

Министерство науки и высшего образования РФ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)  
Кафедра конструирования узлов и деталей РЭА (КУДР)

## **Исследование биоритмов и короткопериодических вариаций активности Солнца с помощью датчиков радиоактивности**

Методические указания к лабораторному занятию по дисциплине  
«Биомедицинские приборы и датчики»

для магистратуры направления подготовки 11.04.04 Электроника и нано-  
электроника

Разработчик:  
профессор каф. КУДР  
\_\_\_\_\_Еханин С.Г.

2019

## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Связь солнечной активности и атмосферного гамма-излучения .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Суть метода исследования солнечной активности .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Принцип работы датчика.....</b>	<b>7</b>
<b>3 Лабораторные исследования .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Спектральный анализ временных рядов экспериментальных данных .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Описание экспериментальной установки.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.1 Технические данные: .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2 Включение и отключение прибора.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3 Режим измерения мощности дозы гамма-излучения.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.4 Режим усредненного измерения имп/с .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.5 Системное меню.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Порядок выполнения лабораторных исследований.....</b>	<b>20</b>
.....	<b>22</b>
<b>4 Контрольные вопросы</b>	
<b>5 Список используемой и рекомендованной литературы .....</b>	<b>23</b>

## Введение

Биологические ритмы (биоритмы) (от греческого βίος — *bios*, «жизнь» и *rhythmos*, «любое повторяющееся движение, ритм») — периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений. Биоритмы свойственны живой материи на всех уровнях её организации — от молекулярных и субклеточных до биосферы и являются фундаментальным процессом в живой природе. Одни биологические ритмы относительно самостоятельны (например, частота сокращений сердца, дыхания), другие связаны с приспособлением организмов к геофизическим циклам — суточным (например, колебания интенсивности деления клеток, обмена веществ, двигательной активности животных), приливным (например, открытие и закрытие раковин у морских моллюсков, связанные с уровнем морских приливов), годовичным (изменение численности и активности животных, роста и развития растений и др.)

Наука, изучающая роль фактора времени в осуществлении биологических явлений и в поведении живых систем, временную организацию биологических систем, природу, условия возникновения и значение биоритмов для организмов называется — биоритмология. Биоритмология является одним из направлений, сформировавшегося в 1960-е гг. раздела биологии — хронобиологии. На стыке биоритмологии и клинической медицины находится хрономедицина, изучающая взаимосвязи биоритмов с течением различных заболеваний, разрабатывающая схемы лечения и профилактики болезней с учетом биоритмов и исследующая другие медицинские аспекты биоритмов и их нарушений.

Биоритмы подразделяются на физиологические и экологические. Физиологические ритмы, как правило, имеют периоды от долей секунды до нескольких минут. Это, например, ритмы давления, биения сердца и артериального давления. Экологические ритмы по длительности совпадают с каким-либо естественным ритмом окружающей среды.

Биологические ритмы описаны на всех уровнях, начиная от простейших биологических реакций в клетке и заканчивая сложными поведенческими реак-

циями. Таким образом, живой организм является совокупностью многочисленных ритмов с разными характеристиками.

Адаптация организмов к окружающей среде в процессе эволюционного развития шла в направлении как совершенствования их структурной организации, так и согласования во времени и пространстве деятельности различных функциональных систем. Исключительная стабильность периодичности изменения освещенности, температуры, влажности, геомагнитного поля и других параметров окружающей среды, обусловленных движением Земли и Луны вокруг Солнца, позволила живым системам в процессе эволюции выработать стабильные и устойчивые к внешним воздействиям временные программы, проявлением которых служат биоритмы. Такие ритмы, обозначаемые иногда как *экологические*, или адаптивные (например, суточные, приливные, лунные и годовые), закреплены в генетической структуре. В искусственных условиях, когда организм лишен информации о внешних природных изменениях (например, при непрерывном освещении или темноте, в помещении с поддерживаемыми на одном уровне влажностью, давлением и т. п.) периоды таких ритмов отклоняются от периодов соответствующих ритмов окружающей среды, проявляя тем самым свой собственный период.

