

*А. Ю. Белинская<sup>1\*</sup>, Р. З. Хисамов<sup>1</sup>, В. Л. Янчуковский<sup>1</sup>*

## **Метеорологические наблюдения в рамках мониторинга космических лучей**

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
\*e-mail: BelinskayaAY@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Обсерватория Солнечно-земной физики Института нефтегазовой геологии и геофизики расположена в пос. Каменушка Новосибирской обл. Для непрерывных наблюдений за интенсивностью ядерно-активной и мюонной компонентами космических лучей (КЛ) используются установки с высокой статистической точностью регистрации: нейтронный монитор 24NM-64 и матричный мюонный телескоп-годоскоп. Вариации интенсивности КЛ атмосферного происхождения вызваны изменением параметров атмосферы (давление, температура, влажность, перераспределение масс). Поэтому необходим учет их влияния на показания указанных установок с целью обеспечения заданной точности наблюдений. Представлены способы и приборы для проведения непрерывных метеорологических наблюдений в рамках мониторинга космических лучей на обсерватории Солнечно-земной физики. Результаты метеорологических наблюдений используются при первичной обработке данных мониторинга космических лучей в масштабе реального времени.

**Ключевые слова:** космические лучи, атмосфера, давление, температура, влажность, уровень осадков снега

*A. Yu. Belinskaya<sup>1\*</sup>, R. Z. Khisamov<sup>1</sup>, V. L. Yanchukovsky<sup>1</sup>*

## **Meteorological Observations as part of Cosmic Ray Monitoring**

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,  
Russian Federation  
\*e-mail: BelinskayaAY@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** The Solar-Terrestrial Physics Observatory of the Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS is located in the village Kamenushka, Novosibirsk region. Instruments with high statistical registration accuracy (24NM-64 neutron monitor and matrix muon telescope-hodoscope) conduct continuous observations of the intensity of the nuclear-active and muon components of cosmic rays (CR). Variations in the intensity of atmospheric CR are caused by changes in atmospheric parameters (pressure, temperature, humidity, mass redistribution). Therefore, it is necessary to take into account their influence on the readings of these instruments in order to ensure the specified accuracy of observations. Methods and instruments for conducting continuous meteorological observations as part cosmic ray monitoring at the Solar-Terrestrial Physics Observatory are presented. The results of meteorological observations are used in the primary processing of real-time cosmic ray monitoring data.

**Keywords:** cosmic rays, atmosphere, pressure, temperature, humidity, snow precipitation level.

## ***Введение***

Для непрерывных наблюдений за интенсивностью ядерно-активной компоненты космических лучей (КЛ) в качестве стандартного прибора Мировой сети станций космических лучей используется нейтронный монитор NM-64. В Новосибирске нейтронный монитор состоит из четырех секций с общей площадью сбора частиц  $24 \text{ м}^2$  [1], что позволяет обеспечить статистическую точность часовых данных 0.1%. Непрерывный мониторинг мюонной компоненты КЛ с различных зенитных и азимутальных направлений осуществляется с помощью матричного телескопа-годоскопа [2], статистическая точность которого для основных направлений составляет 0.01%. Вариации интенсивности КЛ, наблюдаемые в глубине атмосферы, обусловлены не только изменениями энергетического спектра первичного потока КЛ за пределами атмосферы, но и изменениями параметров самой атмосферы, а также зависят от условий, в которых находится измерительная система. Вариации интенсивности КЛ атмосферного происхождения вызваны изменением параметров атмосферы (давление, температура, влажность, перераспределение масс) [3]. Наблюдаемые вариации интенсивности могут включать также вариации, вызванные изменениями толщины поглотителя над детектором, представляющие собой атмосферные осадки в виде снега [4]. Для автоматизированного учета перечисленных факторов в реальном времени были организованы непрерывные прецизионные измерения метеопараметров: атмосферное давление, влажность, температура, уровень снежных осадков.

### ***Измерения атмосферного давления***

Непрерывные измерения атмосферного давления выполняются раз в минуту, как и интенсивность КЛ. Для непрерывных измерений абсолютного давления воздуха используется барометр сетевого типа БРС-1М (рис. 1), который выдает информацию по интерфейсу RS232 в периодическом режиме (через каждые 250...300 мс) или по запросу со скоростью 1200 бод.



Рис. 1. Общий вид барометра БРС-1М

Диапазон измерения абсолютного давления 600 – 1100 ГПа. Предел допускаемой погрешности  $\pm 33$  Па. Имеет следующие режимы работы: режим измерения; режим самоконтроля; режим ввода и просмотра поправок шкалы. Разрешающая способность индикации 1 Па.

