

DOI: 10.26117/2079-6641-2020-30-1-127-131

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 551.524.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМО-РЕГИСТРИРУЮЩЕГО УЗЛА ЛИДАРНОГО КОМПЛЕКСА ИОА СО РАН*

В. Н. Маричев, Д. А. Бочковский

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634055,
г. Томск, площадь Академика Зуева, 1
E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

Лидарный комплекс малой станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН позволяет оперативно и регулярно получать профили отношения рассеяния до высоты 70 км, температуры и плотности атмосферы в интервале высот 10-70 км с пространственным разрешением 192 м [1], [2], [3], [4]. Разработана принципиальная оптическая схема и конструкторская документация на шести канальный приемный узел для приема сигналов на длинах волн 532, 607, 355 и 384 нм, написан алгоритм управления и регистрации сигналов восьмиканального счетчика фотонов.

Ключевые слова: лидар, модернизация, автоматизированная система.

© Маричев В. Н., Бочковский Д. А., 2020

Введение

В современном изучении физических свойств атмосферы особое применение получили лидарные методы исследования ее газового и аэрозольного состава, что обусловлено высоким пространственным разрешением и оперативностью получения информации этими методами по сравнению с методами, использующих другой принцип получения исходных данных. Распространение лазерного излучения в атмосфере сопровождается рядом явлений взаимодействия электромагнитного излучения со средой, таких как, поглощение и рассеяние аэрозольными частицами, поглощение и рассеяние молекулами атмосферных газов, искажение оптических сигналов турбулентностью атмосферы, флуоресценцией. Регистрируя отраженные сигналы и обрабатывая их на предмет выделения изменений характеристик излучения, можно получить информацию о многих параметрах атмосферы, таких, как температура, аэрозоль, плотность воздуха, профили концентрации различных газов и ряд других.

*Работа выполнена в рамках базового проекта № АААА-А17-117021310145-6 при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №19-45-700008 и гранта президента МК-4592.2018.8.

В данной работе сообщается о модернизации трехканального приемного узла на малой станции лидарного зондирования атмосферы ИОА СО РАН (МСВЗА) [5], принимающего сигналы рэлеевского и рамановского рассеяния на длинах волн 532 и 607 нм, путем создания дополнительных трех каналов для приема сигналов на длинах волн 355 и 384 нм и разделения двух частей разнородных излучений дихроичной пластиной 532/355. Для регистрации сигналов от шестиканального приемного узла разработан новый счетчик фотонов с возможностью подключения всех каналов одновременно и создан программный алгоритм его работы.

Аппаратная часть

Для перехода к зондированию атмосферы на двух длинах волн была произведена модернизация трехканального приемного узла, принимающего сигналы рэлеевского и рамановского рассеяния на длинах волн 532 и 607 нм путем создания дополнительных трех каналов для приема сигналов на длинах волн 355 и 386 нм (Рис.1).

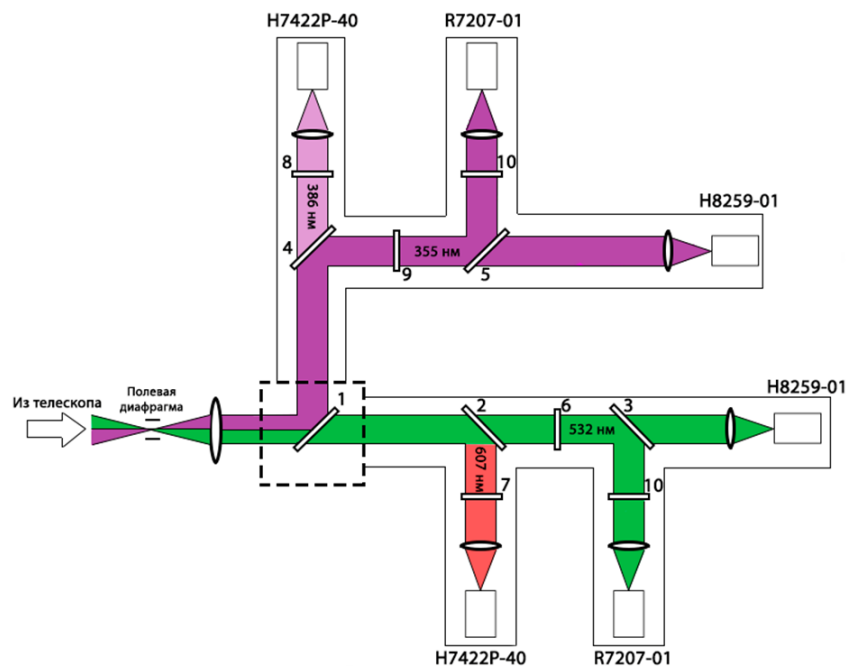


Рис. 1. Оптическая блок-схема 6-канального фотоприемного блока лидара. 1 – Спектроразделительная пластина (СПД) Di03-R-442-+1; 2 – СПД 532/607; 4 – СПД FF376-Di01; 3, 5 – СПД с процентным соотношением 10% и 90%; 6,7,8,9 – интерференционные светофильтры 523, 607, 355, 386 нм

