

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСЛУЧАЙНЫХ ВАРИАЦИЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОАКТИВНОСТИ

А.Г.Пархомов

До недавнего времени испускание частиц при радиоактивном распаде считалось чисто случайным процессом, идеально описываемым распределением Пуассона и практически не подвергающимся внешним влияниям. Подавляющее большинство экспериментальных данных вполне соответствовало такому воззрению, а наблюдавшиеся иногда несоответствия объясняли действием помех или неидеальностью регистрирующих устройств.

Но в последние годы появились сомнения в абсолютной правильности таких представлений, получившие серьезное обоснование в работах С.Э.Шноля с сотрудниками [Атлас, 1998, с.303-305; Шноль и др., 1998, 2000]. Были обнаружены повторяющиеся с космическими ритмами аномалии в результатах измерений α и β радиоактивности. Появились и идеи о возможных механизмах влияния на радиоактивный распад меняющихся с космическими ритмами внешних факторов, например, векторного потенциала электромагнитного поля [Бауров, 1997; Бауров и др., 2000] или потока нейтрино очень низких энергий [Пархомов и др., 1991; Пархомов, 1998].

Важно отметить, что само по себе обнаружение вариаций *результатов измерений* радиоактивного распада не означает доказательство вариаций *радиоактивности*. Наблюдаемые отклонения не превышают долей процента, которые необходимо проследивать на протяжении многих суток, месяцев или даже лет. При проведении таких прецизионных измерений и анализе их результатов невозможно исключить влияние на результаты измерений нестабильности регистрирующей аппаратуры. Особенно трудно корректно учесть “всепроникающее” тепловое воздействие. Изменения температуры влияют и на детекторы, и на источники питания, и на параметры усилителей-формирователей импульсов, и на таймер счетчика импульсов, причем эти влияния проявляются с различной задержкой во времени. Не менее трудно учесть влияние шума, особенно фликкер-шума ($1/f$ -шума), интенсивность которого может непредсказуемо меняться на несколько порядков [Атлас, 1998, с.310-312, Букингем, 1986].

Таким образом, проблема состоит не столько в обнаружении вариаций результатов измерений радиоактивности, сколько в их правильной интерпретации. Для прояснения ситуации создана экспериментальная установка, позволяющая одновременно с измерением скорости счета от нескольких радиоактивных источников контролировать внешние факторы, которые могут влиять на результаты: температуру, радиационный фон, напряжение электросети. Информация об атмосферном давлении и гелиогеофизической обстановки берется из Интернета (www.dxlc.com, www.izmiran.troitsk/cosray/main.htm).

Предварительные исследования позволили отобрать наиболее стабильные и устойчивые к влиянию внешних факторов детекторы в комплексе с источниками питания и усилителями-формирователями импульсов. Наименее стабильными оказались сцинтилляционные детекторы с фотоэлектронными умножителями. Полупроводниковые детекторы (ППД) при использовании зарядочувствительных усилителей позволяют получать результаты, мало зависящие от температуры и напряжения источников питания. Но при облучении α -частицами они быстро ухудшают свои качества, что не позволяет их длительно использовать при высокой скорости счета. Кроме того, при использовании ППД возникают проблемы, связанные с фликкер-шумом, влияние которого на результаты измерений не удается исключить даже при сильной амплитудной дискриминации, поскольку фликкер-шум имеет характер спорадических всплесков с амплитудой, на порядки превышающей обычный уровень шума. Так, ППД-фотодиод, использованный для получения результатов анализируемых в этой статье, дважды с перерывом около трех месяцев давал всплески шума продолжительностью около 10 минут, при которых скорость счета возрастала более чем в тысячу раз. В широко распространенных *поверхностно-барьерных* ППД подобные всплески происходят намного чаще. Фликкер-шум особенно сильно влияет на эффективность регистрации частиц, дающих импульсы пониженной амплитуды (частицы, выходящие из глубинных слоев источника, имеющие наклонную к поверхности детектора и источника траекторию, падающие на края детектора). Поэтому при регистрации α -частиц применялись тонкие коллимированные источники, “освещающие” только центральную часть детектора. Более надежными детекторами показали себя галогенные счетчики Гейгера в сочетании с термостабилизированными источниками высоковольтного питания, обеспечивающими постоянство напряжения не хуже 0,1%. При использовании счетчиков Гейгера, однако, возможно неконтролируемое появление ложных импульсов. Самым надежным из исследованных типов детекторов является импульсная ионизационная камера.

