

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРА НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 532 нм ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЧЕРЕНКОВСКИХ ДЕТЕКТОРОВ

Ю.А. Егоров, С.П. Кнуренко, С.В. Титов

USING LASER AT 532 nm WAVELENGTH FOR CALIBRATING DIFFERENTIAL CHERENKOV DETECTORS

Y.A. Egorov, S.P. Knurenko, S.V. Titov

Для обработки полученных данных черенковским трековым детектором важна калибровка мозаики ФЭУ. Более того, из-за сильной изменчивости содержания аэрозоля в атмосфере в зависимости от сезона, состояния погоды и т. п. необходимо постоянно контролировать прозрачность атмосферы во время проведения эксперимента. Для этих целей кроме традиционных методов используется станция лазерного зондирования атмосферы (лидар).

Calibration of a PMT matrix is crucial for the treatment of the data obtained with Cherenkov tracking detector. Furthermore, due to high variability of the aerosole abundance in the atmosphere depending on season, weather etc. A constant monitoring of the atmospheric transparency is required during the measurements. For this purpose, besides traditional methods, a station for laser atmospheric probing (LIDAR) is used.

Введение

На полигоне ШАЛ ИКФИА СО РАН установлена станция лазерного зондирования атмосферы (лидар). При дистанционном зондировании атмосферы молекулы газов и аэрозоли вызывают ослабление проходящего через воздух лазерного излучения. Часть зондирующего лазерного излучения рассеивается на аэрозольных частицах и попадает через узкую щель на мозаику из фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) дифференциального черенковского детектора. Величина принятого сигнала определяется физикой явления и свойством атмосферы рассеивать. В нашем случае анализ таких данных позволяет уточнить некоторые характеристики ШАЛ, определяемые по черенковскому излучению, например, энергию ливня. Кроме того, лидар позволяет производить оценку прозрачности атмосферы и дает нам возможность калибровать черенковские детекторы через атмосферу.

На Якутской установке ШАЛ измерение характеристик черенковского излучения проводится трековым детектором, состоящим из камеры с узкой прямой длинной щелью, под которой перпендикулярно ее направлению расположена мозаика из ФЭУ (рис. 1). Данный детектор регистрирует свет, рождаемый энергичными частицами ливня. Поскольку солнечный и лунный свет намного интенсивнее черенковского, трековый детектор чувствителен только в ясные безлунные ночи.

Особенность работы детектора состоит в том, что засвечиваемая площадь фотокатода фотоумножителя меняется в процессе измерения потока черенковского излучения ШАЛ. Каждый ФЭУ обзорекает отдельные участки неба и, в отличие от типичного черенковского интегрального детектора, позволяет получать информацию о дифференциальном потоке черенковского света ШАЛ.

Алгоритм, используемый при калибровке черенковских приемников вспышкой лазера в атмосфере на длине волны $\lambda=532$ нм

Так как спектральная характеристика приемника черенковского света ШАЛ лежит в области длин волн 300–800 нм, то выбранный монохроматический лазер с $\lambda=532$ нм и достаточно большой выходной

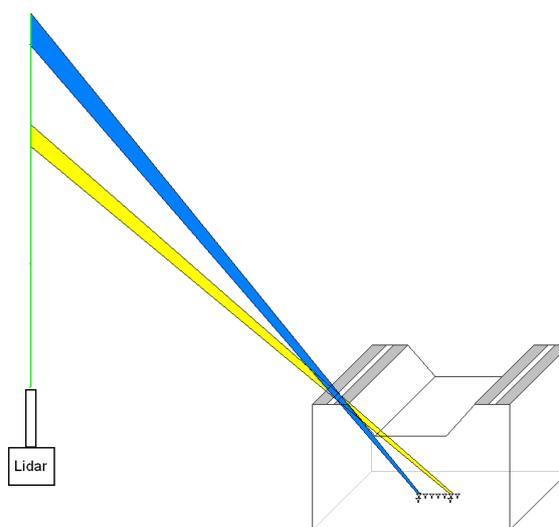


Рис. 1. Схема калибровки с помощью лидара.

мощностью способен создать вспышку света вплоть до стратосферных высот. Это полностью перекрывает область максимума высвечивания черенковского света ШАЛ, а значит, позволяет контролировать чувствительность приемника в области его порога.

Отклик лидара постоянен по времени, имеет экспоненциальную форму при только рэлеевском рассеянии и может быть использован для калибровки, так как площадь под кривой отражает полное число фотонов, собираемых со всех высот, и, кроме того, легко подсчитывается число фотонов, приходящих в узком телесном угле.