Наиболее сильное влияние на живые организмы оказывает Солнце. Циклические колебания солнечного излучения отражаются на жизнедеятельности всех земных организмов. Так, установлено влияние изменений солнечной активности на рост годовых слоев деревьев и урожайность зерновых, размножение и миграцию насекомых, рыб и др. животных, на возникновение и обострение ряда заболеваний у человека и животных. Крупные исследования по гелиобиологии, выполнены советскими учёными. А. Л. Чижевский установил связь возникновения эпидемий и эпизоотий, обострений нервных и психических заболеваний и ряда др. биологических явлений с изменениями солнечной активности. Врач С. Т. Вельховер показал изменения окрашиваемости и болезнетворности некоторых микроорганизмов при солнечных вспышках. Энтомолог Н. С. Щербиновский наблюдал, что периодичность налётов саранчи соответст-

вует ритму Солнца (т. е. повторяется каждые 11 лет). Гематолог Н. А. Шульц установил влияние перепадов активности Солнца на число лейкоцитов в крови человека и относительный лимфоцитоз. Итальянский физико-химик Дж. Пиккарди обнаружил влияние различных физических факторов, и в частности изменений активности Солнца, на состояние коллоидных растворов. Японский гематолог М. Таката разработал пробу на осаждение белков крови, чувствительную к изменениям активности Солнца. Врач М. Фор (Франция) и др. показали, что учащение внезапных смертей и обострений хронических заболеваний связано с повышением солнечной активности; Фор организовал первую в мире «медицинскую службу Солнца».

Прогнозы резких колебаний солнечной активности (в частности, хромосферных вспышек) необходимо учитывать не только в космической биологии и медицине, но и в практике здравоохранения, в сельском хозяйстве и др. отраслях науки и народного хозяйства.

## **1 Связь солнечной активности и атмосферного гамма-излучения**

В течение ряда лет (с 1972 по 1979г.г.) научная группа Московского инженерно-физического института (МИФИ) под руководством В. Г. Кириллова-Угрюмова проводила измерения потоков  $\gamma$ -излучения в атмосфере на высотных аэростатах [1]. Аэростаты запускались в разных географических точках на разные высоты, и измерения осуществлялись с помощью различных приборов, в том числе и регистрирующих поток  $\gamma$ -излучения.

Интервал энергий исследуемых  $\gamma$ -квантов составлял от десятков до сотен МэВ [1]. Такие  $\gamma$ -кванты образуются под действием бомбардирующих атмосферу космических лучей. Вторичное атмосферное  $\gamma$ -излучение составляет основную часть регистрируемого потока  $\gamma$ -квантов на всех высотах вплоть до максимальной высоты дрейфа аэростата, которая в этих измерениях составляла 30—40 км, что эквивалентно толщине  $10\text{—}4 \text{ г/см}^2$  остаточной атмосферы.

Если же проследить поток  $\gamma$ -квантов на какой-нибудь одной высоте, то оказывается, что он не постоянен, а испытывает значительные вариации около среднего значения (превышающие статистические погрешности) за время, около получаса. Амплитуда вариаций составляла 10—20% от средних показаний прибора. Оказалось, что они наблюдаются в интервалах периодов  $T_k = 12—15, 23—25, 30—33$  мин и особенно часто и отчетливо — с периодами  $T_k = 5$  мин [2]. Как показано в [1, 2], эти колебания связаны с какими-то процессами на Солнце.

Действительно, в последние годы на Солнце обнаружен ряд периодических процессов; флуктуации яркости оптического излучения, радиальные колебания солнечной поверхности [3], вариации радиоизлучения [4] и т. д. Интересно, что период этих процессов соответствует тому же интервалу частот, в котором наблюдались вариации потока атмосферного  $\gamma$ -излучения. Сравнение частотных спектров многих из указанных процессов с аналогичными спектрами короткопериодических вариаций потока  $\gamma$ -квантов приводит к заключению, что с большой вероятностью существует связь «Солнце — атмосферные  $\gamma$ -кванты».

Изменение потока  $\gamma$ -квантов с пятиминутными периодами в [1] объяснено колебанием толщины слоя атмосферы. Силы, управляющие вертикальными колебаниями воздушных масс, принято называть термобарическими. Они есть не что иное, как проявление сил тяготения. Причина, вызывающая волны плавучести, это резкое прерывание солнечного излучения, в результате которого нарушается тепловой баланс в верхних слоях атмосферы. Таким образом флуктуации интенсивности атмосферных  $\gamma$ -квантов связаны с изменением солнечной активности. Кроме того, переносчиком колебаний активности Солнца может выступать солнечный ветер.

Обнаружение короткопериодических пульсаций потока атмосферного гамма-излучения, несомненно, представляет научный и практический интерес для выявления солнечно-земных связей.

## 2 Суть метода исследования солнечной активности

Метод основан на регистрации интенсивности атмосферных гамма – квантов, возникающих при взаимодействии первичного космического излучения с атмосферой Земли. Кроме того, изменение интенсивности гамма – квантов связано с термобарическими процессами в верхних слоях атмосферы, вызванными солнечной активностью. Солнечная активность вызывает увеличение эффективной высоты атмосферы, что приводит к увеличению потока вторичных гамма – квантов. Основой прибора являются датчики  $\gamma$ -квантов. В качестве датчиков применены газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера [5].

### 2.1 Принцип работы датчика

На рис. 1 представлена конструкция и схема подключения счетчика Гейгера-Мюллера. Цилиндрический счётчик Гейгера — Мюллера состоит из металлической трубки или металлизированной изнутри стеклянной трубки и тонкой металлической нити, натянутой по оси цилиндра. Нить служит анодом, трубка — катодом. Трубка заполняется разреженным газом, в большинстве случаев используют благородные газы — аргон и неон. Между катодом и анодом создается напряжение от сотен до тысяч вольт в зависимости от геометрических размеров, материала электродов и газовой среды внутри счётчика. В большинстве случаев широко распространённые отечественные счётчики Гейгера, требуют напряжения 400 В.

Работа счётчика основана на ударной ионизации. Гамма-кванты, испускаемые радиоактивным изотопом, попадая на стенки счётчика, выбивают из него электроны. Электроны, двигаясь в газе и сталкиваясь с атомами газа, выбивают из атомов электроны и создают положительные ионы и свободные электроны.



Рис. 1 – Схема подключения счетчика Гейгера-Мюллера

Электрическое поле между катодом и анодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, приводящая к размножению первичных носителей. При достаточно большой напряжённости поля энергии этих ионов становится достаточной, чтобы породить вторичные лавины, способные поддерживать самостоятельный разряд, в результате чего ток через счётчик резко возрастает. При этом на сопротивлении  $R$  образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство. Чтобы счётчик смог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд нужно погасить. Это происходит автоматически. В момент появления импульса тока на сопротивлении  $R$  возникает большое падение напряжения, поэтому напряжение между анодом и катодом резко уменьшается — настолько, что разряд прекращается, и счётчик снова готов к работе. Для ускорения гашения могут использоваться специальные схемы, принудительно снижающие напряжение на счётчике, что позволяет также уменьшить анодное сопротивление и увеличить уровень сигнала. Однако чаще в газовую смесь в счётчике добавляют немного галогена (брома или йода) или органического соединения с относительно большой молекулярной массой (обычно какого-либо спирта) — эти молекулы взаимодействуют с положительными ионами, давая в результате ионы с большей массой и меньшей подвижно-

стью. Кроме того, они интенсивно поглощают ультрафиолетовое излучение разряда — эти два фактора приводят к быстрому и самопроизвольному гашению разряда даже с небольшим анодным сопротивлением. Такие счётчики называются самогасящимися. Счётная характеристика (зависимость скорости счёта от напряжения на счётчике) имеет хорошо выраженное плато, в пределах которого скорость счёта очень слабо зависит от напряжения на счётчике. Протяжённость такого плато достигает для низковольтных счётчиков 80—100 В, а для высоковольтных — нескольких сотен вольт.

Длительность сигнала со счётчика Гейгера сравнительно велика ( $\approx 10^{-4}$  с). Именно такое время требуется, чтобы медленные положительные ионы, заполнившие пространство вблизи нити-анода после пролёта частицы и прохождения электронной лавины, ушли к катоду и восстановилась чувствительность детектора.

Важной характеристикой счётчика является его эффективность. Не все  $\gamma$ -фотоны, попавшие на счётчик, дадут вторичные электроны и будут зарегистрированы, так как акты взаимодействия  $\gamma$ -лучей с веществом сравнительно редки, и часть вторичных электронов поглощается в стенках прибора, не достигнув газового объёма.

