



# 36-я Всероссийская конференция по космическим лучам

28 сентября – 2 октября 2020, НИИЯФ МГУ

**Секция 2: ГЕО, ID-48**

## Исследование влияния метеопараметров на концентрацию тепловых нейтронов по данным установки «Нейтрон»

**Бушама Л., Богданов Ф.А., Громушкин Д.М., Дмитриева А.Н.,**

**Кузьменкова П.С., Мешрауи С.**

Е-mail: [bouchama\\_lazhar@mail.ru](mailto:bouchama_lazhar@mail.ru)

Скайп – адрес: [lazhar-phy@hotmail.fr](https://www.hotmail.fr)

# Введение

На сегодняшний день большой интерес уделяется изучению естественного потока нейтронов вблизи поверхности Земли. Основными источниками фонового потока нейтронов вблизи поверхности являются атмосфера и земная кора. Чтобы качественно исследовать нейтронный поток в приземной атмосфере, требуются более подробные знания о том, как он изменяется в зависимости от разных эффектов в окружающей среде.

На малых высотах над Землей на поток нейтронов влияют следующие факторы:

- атмосферные параметры (давление, температура),
- воздействие Солнца и Луны,
- высота над поверхностью грунта,
- содержание воды в окружающей среде (пар, снег, растительность),
- содержание радона,
- погодные условия (количество выпавших осадков),
- сейсмическая активность,
- изменения потока космических лучей,
- другие.

В работе представлены результаты обработки данных установки «Нейтрон» для периода с **мая 2015 г. по февраль 2019 г.** с целью исследования влияния различных метеопараметров на поток тепловых нейтронов в приземной атмосфере.

# Описание установки «Нейтрон»

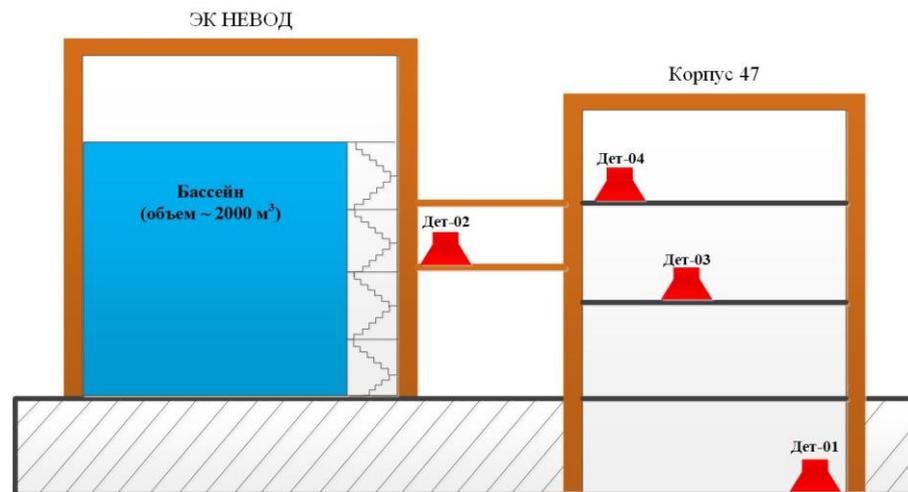
Установка «Нейтрон» состоит из четырёх одинаковых сцинтилляционных детекторов, размещенных внутри здания НОЦ НЕВОД на различных высотах от -3 м до 10.5 м от поверхности грунта.

Каждый детектор нейтронов представляет собой пирамидальный металлический светоотражающий корпус, в котором находится неорганический сцинтиллятор с эффективной площадью, равной  $0.75 \text{ м}^2$ . Сцинтиллятор используется в форме гранулированного сплава  $\text{ZnS}(\text{Ag})$  и  $\text{LiF}$ , обогащенного до 90% изотопом  ${}^6\text{Li}$ . Средняя толщина сцинтиллятора составляет всего  $30 \text{ мг/см}^2$ . Данный сцинтиллятор просматривается одним фотоумножителем ФЭУ-200.