На входе в фотоприемный блок стоит спектроразделительная пластина Di03-R-442-+1, 25x36 мм толщиной 1.1 мм для разделения двух частей разнородных излучений 532/355 (диаметр пучка 25 мм). Данная пластина пропускает излучение с длиной волны больше 442 нм и отражает излучение с длиной волны меньше 442 нм. На входе в блок принимающий излучение обратного рассеяния на длине волны 355 нм стоит спектроразделительная пластина FF376-Di01, 25x36 мм толщиной 1.1 мм, которая пропускает излучение с длиной волны более 376 нм для регистрации сигнала спонтанно-комбинационного рассеяния (СКР) на длине волны 386 нм.

В новом блоке установлены интерференционные светофильтры 355 и 386 нм, три линзы CaF₂ (фокусное расстояние 50 мм, диаметр 25.4 мм), фотосенсорные модули фирмы Hamamatsu (H8259-01 для регистрации сигнала дальней зоны, R7207-01 ближней зоны и H7422P-40 регистрация сигнала СКР) и пластина 5 для разделения излучения на длине волны 355 нм на пучки с примерным процентным соотношением 10% и 90% (уменьшение динамического диапазона при приеме сигналов ближней и дальней зон). В итоге реализовано четыре приемных канала на длинах волн упругого рассеяния 532 и 355 нм (два канала: ближняя зона - от 10 до 30 км по высоте плюс два канала: дальняя зона - от 30 до 70 км по высоте) и двух каналов рамановского рассеяния на длинах волн 386 и 607 нм (высоты верхней тропосферы - нижней стратосферы).

Программная часть

Регистрация одноэлектронных импульсов выполняется счетчиком фотонов, разработанного в Институте оптики атмосферы СО РАН (разработчик с.н.с Надеев А.И.). Изделие предназначено для приема сигналов с ФЭУ в компьютер под управлением ОС Windows XP и выше.

Разработан алгоритм управления и регистрации сигналов восьмиканального счетчика фотонов PHCOUNT8, реализован интерфейс программного обеспечения (ПО) (Рис. 2). ПО позволяет регистрировать, накапливать и сохранять лидарные сигналы во время сеанса зондирования атмосферы. Минимальное время накопления 1 секунда. ПО имеет несколько выходных форматов HDF5, MySQL, текстовый. Реализован интерактивный интерфейс пользователя позволяющий устанавливать начальные настройки счетчика фотонов запускать и останавливать устройство. Так же оператор может отслеживать ход накопления лидарных сигналов в реальном времени. Для каждого канала счетчика ПО выводит графики соответствующего цвета. Пользователь имеет возможность масштабировать поле кривых по осям абсцисс и ординат.

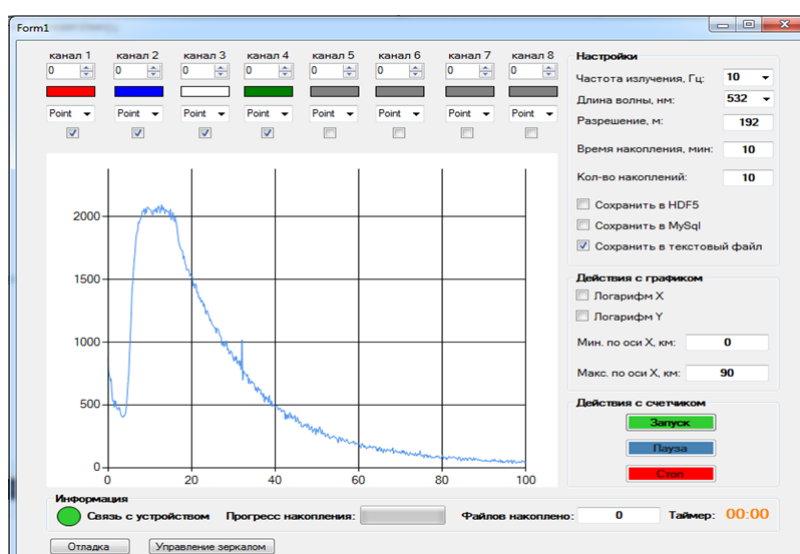


Рис. 2. Программное обеспечение восьмиканального счетчика фотонов PHCOUNT-8

Заклучение

Шестиканальный приемный узел позволит принимать лидарные сигналы рэлеевского и рамановского рассеяния на длинах волн 532, 607 и 355, 386 нм. Применение многоволнового зондирования атмосферы позволит получать дополнительную информацию об оценке распределения частиц аэрозоля по размерам, а одновременный прием сигналов рэлеевского и рамановского рассеяния дает возможность для более корректного расчета параметров аэрозольного рассеяния света.