## *Измерения влажности и температуры*

Непрерывные измерения влажности и температуры организованы с использованием датчика ДВТ-03.Т (изготовитель компания «РЭЛСИБ», г. Новосибирск).

Основная абсолютная погрешность измерения относительной влажности и температуры составляет:

Относительная влажность в диапазоне, %:

от 10 до 90 ±2 %

от 0 до 10 и от 90 до 100 ±3 %

Температура в диапазоне, °С:

от -10 до +60 ±1 °С

от -40 до -10 и от от +60 до +100 ±1,5 °С

Датчик ДВТ-03Т и его размещение представлены на рис. 2.

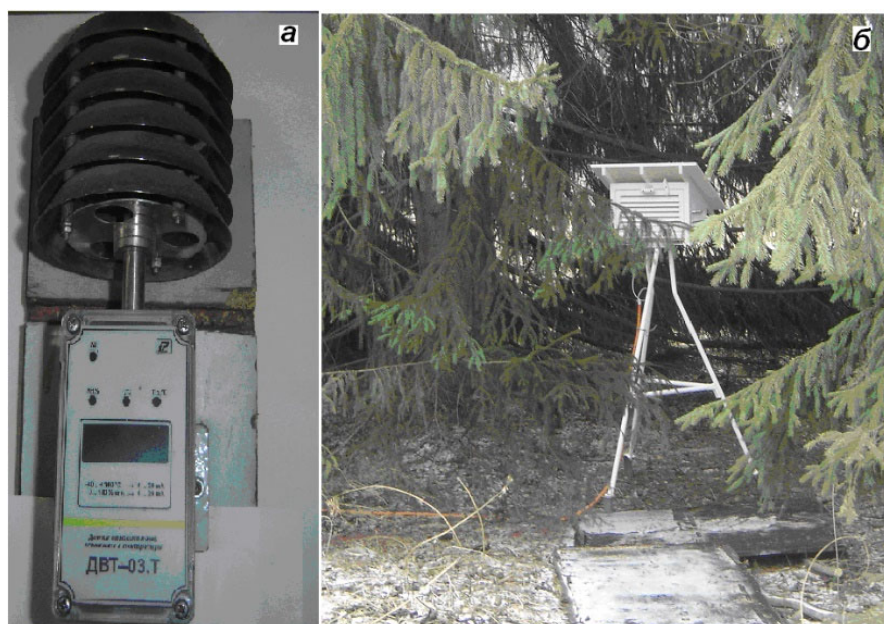


Рис. 2. Общий вид датчика влажности и температуры ДВТ-03Т(а) и метеорологической будки Селянинова (б), в которую помещен датчик

## *Измерения глубины снежного покрова*

Непрерывные измерения глубины снежного покрова выполняются с целью коррекции данных нейтронного монитора на осадки в виде снега в реальном времени. Мониторинг обеспечивается снегомером, выполненным с использованием дальномера. В качестве датчика снегомера нами был применен модуль фазового лазерного дальномера модели HI50 Hi-AT Technology CO., LTD ([https://aliexpress.ru/item/32793950499.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.3f7d33edMI6IXU&\\_ga=2.87447898.33769789.1614593370-424972838.1577095815&sku\\_id=6396517221](https://aliexpress.ru/item/32793950499.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.3f7d33edMI6IXU&_ga=2.87447898.33769789.1614593370-424972838.1577095815&sku_id=6396517221)). Общий вид модуля лазерного дальномера представлен на рис. 3.

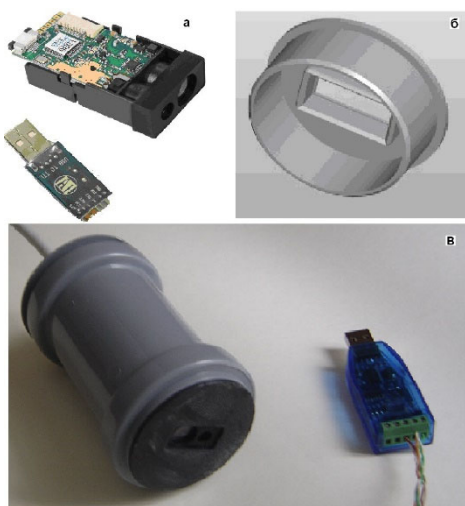


Рис.3. Модуль лазерного дальномера (а), крышка корпуса (б), в которую вставляется модуль, и дальномер в сборе (в)

В сборку входит промышленный модуль управления, не содержащий ЖК-дисплея (общая масса не превышает 38 г). Класс лазера – II (635 нм, <1 мВт), который обеспечивает точность измерения  $\pm 1$  мм. Длительность замера составляет 0,3 – 2,0 с. Модуль лазерного дальномера был помещен в корпус, представляющий собой пластиковый цилиндр диаметром 50 мм, который с обеих сторон герметично (с использованием сальников) закрывается пластиковыми крышками. Передняя крышка имеет окно (рис. 3), в которое плотно вставляется модуль. В качестве корпуса использована сантехническая пластиковая труба. Было изготовлено два таких снегомера, которые установлены на мачтах над крышей по обе стороны здания, в котором находится нейтронный монитор (рис. 4).