*Внешний вид детектора*



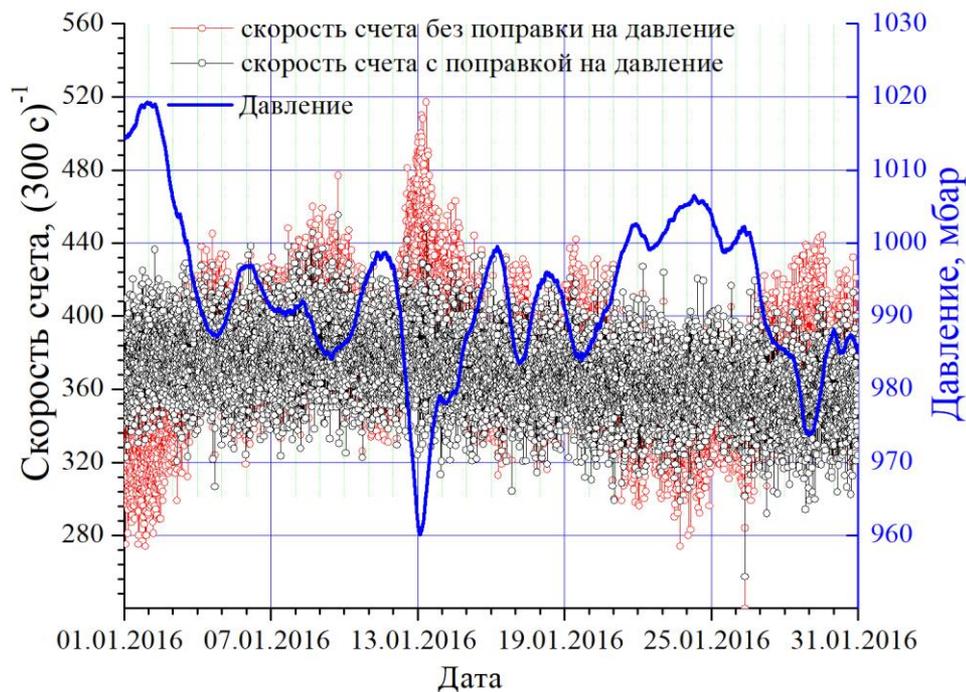
*Схема размещения детекторов*



# Барометрический эффект

Двумя основными метеорологическими эффектами, влияющими на поток космических лучей, являются барометрический и температурный. Для изучения второго необходимо ввести в текущую скорость  $N(t)$  счета корректировку на первый:

$$N^{\text{корр}}(t) = N(t) + B \cdot (P_0 - P(t))$$



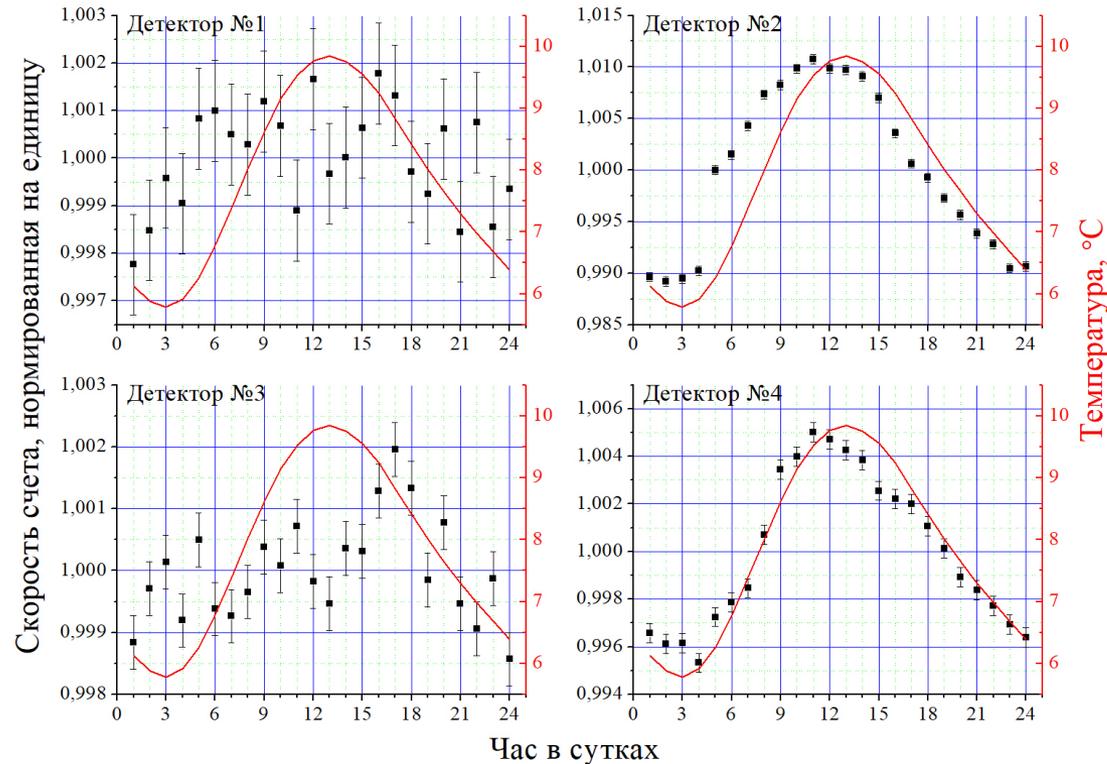
$P$  – текущее значение давления,  
 $P_0$  – среднее значение давления,  
 $B$  – барометрический коэффициент.