Для дифференциальных детекторов, которые обзорекают определенные высоты, это обстоятельство дает возможность прямо приписать отклик ФЭУ, т. е. площади импульса, известное число фотонов, генерированных лазером (см. рис. 1).

С помощью геометрического метода и с учетом апертуры черенковских приемников нами были восстановлены высоты, обзорекаемые каждым ФЭУ (см. таблицу), и этим высотам были приписаны параметры зарегистрированных импульсов, включая и площадь импульса. В данном случае площадь импульса отражала число фотонов известной интенсивности, пришедших с заданной высоты.

Диапазон видимых ФЭУ высот лидарного излучения

№ ФЭУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мин. высота, м	1134	972	852	756	681	618	567	525	1047	546
Макс. высота, м	1455	1197	1020	885	885	702	639	582	1314	609

Изменение интенсивности, а значит и формы импульса, связано только с условиями распространения оптического сигнала в атмосфере, и, следовательно, этот сигнал можно считать калибровочным.

Весь анализ выполнялся с помощью блока программ с выводом цифровой и визуальной информации на дисплей ЭВМ.

Методика калибровки черенковского канала с помощью лидара и оптического радиатора

На рис. 2 показана блок-схема управления процессом «стрельбы» лазером, стационарно установленным в центре Якутской установки и «стреляющим» строго вертикально по отношению к плоскости установки. Управление осуществлялось с помощью черенковского триггера малой черенковской установки после выведения лазера на заданный режим генерации излучения на длине волны $\lambda=530$ нм. Длительность работы лидара регулировалась и могла изменяться от минуты до нескольких минут, что требовалось для выведения лазера на режим с заданной мощностью и известным по паспорту потоком фотонов.

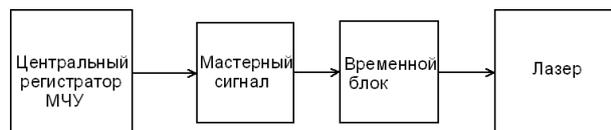


Рис. 2. Блок-схема управления калибровкой лидаром.

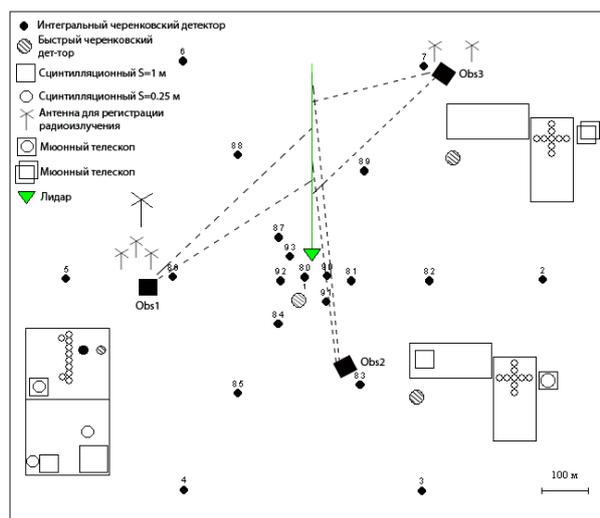


Рис. 3. Схема черенковской установки ЯКУШАЛ.

Кроме того, лидар использовался для тестирования работоспособности оптической части Якутской установки и для измерения прозрачности атмосферы. Повторение сеанса «стрельбы» происходит после каждого события ШАЛ или каждые 15 мин по усмотрению дежурного инженера. Станция лидарных исследований находится почти в центре Якутской установки (рис. 3), что позволяет производить калибровку черенковских детекторов, не изменяя выходных характеристик лазера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дьяконов М.Н., Кнуренко С.Р., Колосов В.А., Слепцов И.Е. Оценка пропускания нижних слоев атмосферы, используя ослабление черенковского света от широких атмосферных ливней // Оптика атмосферы. 1991. Т. 4. С. 868–873.

Дьяконов М.Н., Егоров Т.А., Ефимов Н.Н. и др. Космическое излучение предельно высокой энергии. Новосибирск, 1991. 252 с.

Лищенко Ф.Ф. Средняя прозрачность атмосферы над Якутской установкой ШАЛ // Космические лучи с энергией выше 10^{17} эВ. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983. С. 76–82.

Knurenko S.P., Nikolashkin S.V., Saburov A.V., Sleptsov I.Ye. Study of atmosphere characteristics using ultra-high energy cosmic ray and $\lambda=532$ nm LIDAR // Proc. SPIE. 2006. V. 6522.

Mostafa M.A. Atmospheric monitoring for the Pierre Auger fluorescence detector // Proc. 28th ICRC, Tsukuba. 2003. V. 1. P. 465–468.

[http:// aeronet.gshc.nasa.gov/.](http://aeronet.gshc.nasa.gov/)

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия