

На правах рукописи

**Мья Сан**

**СТРУКТУРА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ  
РАДИАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

01.04.01 – техника физического эксперимента;  
физика приборов, автоматизация физических исследований.

**АВТОРЕФЕРАТ**

Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Автор:

Москва - 2007

Работа выполнена в Московском инженерно-физическом институте (государственном университете).

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,  
профессор Големинов Н.Г.  
МИФИ, г. Москва

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор Родионов Б.У.  
МИФИ, г. Москва

доктор физико-математических наук,  
Будыка А.К.  
ФХИ им. Карпова, г. Москва

Ведущая организация: Физический факультет МГУ им. М.В.  
Ломоносова.

Защита состоится « 15 » мая 2007г. В --- час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д212.130.07 в МИФИ по адресу:

115409, Москва, Каширское шоссе, д.31, телефон 323-84-98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИФИ.

Автореферат разослан «15» апреля 2007г.

Просим принять участие в работе совета или прислать отзыв в одном экземпляре, заверенный печатью организации.

Учёный секретарь диссертационного совета  
д.ф.-м.н., профессор



В. В. Дмитренко

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследований.**

Исследование структуры временных рядов представляет важную задачу по поиску закономерностей и возможных корреляционных связей между космической компонентой радиации и излучением нуклидов в объектах окружающей среды. Для решения задач радиоэкологии, нам необходимо знать факторы, влияющие на радиацию окружающей среды. Радиация естественного происхождения содержит две основные компоненты:

- Излучение нуклидов распределенных в объектах окружающей среды, которое не имеет выделенных направлений;
- Излучение, преимущественно состоящее из заряженных частиц, космического происхождения, которое направлено.

Структура радиации естественного происхождения, таким образом, содержит две компоненты, которые гипотетически независимы друг от друга. Поэтому необходимо проверить эту гипотезу. Здесь широкий простор для новых методов, поскольку никакое устройство не может регистрировать космическое излучение и излучение окружающей среды одновременно. Следовательно, нам необходимо создать устройство, которое может измерять космическое излучение, как репер, при мониторинге радиации окружающей среды.

Критерии независимости компонент можно определить, исследуя корреляционные и автокорреляционные функции временных рядов. Наиболее подходящий метод для такого анализа – Быстрое Фурье Преобразование. Для его применения необходимо в едином цикле измерений получать данные о радиации космоса и окружающей среды.

Анализ литературных данных показал, что существуют аномалии при исследовании механических, временных и приливных явлений в условиях солнечного затмения. Так же были замечены аномалии эманаций радона при астрономических и геофизических явлениях.

### **Цель диссертационной работы.**

1. Получение новых данных о структуре временных рядов радиации окружающей среды.
2. Изучение структуры временных рядов при отдельной регистрации радиации космоса и окружающей среды.
3. Создание экспериментальной установки, измеряющей космическое излучение и излучение окружающего пространства.
4. Поиск закономерностей и возможных корреляционных связей между космической компонентой радиации и излучением нуклидов в объектах окружающей среды с помощью метода Быстрого Фурье Преобразования.
5. Получение характеристик временных рядов радиации окружающей среды.
6. Исследование эффектов, влияющих на распад образца урановой руды.

### **Научная новизна и практическая значимость работы.**

- Впервые предложен метод исследования радиации окружающей среды с помощью телескопа счётчиков Гейгера-Мюллера;
- Разработана установка, позволяющая автоматизировать процесс измерения потоков данных от телескопа детекторов;
- Получены новые данные по влиянию температурного фона окружающей среды на радиацию окружающего пространства;
- Впервые исследованы приливные явления в образце урановой руды, которые дополняют общую картину физических явлений, происходящих в момент затмения солнца.

## **Положения диссертации, выносимые на защиту.**

На защиту автором выносятся:

1. Разработанный метод исследования радиации окружающей среды с помощью телескопа детекторов.
2. Созданную установку с автоматизацией процесса измерений.
3. Результаты экспериментальных исследований радиации окружающей среды, осуществлённые за четыре года практически непрерывных измерений.
4. Исследования приливных явлений в образце урановой руды.