импульсы с каждого из детекторов радиактивности поступают на триггерный делитель частоты и далее на один из 16 входов непрерывно работающего компьютера с блоком бесперебойного питания. Компьютер записывает в оперативную память время и дату прихода импульсов. Периодически информация переписывается на флоппи-диск, после чего может быть перенесена на другой компьютер для обработки; скорость счета определяется при обработке результатов как отношение коэффициента деления счетчика к интервалу времени между соседними зарегистрированными компьютером импульсами (несколько минут). Информация с датчиков, дающих аналоговый сигнал (например, с датчиков температуры или напряжения электросети), поступает на соответствующие входы после преобразования в длительность межимпульсных интервалов. Кроме того, ежечасно регистрируются радиосигналы точного времени, что позволяет контролировать ход часов компьютера и при обработке результатов вводить поправки, снижающие погрешность определения абсолютного времени до 0,05с.

Некоторые из полученных результатов в обобщенном виде представлены на рисунках.

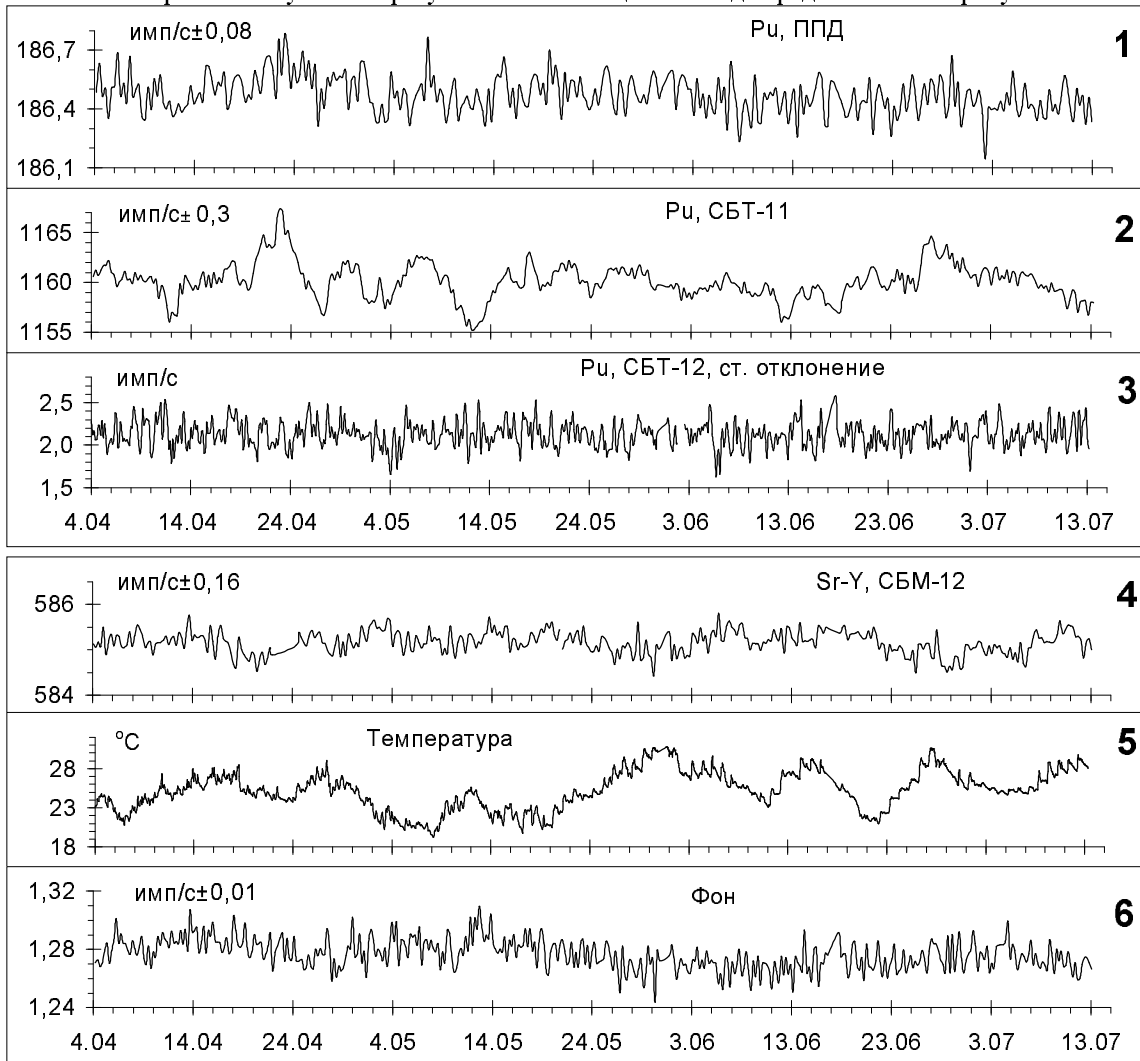


Рис.1. Результаты измерений радиоактивности различными детекторами и ход температуры около датчиков с 4 апреля по 13 июля 2000г. Приведены значения скорости счета и стандартных отклонений распределения Пуассона для “идеальных” детекторов и источников.

1 - α источник ^{239}Pu , детектор: ППД-фотодиод площадью 1 см^2 . Источник расположен на расстоянии 12 мм от поверхности ППД и “освещает” центральную область поверхности детектора диаметром 7 мм . Усреднение $7,5 \text{ час}$. Всплески шума 20.03 18.06 продолжительностью около 10 мин при обработке результатов исключены.

2 - α источник ^{239}Pu , детектор: счетчик Гейгера СБТ-11 со слюдяным окном толщиной 10 мкм . Усреднение 6 час ;

3 - Результаты тех же измерений (диаграмма 2). Стандартное отклонение пяти соседних значений скорости счета, определенной по времени набора 262144 импульсов. Усреднение 6 час ;

4 - β источник ^{90}Sr - ^{90}Y , детектор: счетчик Гейгера СБМ-12. Усреднение 6 час ;

5 - температура около датчиков, усреднение $1,5 \text{ час}$

Фон радиоактивности. Детектор: счетчик Гейгера СТС-6; усреднение 6 час. Фон этого большого счетчика выше фона счетчика СБТ-11 примерно в 5 раз; фон счетчика СБМ-12 ниже фона счетчика СТС-6 в 100 раз. Фон ППД около 1 имп/мин. Таким образом, фоновый счет во всех вышеописанных измерениях не выше 10^4 счета от источников, а связанные с фоном вариации менее 10^5 .

Циклы/сутки

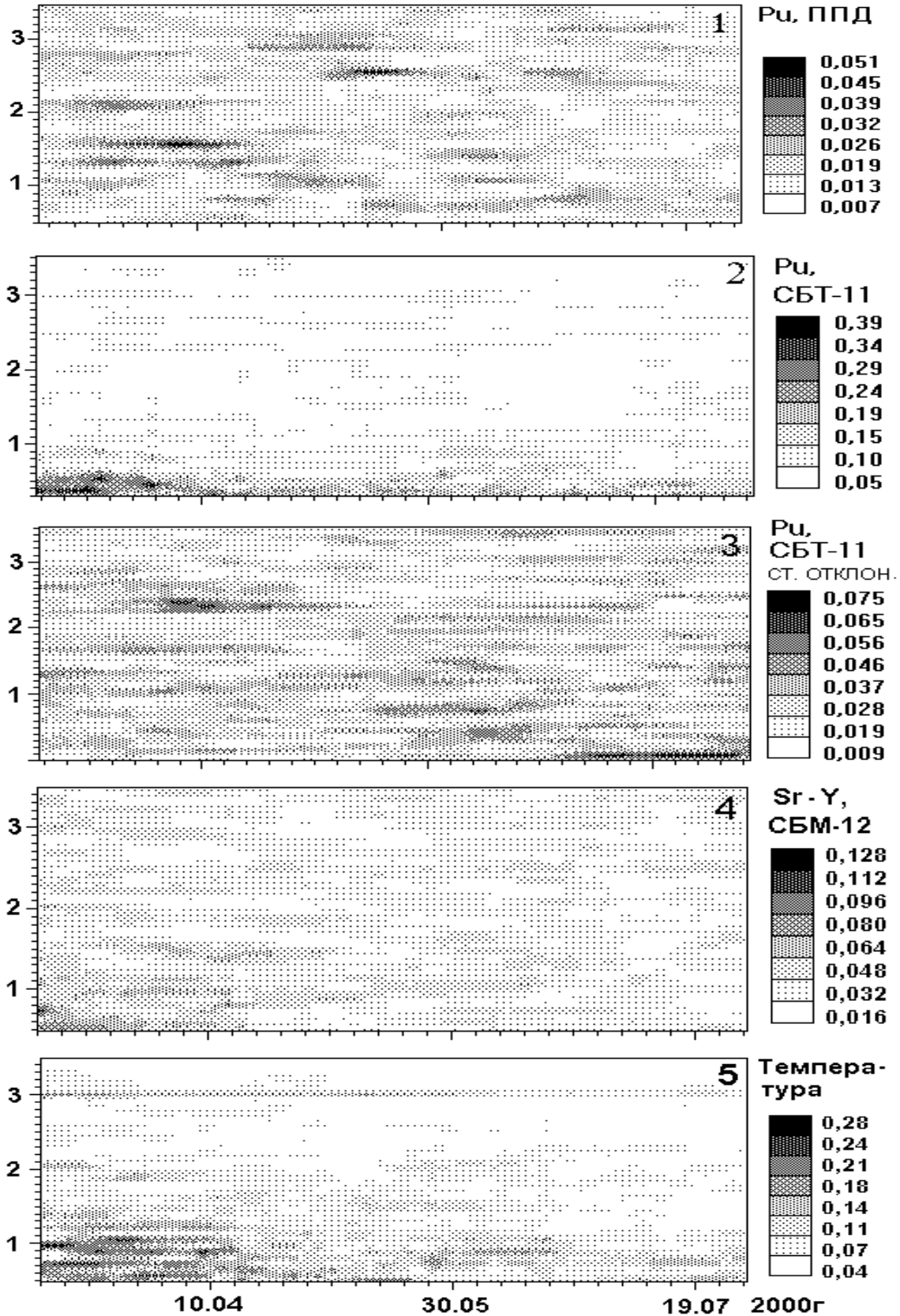


Рис.2. Спектрально-временные диаграммы (окно 20%). Описание источников и детекторов см. в подписи к рис.1. Устойчивые ритмы заметны только на диаграмме температуры.

Рис.3. Периодограммы скорости счета α и β частиц

Нумерация диаграмм соответствует рис.1. Анализ охватывает результаты, полученные 2000г.: с 19.02 по 19.08 (диагр.1), с 13.02 по 31.08 (диагр.2 и 3), с 31.03 по 19.08 (диагр.4), с 16.02 по 19.08 (диагр.5). Околосуточный ритм и его гармоники отчетливо видны на периодограмме температуры (5) и периодограммах для Pu/СБТ-11 и Sr-Y/СБМ-12 (2 и 4), менее заметны на периодограмме Pu/ППД (1) и не видны на периодограмме стандартного отклонения (3). Некоторые из периодов (0,29; 0,40; 0,57; 0,67; 0,90; 1,1; 2,5; 4,9; 6,2 суток) на диаграммах (1-4) совпадают, но незаметны на периодограмме температуры (5). Наиболее интенсивны ритмы с периодами около 15 и 30 суток.

