*, Семён Владимирович Яковлев3, Ольга Викторовна Харченко4, Наталья Сергеевна Кравцова5

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, Россия

1sadsa@iao.ru       https://orcid.org/0000-0002-3082-3521

2roa@iao.ru          https://orcid.org/0000-0003-0496-6593

3ysv@iao.ru           https://orcid.org/0000-0002-8733-0947

4olya@iao.ru         https://orcid.org/0000-0003-4214-1250

5kravtsova@iao.ru https://orcid.org/0000-0001-6862-8388

Аннотация

Предмет исследования. Исследовалась концентрация метана на приземных тропосферных трассах зондирования в фоновых условиях с использованием мобильного лидара дифференциального поглощения. Цель работы. Разработка, калибровка и апробация в натурных полевых экспериментах мобильного лидара дифференциального поглощения для зондирования атмосферного метана в среднем ИК диапазоне спектра. Метод. Разработанный лидар позволяет проводить исследования в атмосфере по методу дифференциального поглощения. Данный метод основан на эффекте резонансного поглощения газами лазерного излучения. Источник излучения лидара имеет две рабочие длины волны, одна из которых (on­line) попадает в центр линии поглощения метана, а другая (off­line) находится на крыле линии поглощения. Полученные лидарные сигналы на on­ и off­line длинах волн позволяют восстановить концентрацию метана в фоновых условиях. Основные результаты. Приводится описание созданного мобильного ИК лидара дифференциального поглощения для исследования метана в атмосфере. Проведена калибровка мобильного ИК источника излучения лидара дифференциального поглощения в информативном диапазоне зондирования метана близ 3400 нм. Представлены результаты натурных полевых испытаний мобильного ИК лидара по регистрации атмосферного отклика на откалиброванных длинах волн зондирования и восстановлению фоновых значений концентрации метана в районе 2.0 ppm на приземных горизонтальных атмосферных трассах зондирования. Практическая значимость. Предложенные в работе технические решения в части разработки мобильного лидара для дистанционного мониторинга метана позволяют выработать требования для дальнейшей его модернизации с целью увеличения дальности измерений, создания вертикальной конфигурации для зондирования с борта самолета, использования в условиях арктических широт.

Ключевые слова: лидар, ИК диапазон, дифференциальное поглощение, атмосфера, метан

Благодарность: тестовые полевые измерения концентрации метана выполнены в рамках государственного задания ИОА СО РАН. Калибровка лидарного источника излучения проводилась при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 19­45­700003.

Ссылка для цитирования: Садовников С.А., Романовский О.А., Яковлев С.В., Харченко О.В., Кравцова Н.С. Калибровка и полевые испытания мобильного лидара для дистанционного зондирования метана в атмосфере // Оптический журнал. 2022. Т.89. № 6. С. 15–24. DOI: 10.17586/1023­-5086­-2022-­89-­06­-15­-24

Коды OCIS: 010.0280; 010.1280; 010.3640.

CALIBRATION AND FIELD TEST OF MOBILE LIDAR FOR REMOTE SENSING OF ATMOSPHERIC METHANE

S. A. Sadovnikov,1,2 O. A. Romanovskii,1, \* S. V. Yakovlev,1,3 O. V. Kharchenko,1,4 AND N. S. Kravtsova1,5

1V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

2e-mail: sadsa@iao.ru

3e-mail: ysv@iao.ru

4e-mail: olya@iao.ru

5e-mail: kravtsova@iao.ru

\*Corresponding author: roa@iao.ru

Abstract

Subject of study. Methane concentration in near-the-surface tropospheric sensing paths was investigated under background conditions using a mobile differential absorption lidar. Aim of study. A mobile differential absorption lidar for remote sensing of atmospheric methane in the mid-infrared spectral range was designed, calibrated, and tested in natural field experiments. Method. The designed lidar enables investigation in the atmosphere using the differential absorption method. This method is based on the effect of resonant absorption of laser emission by gases. The emission source of the lidar has two operating wavelengths, one (on-line) in the center of the methane absorption line and the other (off-line) on the wing of the absorption line. The lidar signals obtained at on- and off-line wavelengths enable retrieval of the methane concentration under background conditions. Main results. The designed mobile IR differential absorption lidar for investigation of atmospheric methane is described. The mobile IR emission source of the differential absorption lidar was calibrated in the informative range of methane sensing near 3400 nm. The results of a natural field test of the mobile IR lidar for detection of atmospheric response at the calibrated sensing wavelengths and retrieval of methane background concentrations of approximately 2.0 ppm in horizontal surface atmospheric sensing paths are presented. Practical significance. The technical solutions for the design of the mobile lidar for remote methane sensing proposed in this paper enable formulation of the requirements on its further improvement aiming to increase the measurement range, design a vertical configuration for remote sensing from an aircraft, and use it at arctic latitudes.

Keywords: lidar, IR range, differential absorption, atmosphere, methane