## **Апробация работы**

Результаты работы по диссертационной теме докладывались и осуждались на следующих конференциях: Научная сессия МИФИ 2005, научная сессия МИФИ 2006 и научная сессия МИФИ 2007.

## **Публикации**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в журналах Ядерные измерительно-информационные технологии (ЯИИТ) и в трудах конференции МИФИ.

## **Структура и объём диссертации**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, 5 приложений. Содержит 45 рисунков и 4 таблицы, библиографию 105 наименований. Полный объём 110 страниц.

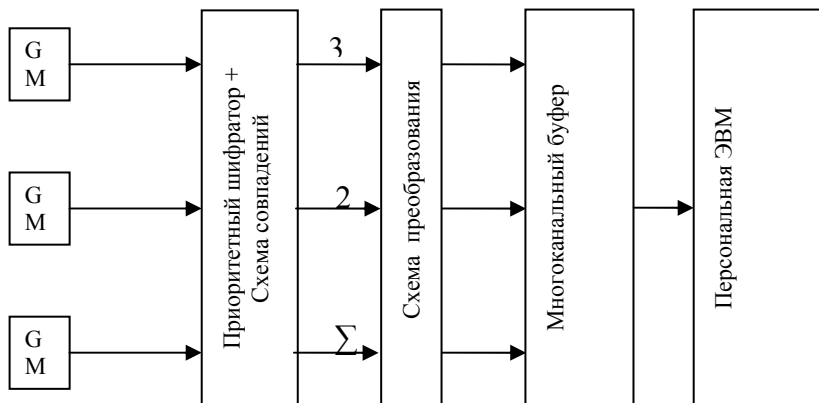
## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели, выносимые на защиту результаты, отмечены практическое значение и новизна полученных результатов.

Глава I посвящена аспектам исследования радиации окружающей среды. Давно замечено, что эмиссия радона почвой или водой подвержена влиянию различных геофизических факторов. Среди них землетрясения, вращение Земли вокруг своей оси, приливные эффекты. Эти вариации имеют общую природу - увеличение эманулирующей способности среды и, как следствие, возрастание концентрации радона. Наиболее интересным является приливный эффект, отмеченный рядом исследователей. Это свойство трактуется как поведение массы радона подобное поведению жидкости. Для исследования структуры излучения окружающей среды Земли учёные и исследователи повсеместно делали многочисленные эксперименты непрерывных измерений концентрации радона. Замечали также, что астрономические явления влияют на природу активности окружающей среды.

Глава II посвящена установке для раздельного исследования направленной и ненаправленной компонент радиации. Для исследования направленной и ненаправленной компонент радиации в то же самое время, нам нужно устройство, которое может обнаруживать эти излучения, и способно отличить направленное излучение от ненаправленного излучения. Для решения этой задачи мной было предложено использовать телескоп детекторов (счётчик Гейгера-Мюллера) СИ22Г с электроникой, способной разделить эти компоненты.

Счётчики Гейгера-Мюллера имеют эффективность регистрации различную для гамма-квантов (0,1%) и заряженных частиц (100%) , которые в основном составляют направленную компоненту. Рассчитанное значение телесного угла телескопа для тройных совпадений равно 0,738стр. Структурная схема установки, которую я разработал, представлена на рисунке.1.