Эффективность регистрации частиц счётчиком Гейгера различна в зависимости от их природы. Заряженные частицы (например, альфа- и бета-лучи) вызывают разряд в счётчике почти всегда, однако часть их теряется в материале стенок счётчика. Особенно это актуально для альфа-частиц и мягкого бета-излучения. Для их регистрации в счётчике делают тонкое (2—7 мкм для регистрации альфа-излучения и 10—15 мкм для мягкого бета-излучения) окно из слюды, алюминиевой или бериллиевой фольги или полимерной плёнки. Эффективность счётчика для рентгеновского и гамма-излучения зависит от толщины стенок счётчика, их материала и энергии излучения. Так как  $\gamma$ -излучение слабо взаимодействует с веществом, то обычно эффективность  $\gamma$ -счётчиков мала и составляет всего 1—2 %. Наибольшей эффективностью обладают счётчики, стенки которых сделаны из материала с большим атомным номером  $Z$ , так

как при этом увеличивается образование вторичных электронов. Кроме того, стенки счётчика должны быть достаточно толстыми. Толщина стенки счётчика выбирается из условия её равенства длине свободного пробега вторичных электронов в материале стенки. При большой толщине стенки вторичные электроны не пройдут в рабочий объём счётчика, и возникновения импульса тока не произойдёт. Это приводит к характерной зависимости скорости счёта от энергии гамма-кванта (так называемый «ход с жёсткостью») с явно выраженным максимумом, который у большинства счётчиков Гейгера расположен в области мягкого гамма-излучения. При использовании счётчиков Гейгера в дозиметрической аппаратуре «ход с жёсткостью» частично исправляют с помощью дополнительного экрана (например, стального или свинцового), который поглощает мягкое гамма-излучение вблизи максимума чувствительности и вместе с тем несколько повышает эффективность регистрации жёстких гамма-квантов из-за генерации вторичных электронов и комптоновского излучения в материале экрана. В результате этого зависимость скорости счёта от мощности дозы в значительной степени выравнивается. Этот экран часто делают съёмным для возможности отдельного определения бета- и гамма-излучения. Напротив, для регистрации рентгеновского излучения применяют счётчики с тонким окном, наподобие используемого в детекторах для альфа- и мягкого бета-излучения.

Нейтроны напрямую газоразрядными счётчиками не детектируются. Помимо низкой и сильно зависящей от энергии эффективности, недостатком счётчика Гейгера — Мюллера является то, что он не даёт возможность идентифицировать частицы и определять их энергию. Эти недостатки отсутствуют в сцинтилляционных счётчиках [6].

При измерении слабых потоков ионизирующего излучения счётчиком Гейгера необходимо учитывать его собственный фон. Даже в толстой свинцовой защите скорость счёта никогда не становится равной нулю. Одной из причин этой спонтанной активности счётчика является жёсткая компонента космического излучения, проникающая без существенного ослабления даже через десятки сантиметров свинца и состоящая в основном из мюонов. Через каждый

квадратный сантиметр у поверхности Земли пролетает в среднем около 1 мюона в минуту, при этом эффективность регистрации их счётчиком Гейгера практически равна 100 %. Другой источник фона — это радиоактивное «загрязнение» материалов самого счётчика. Кроме того, значительный вклад в собственный фон даёт спонтанная эмиссия.

### 3 Лабораторные исследования

В СКБ «Сталкер» ТУСУР были проведены эксперименты по регистрации изменения потока атмосферных  $\gamma$ -квантов в лабораторных условиях на поверхности Земли. Оценка статистических ошибок результатов измерений показала, что вариации интенсивности  $\gamma$ -излучения значительно превышали погрешности измерений, см. рис. 2. Как видно из рисунка, временная зависимость интенсивности потока имеет сложный характер и определяется суммой многих гармонических составляющих.

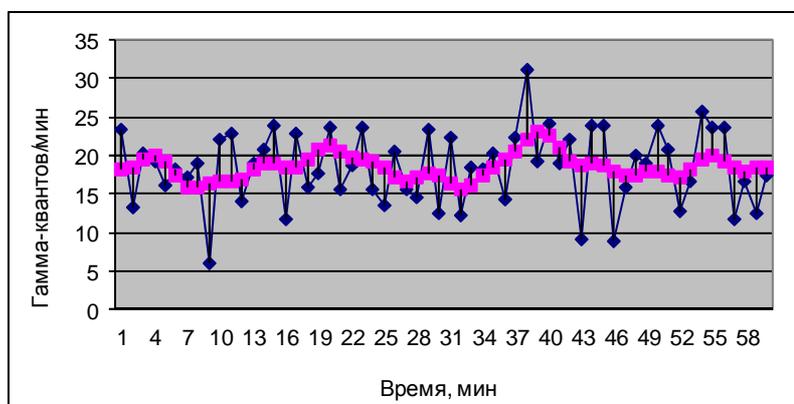


Рис. 2 – Зависимость интенсивности потока атмосферных гамма-квантов от времени (черная кривая) и полиномиальный тренд шестой степени этой зависимости (цветная кривая)

Поскольку результаты эксперимента представляют показания интенсивности потока гамма-квантов, измеренные через определенный промежуток времени, т. е. по сути дела дискретный временной ряд, то целесообразно рассмотреть теоретически спектральный анализ таких рядов.

### 3.1 Спектральный анализ временных рядов экспериментальных данных

Определим дискретный временной ряд как последовательность измерений значений переменной (процесса) за определенный период через одинаковые промежутки времени [7]:

$$Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_t, \dots, Z_n. \quad (1)$$

Последовательные наблюдения в (1) обычно зависимы. С детерминистской точки зрения (1) можно представить в виде:

$$Z_t = f(t) + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где  $t = 1, 2, \dots, n$ ;

$f$  — гладкая (непрерывная и дифференцируемая) функция, характеризующая долгосрочное движение в зависимости от времени — тренд;

$\varepsilon_t$  — случайный ряд возмущений, наложенный на систематическую часть.

Один из подходов к анализу временных рядов — это спектральный анализ в частотной области.

Спектральный анализ - это разновидность обработки данных, связанная с преобразованием их частотного представления или спектра. Спектр получается в результате разложения исходной функции, зависящей от времени (временной ряд) или пространственных координат, в базис некоторой периодической функции.

Наиболее часто для спектральной обработки используется преобразование Фурье. Основным смыслом преобразования Фурье в том, что исходная непериодическая функция произвольной формы, которую невозможно описать аналитически и в общем случае трудная для обработки и анализа, представляется в виде совокупности синусов и косинусов с различной частотой и амплитудой. Иными словами, сложная функция преобразуется в множество более простых. Каждая периодическая составляющая с определенной частотой и амплитудой, полученная в результате преобразования Фурье, называется спектральной составляющей или гармоникой. Спектральные составляющие образуют спектр Фурье [7].

$$Z_t = a_0 + \sum_{j=1}^k (a_j \cos jt + b_j \sin jt), \quad (3)$$

где  $a_0$  – постоянная составляющая,  $j$  – номер гармоники, коэффициенты  $a_j$  и  $b_j$  находятся с помощью метода наименьших квадратов (МНК), в результате применения которого, получим:

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t, \quad a_j = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \cos jt, \quad b_j = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \sin jt. \quad (4)$$

Таким образом одним из методов анализа временных рядов является спектральный анализ Фурье.

Разложение на ряды Фурье используется для сглаживания графика, чтобы проследить поведение временного ряда. С помощью анализа Фурье возможно разложение первоначального ряда измерений зависимости интенсивности потока гамма-квантов от времени на гармонические составляющие. Наличие или отсутствие гармоник свидетельствует о наличии циклического влияния солнечной активности или его отсутствии.

Амплитуда и фаза гармонических составляющих определяется:

$$M_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2} \quad (5)$$

$$\varphi_j = -\arctg\left(\frac{b_j}{a_j}\right) \quad (6)$$

Если измерения вариаций потока атмосферных гамма-квантов проводить в течение часа, то в качестве искомым гармоник вариаций солнечной активности можно воспользоваться данными раздела 1 данного методического пособия, но приближенно выбирать следующие:

Вторая гармоника ( $j = 2$ ) - тридцатиминутная;

Третья гармоника ( $j = 3$ ) – двадцатиминутная;

Четвертая гармоника ( $j = 4$ ) – пятнадцатиминутная;

Пятая гармоника ( $j = 5$ ) – двенадцатиминутная (сюда входят вариации с близкими периодами от 11,8 – 11,9 мин.

Шестая гармоника ( $j = 6$ ) – десятиминутная (сюда входят вариации с близкими периодами от 8,8 – 10,5) мин.

Восьмая гармоника ( $j = 8$ ) – вариации со средним периодом 7,5 мин.

Двенадцатая гармоника ( $j = 12$ ) – вариации с периодом 5 мин. (термобарические волны).

Спектральный анализ является одной из наиболее эффективных и хорошо разработанных методов обработки данных. Частотная фильтрация – только одно из его многочисленных приложений. Кроме этого, он используется в корреляционном и статистическом анализе, синтезе сигналов и функций, построении моделей и т.д.

### 3.2 Описание экспериментальной установки

На рис. 3 показана схема экспериментальной установки.



Рис. 3 – Схема экспериментальной установки

Для защиты датчиков от  $\gamma$ -квантов, идущих от окружающей среды (см. рис. применяется свинцовый цилиндрический экран. Толщина экрана выбрана такой, что  $\gamma$ -кванты с энергией менее 1-2 МэВ к датчику не проходят. Именно такую энергию и менее имеют  $\gamma$ -кванты, образующиеся в почве и воздухе при распаде большинства радиоактивных веществ. Энергия атмосферных  $\gamma$ -квантов много больше (>10 МэВ).

В качестве датчика радиоактивного излучения используется радиометр MyGeiger [8].

Прибор MyGeiger ver.3.00 PRO это радиометр, предназначенный для измерения скорости счета в имп/с и мощности амбиентного эквивалента дозы гам-

ма-излучения. Прибор сделан в первую очередь для энтузиастов, студентов и учителей вовлеченных в исследование и измерение ионизирующего излучения. MyGeiger подойдет для любительских проектов и для научных лабораторных работ. Он совместим со многими типами популярных трубок Гейгера; имеет гибкую настройку параметров позволяющих откалибровать радиометр в системном меню для нужной трубки Гейгера.

### 3.2.1 Технические данные:

- Высоковольтный преобразователь со стабилизацией: 420V / 500V переключение переключателем.
- Токовый выход преобразователя: 50мкА на 500V
- Совместимая трубка Гейгера для установки на клеммах: СБМ-20, СТС-5, Гамма-7С
- Совместимая трубка Гейгера для установки на гибких выводах: LND-712, LND-7317, СБТ-9, СИ-29БГ и т.п.
- Высококачественный графический дисплей 128x64 пикселей с синей подсветкой.
- Предел для отображения мощности гамма излучения: 0.01 uSv/h – 9.99 mSv/h
- Предел для измерения мощности гамма излучения у СБМ-20: 0.05uSv/h – 1500 uSv/h
- Калибровочная константа для мощности гамма излучения 0.7 – 9.0 CPS for 1uSv/h
- Период обновления DER на экране: 1 секунда
- Полный период измерения DER: 60 секунд
- Имеется режим измерения усредненной скорости счета имп/с для тестирования образцов
- Время усреднения для образцов: 5-60 минут

- Коррекция на мертвое время трубки: 10- 250 мкс(uS) , с возможностью отключения коррекции.
- Звуковая сигнализация на превышение уровня мощности излучения: порог от 1мкSv/ч до 200мкSv/ч
- Имеется USB выход для передачи данных на компьютер, имп/с или имп/мин.
- Настраиваемые параметры USB порта: 2400-9600 baud.
- Большие удобные кнопки для управления: тихий режим, подсветка и меню.
- Индикатор заряда батареи и подключения USB.
- Встроенная схема с защитой для заряда литиевого аккумулятора 3.7V
- Рекомендуемая емкость аккумулятора 3.7V: >300mAh
- Ток потребления на фоновом излучении: 2.5mA
- Ток потребления в режиме сна: ниже 0.2mA
- Рабочее напряжение в пределах: 3.0V – 5V
- Режим сна, возможность использования механического переключателя
- Таймер авто-выключения: от 10 минут до 4 часов, имеется возможность отключения таймера.
- Высококачественная SMD печатная плата, собранная и протестированная
- Размеры: 51mm x 130mm x 32mm.

### 3.2.2 Включение и отключение прибора

Чтобы включить прибор - произведите одно нажатие на правую кнопку (см. рис. 4). Чтобы выключить прибор произведите одно долгое нажатие на левую кнопку. Счетчик перейдет в режим сна с низким энергопотреблением. Если таймер автоматического отключения был предварительно настроен в меню, то счетчик перейдет в режим сна по прошествии установленного времени. Авто-

матическое отключение возможно только в режиме измерения гамма радиации и оно не активно в режиме измерения и усреднения имп/с.



Рис. 4 – Внешний вид радиометра MyGeiger

### 3.2.3 Режим измерения мощности дозы гамма-излучения

Этот режим запускается по умолчанию при включении. Программа высчитывает мощность DER в единицах  $\mu\text{Sv/h}$  или  $\text{mSv/h}$ . Настройки программы по умолчанию подходят для трубки СБМ-20, но вы можете откалибровать прибор для любой другой совместимой трубки Гейгера.

