

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

В.С. Кузьменко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия  
KuzmenkoVS@ipgg.sbras.ru

## ATMOSPHERIC TEMPERATURE REGIM ACCORDING TO COSMIC RAYS DATA

V.S. Kuzmenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia  
KuzmenkoVS@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** По данным непрерывных наблюдений вариаций интенсивности космических лучей, полученным с помощью матричного телескопа в Новосибирске, рассчитываются вариации температуры на различных изобарических уровнях атмосферы и сопоставляются с данными прямых измерений.

**Ключевые слова:** мюоны, интенсивность, атмосфера, температура.

**Abstract.** According to continuous observations of cosmic rays intensity variations, obtained using a matrix telescope in Novosibirsk, temperature variations at different isobaric atmospheric levels are calculated and compared with direct measurements.

**Keywords:** muons, intensity, atmosphere, temperature.

### ВВЕДЕНИЕ

Изменения температуры атмосферы приводит к изменениям ее геометрических размеров (расширение или сжатие), что, в свою очередь, проявляется в изменении интенсивности регистрируемых в атмосфере мюонов (температурный эффект). Температурный эффект обусловлен нестабильностью мюонов, имеющих малое время жизни. В результате наблюдаемые временные вариации интенсивности мюонов содержат также и информацию об изменениях температуры атмосферы. В этой связи целесообразно рассмотреть возможность оценки изменений температуры атмосферы по данным непрерывного мониторинга интенсивности мюонов. Для расчета привлечены данные непрерывных наблюдений вариаций интенсивности космических лучей, полученные с помощью матричного мюонного телескопа в Новосибирске. Рассчитанные вариации температуры сопоставлены с данными прямых измерений.

### МЕТОДЫ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ

В работе используется один из методов главных компонент — метод ПЛС-2, который является инструментом многомерной калибровки, и позволяет проводить декомпозицию одновременно двух наборов данных ( $X$  и  $Y$ ), позволяющую найти и промоделировать их неявные закономерности [Эсбенсен, 2005]. В данном случае формально решается уравнение вида  $Y=WX$ . В качестве зависимой переменной ( $Y$ ) здесь принимаются изменения температуры на различных изобарических уровнях атмосферы. Роль независимой переменной ( $X$ ) играют вариации интенсивности мюонов, регистрируемых на уровне моря в атмосфере под различными углами к зениту ( $0, 30, 40, 50, 60, 67, 71^\circ$ ) с различных азимутальных направлений ( $S, N, W, O, S-O, S-W, N-W, N-O$ ). В анализе использованы данные аэрологического зондирования — температура на изобарических уровнях: 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 50 мбар) за период 2006–2010 гг. [NOAA], а также часовые значения интенсивности мюонов за

этот же период [ННККЛ]. В исходных данных интенсивности мюонов учтены первичные вариации и барометрический эффект. Параметр  $W$  — весовая функция, характеризующая связь переменных в уравнении, физический смысл которой заключается в температурном эффекте интенсивности мюонов в атмосфере. На первом этапе анализа по известным  $X$  и  $Y$  находится весовая функция  $W$ . Для этого используются экспериментальные данные за период 2006–2008 гг. (обучающий период). Дискретизация данных — 12 часов. Второй этап анализа заключается в определении переменной  $Y$  (вариаций температуры атмосферы на различных изобарах) по найденной функции  $W$  и регистрируемой интенсивности мюонов  $X$ . Проводить декомпозицию методом ПЛС-2 возможно с использованием нескольких алгоритмов. Результаты работы [Кузьменко, Янчуковский, 2019] выявили, что наиболее пригодным для данной задачи алгоритмом является Kernel PLS, поскольку структура данных такова, что количество образцов значительно превышает количество переменных. Для расчета  $W$  использовалась программа The Unscrambler X [Camo Analytics] специально предназначенная для многомерного анализа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Используя данные за период 2006–2008 гг., находится функция распределения  $W$ , которая представлена на рис. 1.

Затем делается оценка вариаций температуры на различных изобарических уровнях атмосферы для периода 2009–2010 гг. Полученные результаты сопоставлены с данными прямых измерений (аэрологического зондирования) за этот же период и приведены на рис. 2.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, покомпонентная многоканальная непрерывная регистрация космических лучей, проводимая на станциях космических лучей, оснащенных мюонными телескопами, позволяет проводить