Для расчета  $B$  строится зависимость скорости счета от давления, определяется коэффициент  $B$  уравнения фитирующей прямой.

Как видно из рисунка, скорость счета нейтронов довольно сильно антикоррелирует с давлением, но после введения поправки на барометрический эффект эта корреляция практически исчезает.

# Температурный эффект

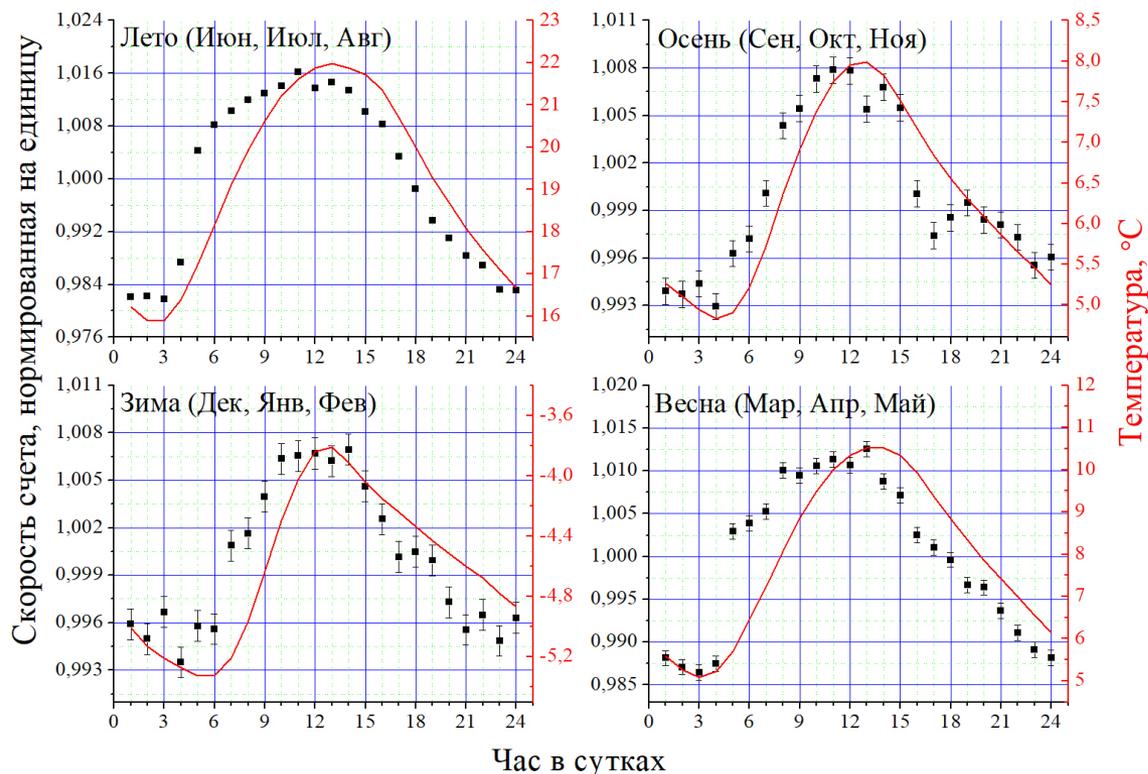
Поиск суточной волны, показывающей влияние температуры на скорость счета в течение **суток** (день/ночь), проводился с использованием метода наложения эпох.



Наиболее ярко по форме проявляются суточные волны скорости счета для второго и четвертого детекторов. По амплитуде более чувствительным оказался второй детектор (2.16% против 0.40%, 0.34% и 0.97% для Дет-01, Дет-03 и Дет-04, соответственно). Это отличие по большей части объясняется местом расположения каждого детектора внутри здания (разной экранировкой детекторов веществом здания).