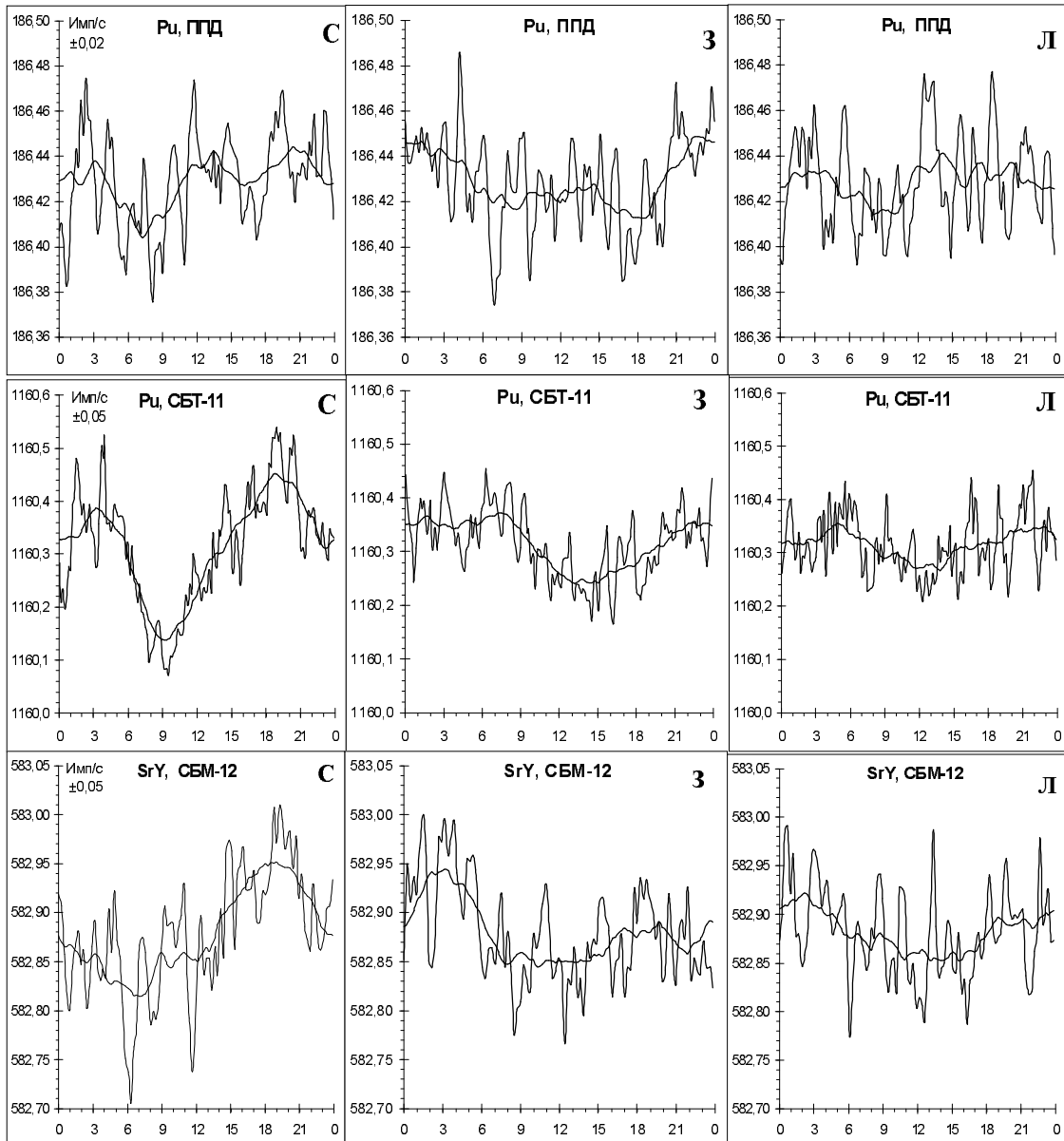


Рис.4. Ритмы солнечных (С), звездных (З) и лунных (Л) суток в результатах измерений скорости счета α -частиц ^{239}Pu полупроводниковым детектором (вверху) и счетчиком Гейгера СБТ-11 (в середине), а также β -частиц ^{90}Sr - ^{90}Y счетчиком Гейгера СБМ-12 (внизу). Диаграммы получены наложением около 150 суточных циклов по данным, зарегистрированным с февраля по август 2000 г. Начало отсчета времени 00:00 20.02.2000. Звездные сутки на 4 мин короче солнечных, а лунные в среднем на 51 мин длиннее.

Для всех трех датчиков наиболее отчетливо проявляется ритм солнечных суток (отклонение от среднего уровня около $1,0 \cdot 10^{-4}$ скорости счета). Отличия от среднего уровня в диаграммах для звездного ритма можно объяснить “смазанным” проявлением

солнечносуточного ритма, что не позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии звездносуточного ритма. Ритм лунных суток заметен (малодостоверно) только у датчика с β -источником.

Рис.5 в виде таблиц и диаграмм EXCEL можно заказать по адресу parhomov@mtu-net.ru

Рис.5. Эволюция распределений результатов двухчасовых измерений скорости счета на протяжении суток. По горизонтальной оси отложена скорость счета (имп/с), по вертикальной оси - число результатов измерений около указанной скорости счета в интервале 1 имп/с.

Слева: α источник ^{239}Pu , детектор: ППД-фотодиод. Каждая гистограмма отображает результаты 80 измерений продолжительности счета 16384 импульсов;

В середине: α источник ^{239}Pu , детектор: счетчик Гейгера СБТ-11, 31 отсчет по 262144 импульса;

Справа: β источник ^{90}Sr - ^{90}Y , детектор: счетчик Гейгера СБМ-12, 31 отсчет по 133072 импульса.