Рис. 4. Расположение снегомеров над крышей здания станции космических лучей

Метеорологические данные, полученные с помощью различных датчиков, поступают в систему сбора данных станции космических лучей. Затем они используются при первичной обработке данных мониторинга космических лучей в масштабе реального времени. На рис. 5 приведен пример учета изменений атмо-

сферного давления и величины снежного покрова на крыше станции КЛ при непрерывных измерениях темпа счета нейтронного монитора.

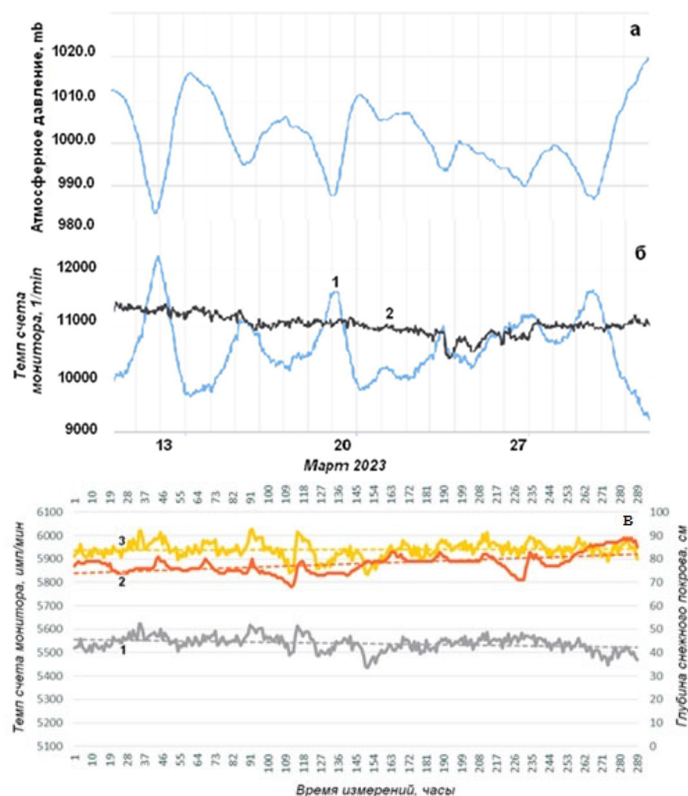


Рис. 5. Непрерывные измерения (а) атмосферного давления и (б) темп счета нейтронного монитора при изменениях атмосферного давления (кривая 1) и с учетом этих изменений (кривая 2), (в) темп счета нейтронного монитора (кривая 1) и глубина снежного покрова на крыше здания (кривая 2) и с учетом этих измерений (кривая 3)

### ***Заключение***

Барометр сетевого типа БРС-1М, датчик ДВТ-03.Т для измерения влажности и температуры, два снегомера составляют систему для получения информации о метеорологических параметрах. Получаемые результаты используются при первичной обработке данных регистрации космических лучей. Таким образом в реальном времени осуществляется автоматический учет вклада атмосферных эффектов в данные мониторинга космических лучей. Разработанная методика может применяться и на других станциях космических лучей.

### ***Благодарности***

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект FWZZ-2022-0019). Результаты получены с использованием оборудования УНУ-85 «Российская национальная сеть станций космических лучей» (<http://www.skr-rf.ru/usu/433536>).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Янчуковский В.Л. Многоканальный наблюдательный комплекс космических лучей. // Солнечно-земная физика. – 2010. – Вып. 16. – С. 107 – 109.
2. Янчуковский В.Л. Телескоп космических лучей // Солнечно-земная физика. – 2006. – Вып. 9. – С. 41 – 43.
3. Дорман Л.И. Метеорологические эффекты космических лучей. – М.: Наука. 1972. – 211 с.
4. Янчуковский В.Л., Кузьменко В.С. Метод автоматической коррекции данных нейтронного монитора на осадки в виде снега в реальном времени // Солнечно-земная физика. – 2021. – Т.7. – N 3. – С.120-126.

© А. Ю. Белинская, Р. З. Хисамов, В. Л. Янчуковский, 2023