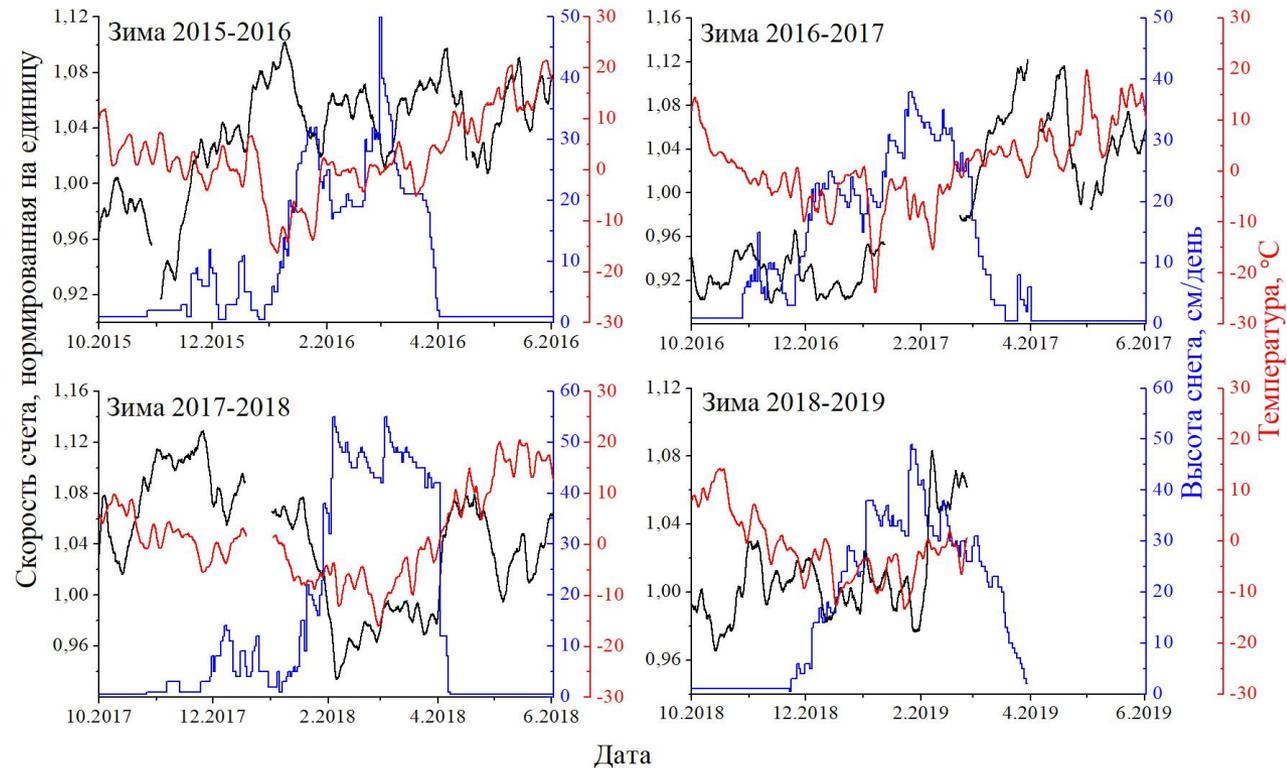
# Температурный эффект

Второй детектор является более чувствительным и для него была рассмотрена **сезонная зависимость скорости счета от температуры.**