Когда прибор включается, или если уровень излучения внезапно изменился, программа запускает цикл пересчета мощности дозы. На верхней строке экрана появляется значок аппроксимирования « $\approx$ ». Показания обновляются каждую секунду с улучшением точности, но для максимально возможной точности следует дождаться окончания периода измерения, когда значок аппроксимации пропадет.

Если в программе активирована коррекция на мертвое время трубки, то на экране отображается значок “**exp**” в верхней правой части экрана. Коррекция имеет значительное влияние на пересчет дозы при высоких уровнях и почти нулевое влияние на малых мощностях излучения.

При необходимости вы можете отключить коррекцию установив в меню мертвое время на ноль.

### 3.2.4 Режим усредненного измерения имп/с

Чтобы перейти в режим измерения имп/с произведите долгое нажатие на правую кнопку. Чтобы выйти из этого режима и вернуться обратно в режим измерения DER произведите повторное долгое нажатие на правую кнопку.

Режим усредненного измерения импульсов в секунду предназначен для замера радиоактивных образцов или исследования загрязненности поверхности.

По умолчанию программа настроена на период усреднения длиной в 5 минут. Вы можете изменить время усреднения в меню. Обычно образцы с малой активностью требуют продолжительный период усреднения, тогда как активное загрязнение может быть определено практически мгновенно.

Для слабоактивных образцов точность выше при увеличении времени усреднения. Результат усреднения показывается в имп/с CPS в левом нижнем уг-

лу экрана. Таймер в правом нижнем. Сброс измерений и рестарт таймера можно произвести в любое время нажатием левой кнопки.

USB порт для данных измерения

Схема MyGeiger 3.00 PRO включает оригинальный FTDI USB virtual COM порт. Драйвер Windows будет установлен автоматически при подключении к USB компьютера. В режиме измерения DER прибор посылает данные об импульсах/мин. В режиме усреднения посылаются данные об импульсах/сек.

Скачайте бесплатное программное обеспечение RH Electronics для записи данных на компьютер и онлайн мониторинга “Radiation Logger”:

<http://www.rhelectronics.net/store/radiation-logger.html>

Настройки порта по умолчанию: 9600 baud.

Стороннее приложение для записи журнала имп/сек:

<https://sites.google.com/site/terminalbpp/>

### 3.2.5 Системное меню

Вход в меню: Выключите счетчик долгим нажатием на левую кнопку. После отключения прибора нажмите опять на левую кнопку и, не отпуская ее, нажмите на правую кнопку. Держите левую кнопку до перехода в системное меню. Прокручивайте меню левой кнопкой. Для выбора нужного пункта нажмите правую кнопку. Меню имеет встроенные подсказки для более легкой настройки.

SET CONVERSION: установите коэффициент для пересчета мощности гамма излучения 0.7 – 9.0 имп/с на 1 uSv/h. Эта информация обычно указана в паспорте трубки Гейгера.

SET ALERT LEVEL: установите уровень срабатывания сигнализации на превышение мощности излучения от 1 uSv/h до 200 uSv/h

SET DEAD TIME: установите мертвое время трубки Гейгера от 10uS up to 250uS. Эта информация обычно указана в паспорте трубки, также возможно измерить мертвое время с помощью осциллографа на катоде трубки. При необходимости, можно отключить функцию коррекции мертвого времени установив его равным нулю.

**SET SLEEP TIMER:** таймер для автоматического перехода в режим сна для экономии заряда батареи. Можно выставить время отключения от 10 минут до 4 часов. При необходимости, можно отключить функцию автоотключения установив время равным нулю.

**SET SAMPLE TIMER:** таймер для времени усреднения при измерении имп/с. Можно установить от 5 минут до 60 минут. Для активации режима усреднения без ограничения временем нужно установить таймер на ноль.

**SET UART SPEED:** по умолчанию рекомендуемая скорость передачи данных 9600 baud. Можно установить 2400/4800/9600.

**USE EXTERNAL PROBE:** Установите NO если ваша трубка подсоединена к клеммам на плате. Установите YES если вы используете внешний сцинтилляционный драйвер или внешний источник питания для трубки. Если YES установлено, то источник высоко напряжения на плате будет выключен. Несмотря на это, высокое напряжение еще может некоторое время оставаться на клеммах после включения прибора, будьте осторожны!