**Рис.1 Структурная схема установки.**

**GM** - счётчик Гейгера-Мюллера.

**3** – канал тройных совпадений;

**2** – канал двойных совпадений;

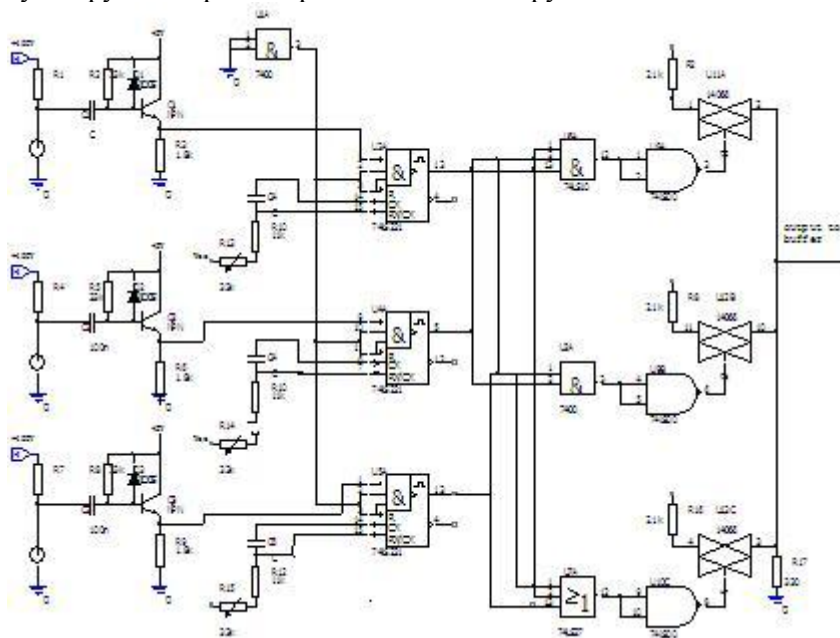
**Σ** - суммарный канал.

Срабатывания счётчиков Гейгера-Мюллера приводят к возникновению как независимых друг от друга импульсов, так и совпадающих во времени. Независимые срабатывания счётчиков и совпадающие сигналы поступают на схему совпадений и приоритетный шифратор, который распределяет их по каналам, условно названным суммарным, двойных и тройных совпадений. Эти импульсы характеризуются стандартом транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ).

В соответствие со структурной схемой установки регистрирующим устройством является амплитудный анализатор, поэтому требуется преобразовать в аналоговую форму импульсы стандарта ТТЛ, различающиеся амплитудой в соответствии с каналом их возникновения. Было принято следующее:

- Импульсы по суммарному каналу – малая амплитуда сигнала;
- импульсы по каналу двойных совпадений – средняя амплитуда сигнала;
- импульсы по каналу тройных совпадений – максимальная амплитуда.

Схема преобразования выполнена на токовых ключах с суммирующим резистором в качестве нагрузки.



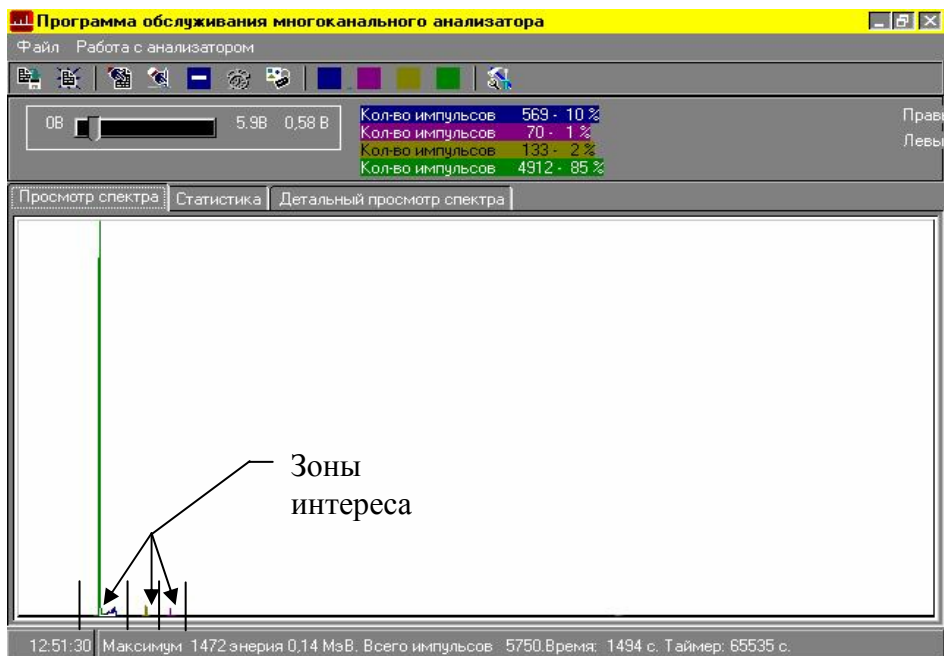
**Рис.2.Принципиальная схема преобразователя**

Применение амплитудного анализатора в качестве регистратора данных от телескопа детекторов

Амплитудный анализатор {многоканальный буфер (МБ) + персональный компьютер (PC)} принимает по входу сигналы от схемы преобразования, формируя спектр, который даёт данные о структуре излучения.