Видно, как форма распределений, постепенно изменяясь в пределах допустимых статистикой Пуассона, через сутки становится похожей на исходную.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. При усреднениях, охватывающих порядка 10^7 импульсов, видны статистически достоверные изменения скорости счета от α и β источников детекторами разных типов, достигающие десятых долей процента. Менее обширные усреднения не позволяют достоверно выделить эти вариации на фоне флуктуаций, соответствующих статистике Пуассона.

2. Вариации радиационного фона и нестабильность часов компьютера не могут вызвать обнаруженные изменения скорости счета от источников. Из числа возможных воздействующих факторов надежно исключаются также вариации атмосферного давления и напряжения электросети.

3. Величина обнаруженных изменений усредненной скорости счета с околосуточной периодичностью (около 0,01% для всех трех датчиков) на порядок меньше результата, доложенного в работе [Бауров,1997]. Достоверно не подтверждается и сделанное в этой работе утверждение о *звездносуточной* ритмике изменений β -радиоактивности. Спектрально-временной анализ полученных нами результатов показывает, что ритмичность изменения скорости счета имеет *всплесковый* характер. Околосуточный ритм выделяется среди других ритмов лишь своей наибольшей коррелированностью с температурным ритмом, а метод наложенных эпох показывает его преимущественно *солнечносуточную* периодичность. Все это указывает на то, что околосуточная периодичность (частично или полностью) является результатом неустраненного окончательно температурного воздействия. Но, с другой стороны, близость амплитуд околосуточных вариаций всех трех датчиков дает основание для предположения о значительном вкладе в околосуточную периодичность иной причины, одинаково действующей на все датчики (одинаковость температурного воздействия маловероятна).

4. Ритмы с периодами 0,29; 0,40; 0,57; 0,67; 0,90; 1,1; 2,5; 4,9; 6,2 суток и амплитудой порядка 10^{-4} от величины скорости счета присутствуют на трех-четырех верхних периодограммах, показанных на рис.3, и не заметны на периодограмме температуры. Можно предположить, что эти ритмы действительно связаны с синхронным изменением радиоактивности, хотя сомнение о возможном проявлении здесь нестабильности регистрирующей аппаратуры остается.

5. Наиболее интенсивными являются ритмы с периодами около месяца и половины месяца. Однако продолжительность проанализированных рядов недостаточна для определения приемлемо точной величины периодов этих ритмов.

6. Сопоставление полученных результатов с ходом солнечной и геомагнитной активности, а также с данными нейтронного монитора космических лучей не обнаруживает очевидных соответствий.

7. Наличие закономерных изменений тонкой структуры статистических распределений скорости счета α и β частиц, обнаруженных С.Э.Шнолем с соавторами, подтверждается.

Итак, анализ результатов синхронных измерений скорости счета α и β частиц различных радиоактивных источников детекторами нескольких типов выявляет наличие нерегулярных вариаций порядка 0,1% от скорости счета и ритмических изменений с амплитудой порядка 0,01%, проявляющихся в виде всплесков. Поскольку полной уверенности в том, что полученные

результаты являются результатом именно изменения радиоактивности, а не приборным эффектом, приведенные цифры следует считать *верхним пределом* возможных изменений скорости радиоактивного распада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 2. М.: Научный мир, 1998. 430 с.
2. Бауров Ю.А. А есть ли нейтрино? //Физическая мысль России. 1997. № 2/3. С.126-134
3. Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Кушнирук В.Ф. и др. Экспериментальные исследования изменений в скорости бета-распада радиоактивных элементов //Физическая мысль России. 2000. № 1. С.1-7
4. Букингом М. Шумы в электронных приборах и системах. М.: Мир, 1986. С.148-214
5. Пархомов А.Г., Уланов С.Н. Экспериментальная проверка возможности регистрации нейтрино ультранизких энергий с использованием ядерной реакции обратного бета-распада // Деп.ВИНИТИ, 199-В91 от 11.01.1991
6. Пархомов А.Г. Скрытая материя: роль в космоземных взаимодействиях и перспективы практических применений //Сознание и физическая реальность. 1998. Т.3, №6. С.24-35
7. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах //Успехи физ. наук. 1998. Т.168, №10. С.1129-1140
8. Шноль С.Э., Зенченко Т.А., Зенченко К.И., Пожарский Э.В., Коломбет В.А., Конрадов А.А. Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин //Успехи физ. наук. 2000. Т.170, №2. С.214-218