“YES” > Internal HV is OFF > XLR символ на экране

“NO” > Internal HV is ON > HV символ на экране

**SET DOSE RATIO:** Соотношение посчитанной мощности дозы к предполагаемой. Функция определяет возможность реагировать быстрее на резкие изменения фона. Но также может вызвать ложные срабатывания на низких уровнях, если соотношение мало. Регулируется в диапазоне от 3 до 20. Для СБМ-20 рекомендуется значение 6.

**SET TO DEFAULT:** Восстанавливает все настройки по умолчанию для СБМ-20 и перезагружает процессор.

**SAVE SETTINGS:** Подтверждение сохранения установок меню и выход.

### **3.3 Порядок выполнения лабораторных исследований**

Тема: Изучение короткопериодических вариаций солнечной активности

Цель работы: Ознакомиться с экспериментальными и теоретическими материалами по теме, принципами работы газоразрядного датчика радиоактивного из-

лучения, методами исследования короткопериодических вариаций солнечной активности и обработки экспериментальных данных.

Лабораторное оборудование, материалы и программное обеспечение:

1. Радиометр MyGeiger,
2. Свинцовая фольга,
3. Карта памяти,
4. Компьютер,
5. Офисное программное приложение Microsoft Excel.

Ход работы.

1. Подготовьте датчик MyGeiger к работе и соберите установку для эксперимента, вставьте карту памяти в прибор.

2. Включите прибор, подождите несколько минут, пока прибор выйдет на режим измерения.

3. Зафиксируйте время начала эксперимента.

4. Ровно через 1 час (60 минут) выключите прибор.

5. Выньте карту памяти и вставьте в компьютер.

6. Считайте из последнего файла карты памяти экспериментальные данные и поместите их в столбец книги Microsoft Excel.

7. Удалите из столбца данных начальные значения (выход на режим измерения), оставив 630 измерений (т.к. за 60 минут радиометр MyGeiger совершает столько измерений).

8. На втором листе книги Microsoft Excel составьте вспомогательную таблицу для вычислений параметров гармоник вариаций потока гамма-квантов согласно формулам Фурье-преобразования. С помощью этой таблицы вычислите кривую Фурье-сглаживания экспериментальной зависимости.

9. Произведите почленное вычитание из начального ряда экспериментальных данных ряда Фурье-сглаживания. При этом должен получиться ряд данных представляющий собой только случайные колебания потока атмосферных гамма-квантов. Проверьте это построив линейный и полиномиальный

тренды для этого (остаточного) ряда (линейный тренд должен сливаться (совпадать) с полиномиальным).

10. Оформить отчет по лабораторной работе, сделать выводы и защитить отчет, отвечая на вопросы преподавателя.

#### **4 Контрольные вопросы**

1. Что такое биоритмы?
2. Какие бывают биоритмы?
3. Какова связь биоритмов с солнечной активностью?
4. Связь солнечной активности с вариацией потоков атмосферных гамма-квантов.
5. Какие короткопериодические вариации солнечной активности вам известны? Какова их природа?
6. Какова методика измерения параметров короткопериодических вариаций солнечной активности?
7. Принцип работы счетчика Гейгера –Мюллера.
8. Принцип работы сцинтилляционного счетчика радиоактивного излучения.
9. В чем сущность спектрального анализа временных рядов экспериментальных данных.

## 5 Список используемой и рекомендованной литературы

1. Гальпер А.М., Лейков Н.Г., Лучков Б.И. Гамма-излучение и волны плавучести в атмосфере // Природа. – 1981. - №6. – С. 14-21.
2. Гальпер А.М. и др. // Письма в ЖЭТФ. – 1980. – Т. 31. – вып. 11. – С.693.
3. Brown T. M. // Astrophys. J. – 1979. – V. 230. – P. 255.
4. Абранин Э.П. и др. // Письма в АЖ. – 1978. – Т. 4. - №12. – С.559.
5. Счетчик Гейгера . [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%87%D1%91%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA\\_%D0%93%D0%B5%D0%B9%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%87%D1%91%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D0%93%D0%B5%D0%B9%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B0)
6. Сцинтилляторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%86%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B>
7. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel / Г.В. Горелова, И.А. Кацко, 2006. – с. 479
8. MyGeiger ver.3 PRO DIY Radiometer Gamma Ratemeter with LCD and USB logging w/o GM Tube [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://rhelectronics.net/store/mygeiger-3-pro-diy-dosimeter-ratemeter-radiometer-kit-with-lcd-usb.html>