Вид экрана амплитудного анализатора представлен на рис.3. На этом рисунке видны данные измерений направленной и ненаправленной компонент радиации. Зоны интереса легко выделяют различные компоненты и дают информацию о потоках данных от телескопа.





**Рис.3. Вид экрана амплитудного анализатора.**

Глава III посвящена программному комплексу для получения и обработки данных. В соответствие с общими теоретическими положениями была разработана программа обработки данных с целью определения, как корреляционных функций, так и статистических особенностей распределений.

### Корреляция и автокорреляция, использовавшая FFT

$$\text{Corr}(g, h) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau + t)h(\tau) d\tau \quad (1)$$

В уравнении (1), определена корреляция между двумя непрерывными функциями  $g(t)$  и  $h(t)$ , которая обозначена  $\text{Corr}(g, h)$ , и она является функцией лага  $t$ . Мы покажем этот факт довольно неудобным обозначением с явной зависимостью от времени  $\text{Corr}(g, h)(t)$ . Корреляция будет значительной при

некоторых значениях  $t$ , если функция  $(g)$  линейная комбинация функции  $(h)$  со сдвигом во времени на величину  $t$ , то есть, если первая сдвинута вправо относительно второй. Подобно этому, корреляция будет значительна и для отрицательных величин  $t$  если первая функция предшествует второй, то есть, сдвинута влево относительно  $(h)$ . Соответственно соотношение между этими значениями при перестановке функций выглядит так

$$\text{Corr}(g, h)(t) = \text{Corr}(h, g)(-t) \quad (2)$$

Если функции представлены дискретно  $g_k$  и  $h_k$ , каждая с периодом  $N$ , то корреляция определяется следующим образом

$$\text{Corr}(g, h)_j \equiv \sum_{k=0}^{N-1} g_{j+k} h_k \quad (3)$$

Теорема о дискретной корреляционной функции говорит о том, что дискретная корреляция двух действительных функций  $g$  и  $h$  представляет собой элемент дискретного Фурье преобразования

$$\text{Corr}(g, h)_j \iff G_k H_k^* \quad (4)$$

где  $G_k$  и  $H_k$  есть дискретное Фурье преобразования  $g_j$  и  $h_j$ , и звёздочка обозначает комплексное сопряжение. Эта теорема использует тоже предположения о функциях, как и для свёртки.

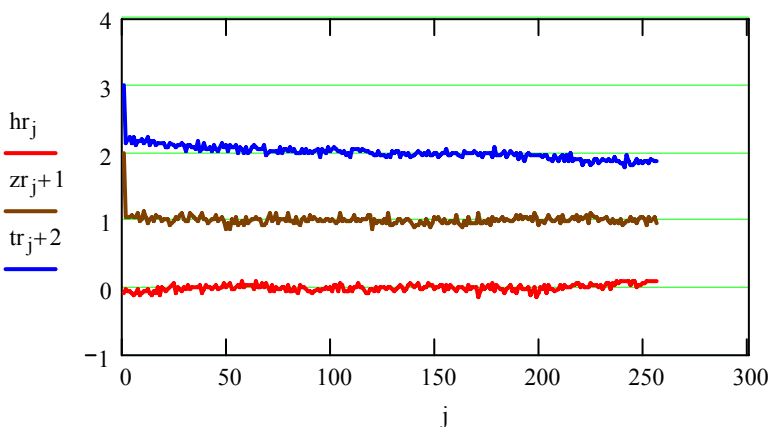
Мы можем рассчитать корреляцию, используя БФП(FFT) следующим образом: делаем БФП двух множеств данных, умножаем одно комплексное сопряжение второго, и делаем обратное ВФП, полученного произведения. Формально, результат (назовём его  $r_k$ ) будет комплексным вектором длины  $N$ . Однако, это устраняется, если положить все мнимые части равными нулю, так как исходное множество данных в обоих случаях было действительным. Компоненты  $r_k$  являются значениями корреляции при различных лагах, запомненных при положительных и отрицательных лагах в соответствии с хорошо известным правилом; корреляция при нулевом лаге - в  $r_0$ - первый элемент вектора, при лаге 1 во втором компоненте  $r_1$ , корреляция при лаге -1 в  $N-1$  компоненте вектора.