Список литературы/References

- [1] Маричев В. Н., *Исследование изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Томском на основе лидарных наблюдений в 2010-2011 гг.*, **25**, Оптика атмосферы и океана, 2012.].
- [2] Marichev V. N., *Issledovaniye izmenchivosti vertikal'noy struktury fonovogo aerolya v stratosfere nad Tomskom na osnove lidarnykh nablyudeniy v 2010-2011 gg.*, **25**, Optika atmosfery i okeana, 2012.
- [3] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A., *Investigation of variability of the vertical stratification of background aerosol over Tomsk in 2015*, **10035**, Proceedings of SPIE, 2016.
- [4] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A., *Lidar studies of specific manifestation features of stratospheric warming in winter of 2014-2015*, **9680**, Proceedings of SPIE, 2015.
- [5] Маричев В. Н., *Анализ поведения плотности воздуха и температуры в стратосфере над Томском в периоды ее возмущенного и спокойного состояний, выполненный по результатам лидарных измерений.*, **26**, Оптика атмосферы и океана, 2013. [Marichev V. N., *Analiz povedeniya plotnosti vozdukha i temperatury v stratosfere nad Tomskom v periody yeye vozmutshchennogo i spokoynogo sostoyaniy, vypolnennyy po rezul'tatam lidarnykh izmereniy.*, **26**, Optika atmosfery i okeana, 2013].
- [6] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A., *A regular stage of modernization of the lidar complex of a small lidar station at IAO SB RAS*, **108339**, Proceedings of SPIE, 2018.

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Маричев В. Н. Исследование изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Томском на основе лидарных наблюдений в 2010-2011 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25. №11. С. 976-984.
- [2] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A. Investigation of variability of the vertical stratification of background aerosol over Tomsk in 2015 // Proceedings of SPIE. 2016. 10035. 100356C-1 - 100356C-5.
- [3] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A. Lidar studies of specific manifestation features of stratospheric warming in winter of 2014-2015 // Proceedings of SPIE. 2015. 9680
- [4] Маричев В. Н. Анализ поведения плотности воздуха и температуры в стратосфере над Томском в периоды ее возмущенного и спокойного состояний, выполненный по результатам лидарных измерений // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. №9. С. 783-792.
- [5] Marichev V. N., Bochkosvkii D. A. A regular stage of modernization of the lidar complex of a small lidar station at IAO SB RAS // Proceedings of SPIE. 2018. 108339. 108339T-1-108339T-4.

Для цитирования: Маричев В. Н., Бочковский Д. А. Совершенствование приемо-регистрающего узла лидарного комплекса ИОА СО РАН // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2020. Т. 30. № 1. С. 127-131. DOI: 10.26117/2079-6641-2020-30-1-127-131

For citation: Marichev V. N., Bochkovsky D. A. Improving the reception and recording unit of the IAO SB RAS lidar complex, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2020, **30**: 1, 127-131. DOI: 10.26117/2079-6641-2020-30-1-127-131

DOI: 10.26117/2079-6641-2020-30-1-127-131

INSTRUMENTS AND METHODS OF MEASUREMENT

MSC 78A10

IMPROVING THE RECEPTION AND RECORDING UNIT OF THE IAO SB RAS LIDAR COMPLEX¹

V. N. Marichev, D. A. Bochkovsky

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (IAO SB RAS), 634055, Tomsk, 1,
Academician Zuev square, Russia

E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

Lidar complex at small station of high-altitude atmospheric sensing in Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences makes it possible to obtain promptly and regularly the profiles of the scattering ratio up to the altitude of 70 km and atmospheric temperature and density in the altitude range of 10-70 km with the spatial resolution of 192 m. We developed a schematic optical diagram and design documentation for a six-channel receiving unit for receiving signals at the wavelengths of 532, 607, 355, and 384 nm, and wrote an algorithm for controlling and recording the signals in eight-channel photon counter.

Keywords: lidar, modernization, automated system

© Marichev V. N., Bochkovsky D. A., 2020

¹This work was carried out as part of the basic project No. AAAA-A17-117021310145-6 with partial financial support from the RFBR grant No. 19-45-700008 and the president's grant MK-4592.2018.8.