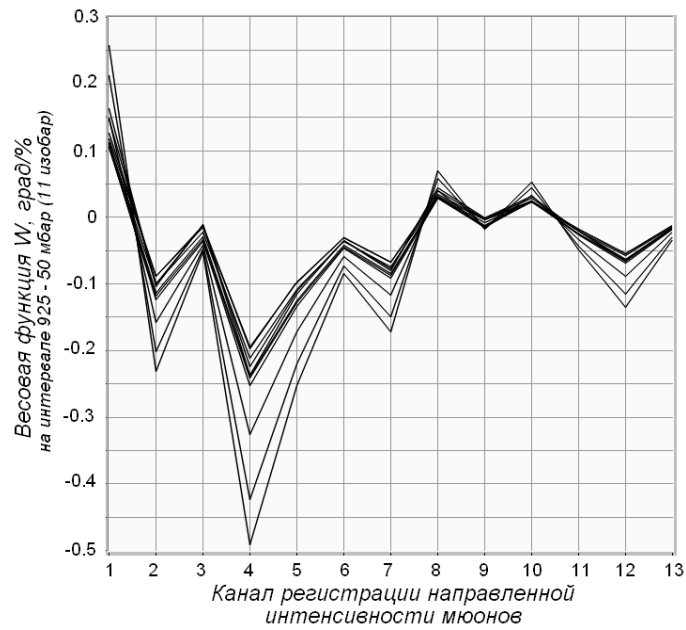


Рис. 1. Весовая функция  $W$  13-ти каналов регистрации мюонов (под различными углами к зениту с различных азимутальных направлений) в диапазоне 925–50 мбар (11 изобар)

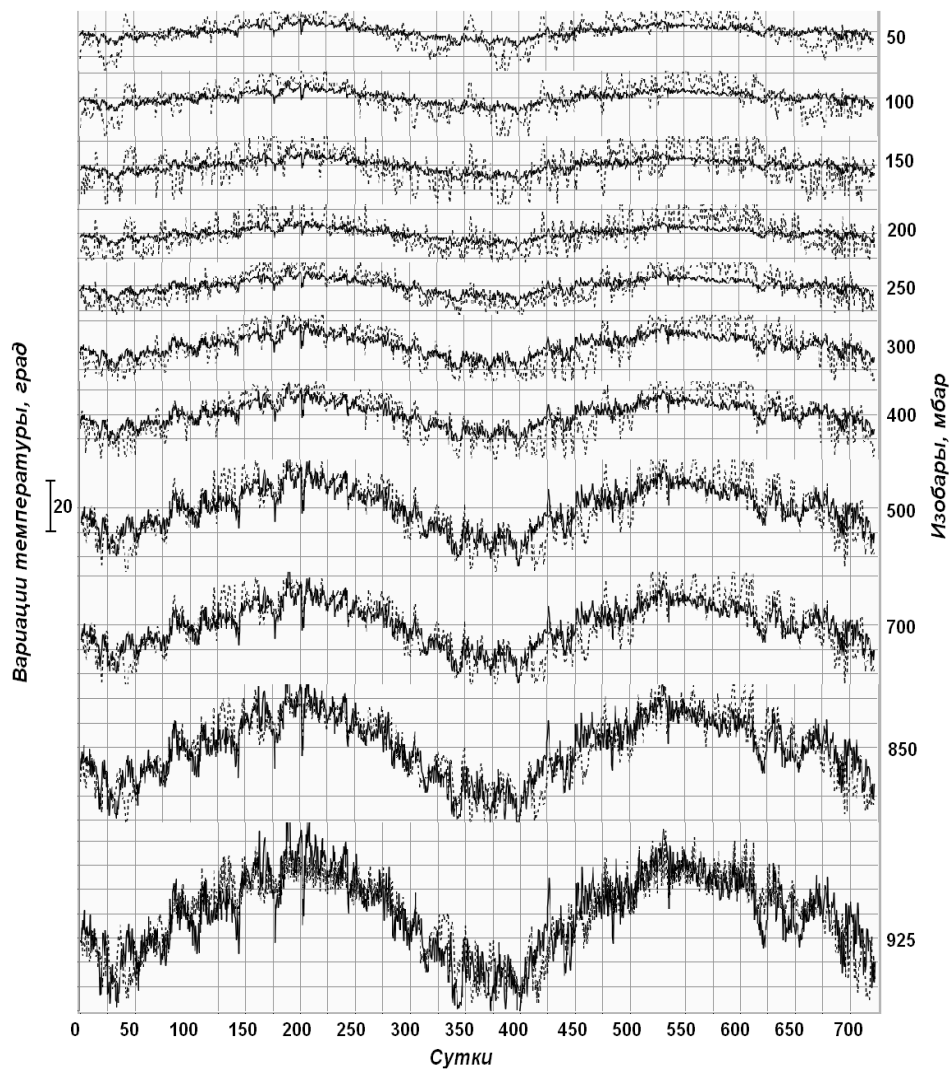


Рис. 2. Вариации температуры на различных изобарических уровнях атмосферы, найденные по данным регистрации мюонов космических лучей (сплошная кривая), и результаты аэрологического зондирования (точки)

мониторинг температурного режима атмосферы в реальном времени.

Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0013 «Проявление процессов глубинной геодинамики в геосферах Земли по результатам мониторинга геомагнитного поля, ионосферы и космических лучей».

Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. С.В. Кучерявского; Под ред. О.Е. Родионовой. Черногловка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. 160 с.

URL: NOAA, <https://ruc.noaa.gov/raobs>.

URL: НКККЛ, <http://cosm-rays.ipgg.sbras.ru>.

URL: Camo Analytics, <http://www.camo.com/rt/Products/Unscrambler/unscrambler.html>.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Кузьменко В.С., Янчуковский В.Л. Температурные коэффициенты для мюонов в атмосфере, Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2019. Т. 83. № 5. С. 676–678