Программа обработки была написана в математическом пакете MATHCAD. Представление данных расчётов на графиках

даёт исчерпывающую информацию о спектре частот процессов, корреляционных и автокорреляционных функциях, асимметрии распределения данных, а также проверяет гипотезу о нормальном распределении.

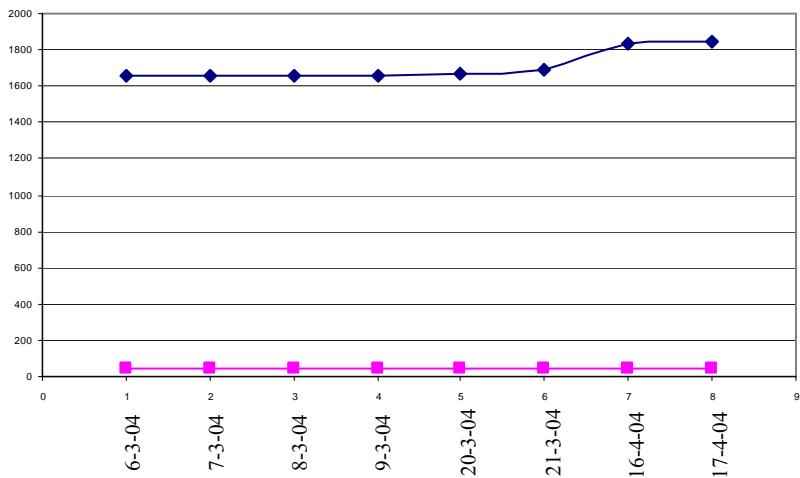
В главе IV представлены результаты измерений компонент радиации окружающей среды и обсуждения этих результатов.

Данные измерений показывают, что космическая компонента, в основном мю-мезоны, имеет высокую стабильность потока с незначительным трендом, который составляет 1 импульс на 1000 измерений. Этот временной ряд может быть принят, как опорный ряд для анализа данных ещё потому, что его автокорреляционная функция соответствует ординарному случайному процессу Пуассона.



**Рис. 4. граф функций корреляции  $hr$  и автокорреляции  $zr, hr$**

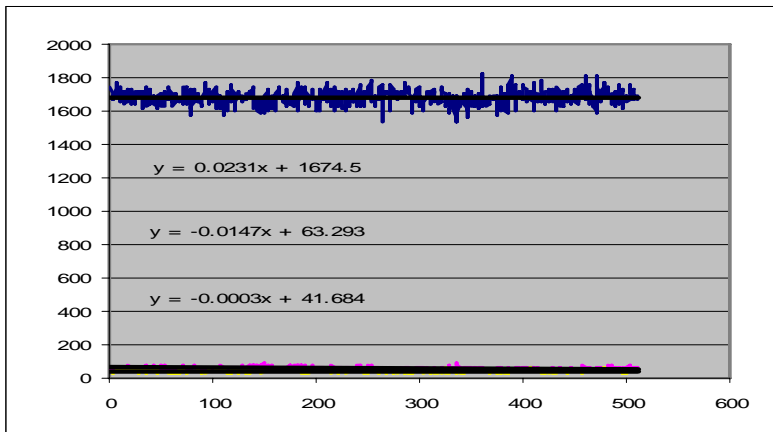
В отличие от космической компоненты окружающая среда чувствительна к температурному режиму и наблюдается рост числа отчётов при переходе от отрицательных температур к положительным при смене сезонов.