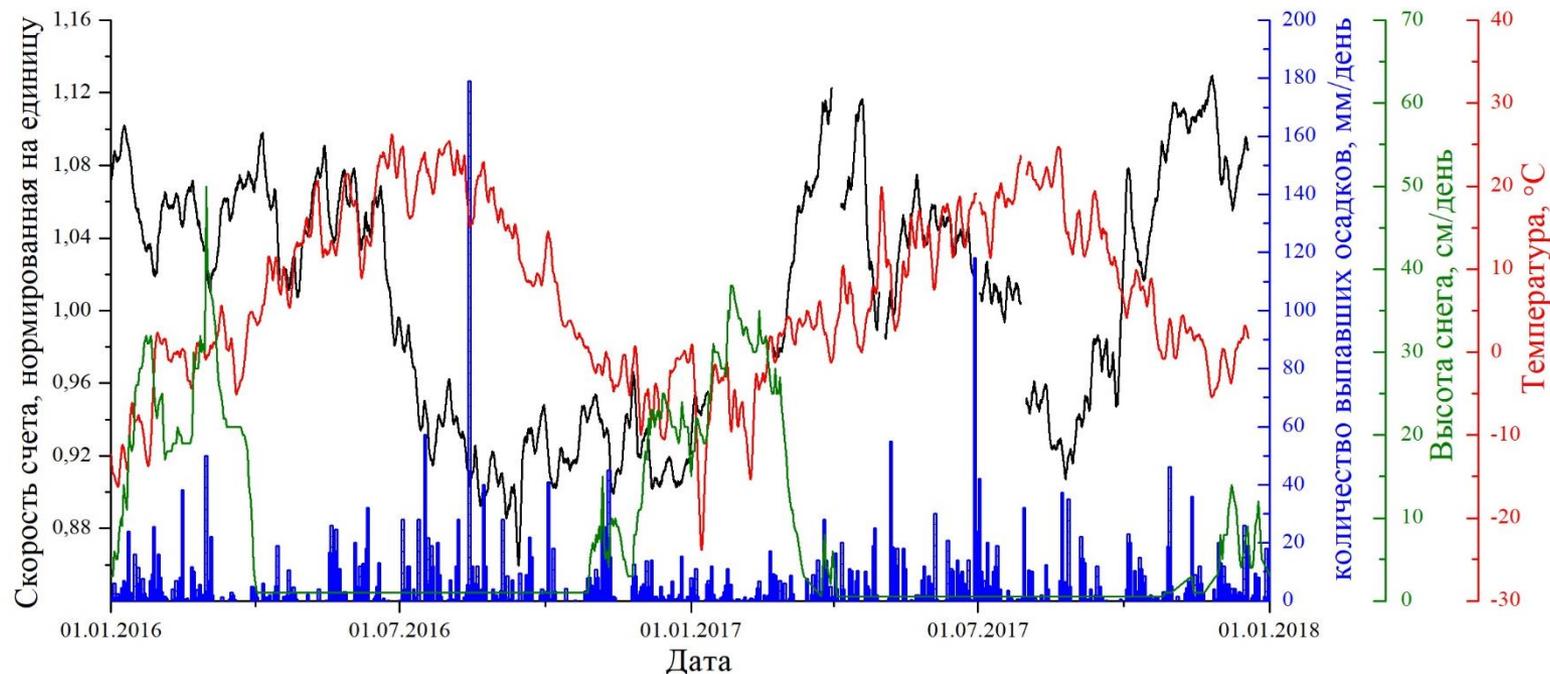
Соотношение **амплитуда скорости счета - среднее значение температуры - амплитуда температуры** для каждого сезона: **летом (3.5%, 19.1°C, 6°C)**, **весной (2.6%, 7.9°C, 5.2°C)**, **осенью (1.5%, 6.28°C, 3.1°C)**, **зимой (1.3%, -4.6°C, 1.5°C)**. Уменьшение амплитуд суточной волны для зимнего и осеннего сезона объясняется уменьшением амплитуд колебаний температуры, а также общим снижением температуры и бóльшим количеством осадков, в частности снега. Сдвиг по времени между волнами скорости счета и температуры наблюдался по всем сезонам.

# Эффект снежного покрова



Явный эффект влияния снежного покрова наблюдался в данных Дет-02 зимой 2017-2018 гг., в течение которой скорость счета снижалась на ~20%. Для остальных детекторов эффект был слабее (5%, 10% и 10% для Дет-01, Дет-03 и Дет-04 соответственно). Явно видно влияние температуры: при отрицательной температуре снег долго не подтаивает и играет роль экрана нейтронов в течение длительного периода (зимой 2017-2018 гг. высота снега 50 см сохранялась более двух месяцев при температуре примерно  $-10^{\circ}\text{C}$ , при этом высота снежного покрова возросла и упала очень быстро), остальные зимы оказались немного теплее, температура варьировалась вокруг нуля, высота снежного покрова изменялась более плавно.

# Влияние осадков



Наблюдается уменьшение скорости счета нейтронов после выпавших дождей, особенно если до этого была сухая погода. В других работах на подобных детекторах было показано, что количество осадков влияет сильнее, однако в них детекторы располагались на улице прямо под открытым небом и на поверхности грунта. Вследствие этого можно предположить, что эффект осадков для детекторов установки “Нейтрон” несколько слабее из-за экранировки веществом здания.

## Заключение:

Как показали исследования, метеопараметры могут оказывать существенное влияние на концентрацию нейтронов в приземной области, вклад от:

- Давления может достигать 0.85 %/мбар.
- Температуры до 2.2 %.
- Снежного покрова до 20%.
- Осадки в виде дождя также оказывают влияние на концентрацию нейтронов, но эта зависимость имеет сложный характер и зависит от многих факторов, основными из которых являются влажность грунта и обилие осадков.

Наиболее подходящим для исследования влияния метеорологических параметров является второй детектор установки “Нейтрон”, находящийся в открытой галерее.



Спасибо за внимание!