**Рис.5. Средние значения двух компонент радиации за 8 циклов измерений при вертикальной ориентации телескопа. (6-3-04 - 6 марта 2004года и т.д.)**

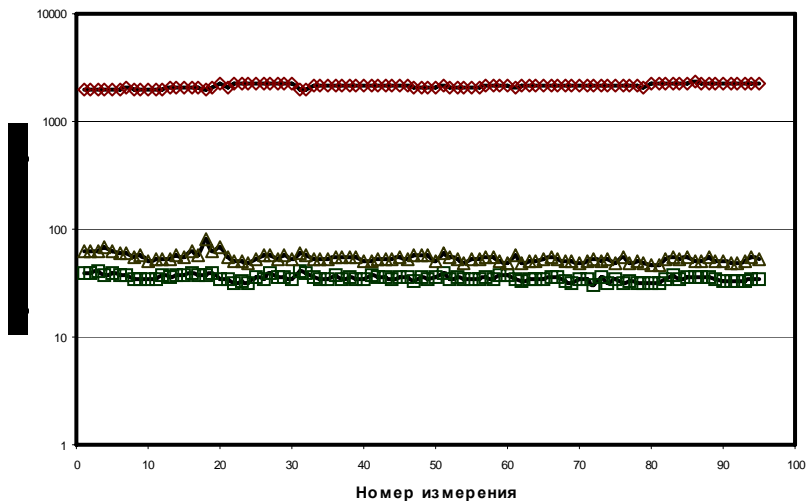
Этот факт можно связывать с изменениями в структуре почвы и конструкций, что приводит к дополнительному выходу радона и продуктов его распада в атмосферу. Эта особенность увеличивая дозовую нагрузку от естественной радиации.

В суточном цикле температуры часто меняются и возникает суточный ход счёта телескопа от естественной радиации.



**Рис.6. суточный ход счёта телескопа от естественной радиации**

На рис.7 показаны средние значения счёта за сутки по трём каналам телескопа в точке измерения в интервале времени 6.11.2004-8.02.05.



**Рис.7. Суточные средние значения счёта телескопа детекторов за четыре месяца.**

Практически важным результатом является наблюдение изменения радиоактивности окружающего пространства, которое, как отмечалось ранее связано с изменением структуры почвы при смене сезонов (**рис(5)**).

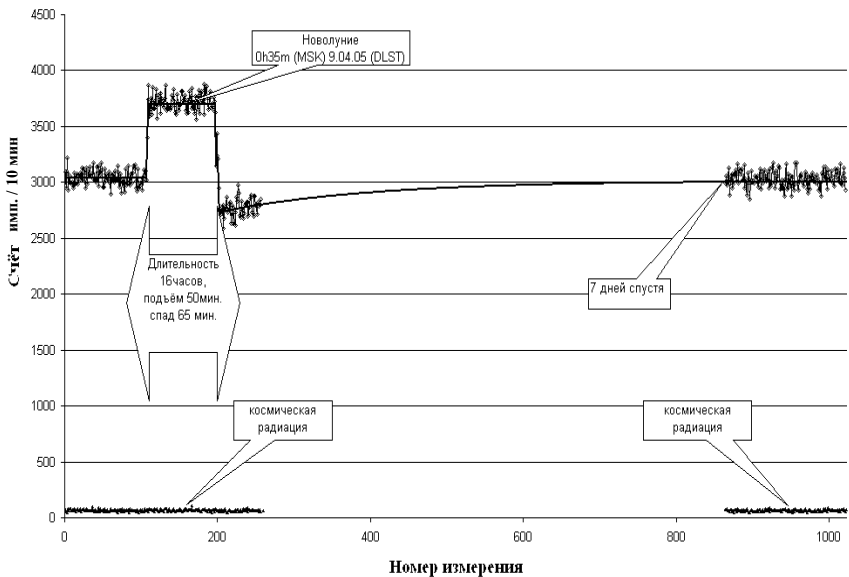
В главе V рассматривается структура временных рядов радиации окружающей среды. Так как получены данные долгосрочных измерений, мы можем судить о структуре временных рядов радиации окружающей среды. Были замечены суточные и сезонные вариации радиации окружающей среды, в литературе упоминаются влияние геофизических, временных и приливных явлений. Это означает, что во временных рядах присутствуют структуры данных, которые возникают под действием разных факторов. Поэтому было интересно исследовать связи между явлением распада и астрономическим явлением – затмением Солнца. Сначала для подтверждения гипотезы связи между ядерным распадом и Новолунием, мы делали эксперименты с источником урановой руды, каждый месяц в течение Новолуния с помощью телескопа счётчиков Гейгера-Мюллера, который регистрирует гамма - фон окружающего пространства и преобразованное в атмосфере космическое излучение в качестве репера. В данном эксперименте регистрация реперного излучения важна ещё потому, что оно не связано с радиоактивным распадом и не может быть подвержено действию каких либо факторов, возбуждаемых астрономическим явлением. К преимуществам метода можно отнести возможность получения данных в виде временных рядов, в которых каждый член ряда имеет малую статистическую погрешность.

Линии тренда для измерений с образцом урановой руды показывают высокую стабильность установки. За 137 отсчётов (сутки), при среднем 5291 импульс по каналу суммарного счёта, изменения среднего значения составляют 4 импульса, что в 18 раз меньше среднеквадратического отклонения. Космическая компонента при отсутствии вариаций ГКЛ и СКЛ даёт в десять раз более стабильные данные. Результаты длительных измерений (за четыре месяца) модулируются внешним температурным фоном, тем не менее, дрейф среднего значения не выходит за пределы среднеквадратического отклонения (в два раза меньше).

Выше было отмечено, что исследование приливных эффектов проводилось с помощью данной установки, регистрируя излучение образца урановой руды в новолуния, особенное внимание, уделяя тем, в которые происходит затмение (их в 2005-2006 годах было три). Измерения начинались за сутки до затмения Солнца. Это минимизировало влияние на измерения прилива в массе радона, возраст которого – 2 дня. Так как фоновая компонента в наших экспериментах, имеющая аналогичную физическую природу, что и излучение образца урановой руды, не изменяется в моменты новолуний и полнолуний, можно полагать все вариации при измерениях образца суть изменения его состояния как источника излучения.

В 2005 году 8-9апреля в течение 5 часов тень Луны скользила по поверхности Земли, причём полное затмение Солнца наблюдалось в западном полушарии. Аналогичные явления были в октябре того же года и в марте 2006 г, примерно той же длительности. Ниже на рис.9 представлен график изменения счёта телескопа по суммарному каналу (вычтено среднее значение счёта от окружающей среды) и счёта тройных совпадений за 46 часов непрерывных измерений (начальная часть графика). На этом участке имеет место аномальное поведение счёта по суммарному каналу, причём особенность графика центрирована моментом новолуния. Нарастание и спад соответствуют установлению равновесного состояния между радоном и его дочерними продуктами. Особенность графика – изменение активности дочерних продуктов распада радона и "выгорание" примерно 2% радона видна на графике. Там же представлена космическая компонента, счёт по каналу которой не изменяет своих значений в процессе измерений.

Последующее восстановление, практически, происходит в течение трёх периодов полураспада радона до исходного состояния образца урановой руды, что соответствует времени установления равновесия между радием и радоном в ряде распада урана. Рассчитанная кривая хорошо аппроксимирует как начальный участок, так и последующее состояние временного ряда. В интервале от 256 измерения до 865 проводились исследования излучения окружающей среды, которые не дают картины восстановления, как в случае с образцом урановой руды.

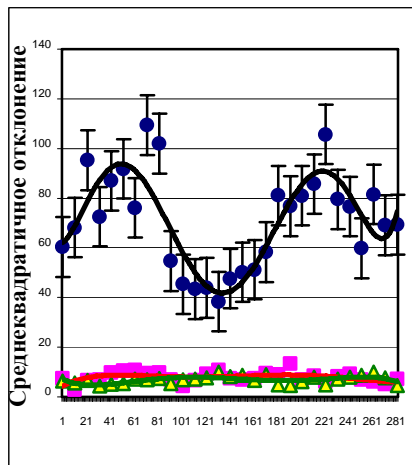
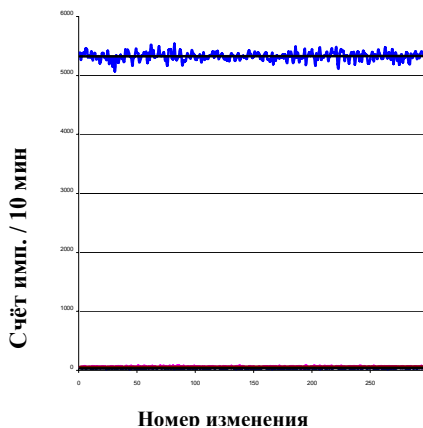


**Рис.9. Зависимость числа отсчётов от номера измерения, особенность на графике центрирована новолунием.**

Из всех гипотез единственной непротиворечивой является гипотеза об увеличении активности радона под действием неизвестного фактора, чьё поведение подобно жидкости и реагирует на астрономическое явление, каким является новолуние. Однако, этот эффект уникальный среди наблюдаемых явлений при измерениях радиоактивности в новолуние. Наиболее часто отмечается уменьшение среднеквадратического значения в два-три раза в течение интервала времени 16-20 часов без изменения среднего значения. Сам процесс становится более детерминированным, чего не наблюдается при регистрации космической компоненты.

На следующих рисунках показаны данные, полученные 28-29 марта 2006-го года (Новолуние и полное затмение солнца). На графике видно, что счёт изменяет периодически и на графике среднеквадратического значения.





**рис(10) На графике показаны данные от телескопа в 28-29 марта 2006-го года (Новолуние и полное затмение солнца) и их среднеквадратичские значения. Непрерывная линия - линия тренда построенная методом наименьших квадратов.**

Эти исследования могут иметь очень важное значение для судьбы ядерной энергетики, в случае, если подобным эффектам подвержены и другие члены в ряде распада урана. Сечение этих эффектов мало, но возможные последствия их могут быть значительны.

Таким образом, структура временных рядов содержит климатический, геофизический и астрофизический компоненты. С помощью установки – телескопа детекторов возможны исследования двух из них: климатических и астрономических явлениях.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ**

В результате выполнения работы были получены новые научные и практические данные:

- Впервые предложен метод исследования радиации окружающей среды с помощью телескопа счётчиков Гейгера-Мюллера;
- Разработана установка, позволяющая автоматизировать процесс измерения потоков данных от телескопа детекторов;
- Выполнены 148000 измерений с временным разрешением 10 минут;
- Получены новые данные по влиянию температурного фона окружающей среды на радиацию окружающего пространства;
- Впервые исследованы приливные явления в образце урановой руды, которые дополняют общую картину явлений происходящих в момент затмения солнца.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Големинов Н.Г., Мья Сан. Использование амплитудного анализатора в качестве многоканального счётчика импульсов стандарта ТТЛ. *Ядерные измерительно-информационные технологии. № 3(11) 2004.*
2. Големинов Н.Г., Мья Сан. Суточные и сезонные вариации радиации окружающей среды. *Научная сессия МИФИ-2005.*
3. Големинов Н.Г., Мья Сан. Применение телескопа детекторов для контроля радиации окружающей среды. *Научная сессия МИФИ-2005.*
4. Големинов Н.Г., Мья Сан. Приливные явления в ряде распада урана и их возможности. *Научная сессия МИФИ-2006.*
5. Големинов Н.Г., Мья Сан. Приливные явления в ряде распада урана. *Ядерные измерительно-информационные технологии. № 1(21) 2007.*
6. Мья Сан. Структура временных рядов радиации окружающей среды. *Научная сессия МИФИ-2007.*