

Исследование ритмов и флуктуаций при длительных измерениях радиоактивности, частоты кварцевых резонаторов, шума полупроводников, температуры и атмосферного давления

А.Г. ПАРХОМОВ, Е.Ф. МАКЛЯЕВ

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
e-mail: parhomov@mtu-net.ru

Представлены результаты, полученные при исследовании ритмов и флуктуаций в ходе различных процессов (низкочастотный шум полупроводниковых приборов, генерация колебаний устройствами с кварцевыми резонаторами, альфа и бета распады) в сочетании с анализом хода температуры и радиационного фона. Продолжительность проанализированных рядов до 6 лет. В ходе всех исследованных процессов проявляются годовые, месячные и суточные ритмы. При измерении скорости счета бета-источников ^{60}Co и ^{90}Sr - ^{90}Y обнаружены ритмические изменения с амплитудой 0,3% от средней величины и периодом 1 год и до 0,02% с периодами около месяца. Амплитуда ритмических изменений скорости счета альфа источника ^{239}Pu меньше 0,01% от среднего значения.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из нерешенных научных проблем является прогнозирование поведения сложных систем, состоящих из множества взаимосвязанных элементов. К числу таких систем относится земная биосфера, процессы в которой многообразно и неоднозначно связаны процессами, протекающими в литосфере, атмосфере, гидросфере Земли и с процессами в Космосе. Нерешенность этой проблемы делает невозможным не только предотвращение трагических катаклизмов, но даже удовлетворительное предсказание погоды. Исследование процессов в сложных системах в настоящее время, в основном, находится на стадии накопления эмпирических данных [1, 6, 11, 25]. Многие из проведенных исследований выявляют в разнообразных геофизических, физико-химических, биологических, биосферных и социальных процессах ритмы, периоды которых совпадают с периодами космических явлений (солнечная активность, изменение взаимного положения небесных тел, движение Солнечной системы в Галактике). Это указывает на тесную связь земных и космических явлений. Однако, объяснение космо-земных связей далеко от совершенства.

Считается, что изменения в ходе процессов в разнообразных земных системах являются реакцией на изменение геофизической обстановки [5]. Но остается неясным, как слабые геофизические изменения, индуцированные солнечной активностью, при наличии сильного и нестабильного фона оказывают весьма значительное влияние на процессы в живых и неживых системах, даже если они находятся в экранирующих камерах. На уровне гипотез до сих пор остается объяснение *причин* циклических изменений интенсивности происходящих на Солнце явлений. Невыясненность механизмов влияния взаимного положения Земли, Луны и Солнца ставит под сомнение наличие *иных* воздействий этого фактора, кроме приливных. Здесь упомянуты лишь немногие из проблем космо-земных взаимодействий. Некоторые подходы к решению этих проблем изложены в [2, 5, 12, 13, 16-20, 29].

Важным событием в исследованиях космо-земных связей явилось обнаружение аномальной динамики физико-химических и биохимических процессов, а также радиоактивного распада [23, 25-27]. В этих процессах, которые, казалось бы, с Космосом никак не связаны, проявляются космические ритмы. Схожесть хода процессов в физико-химических системах с процессами во многих других сложных системах показывает возможность использования физико-химических процессов в качестве модели процессов большого масштаба, например геофизических или социальных, непосредственное изучение которых - дело весьма трудоемкое и дорогостоящее.

Радиоактивный распад относится к числу весьма устойчивых и "хорошо прогнозируемых" процессов. Считается, что это явление имеет надежное теоретическое объяснение. Согласно существующим представлениям, «должно» происходить снижение числа испускаемых в единицу времени частиц по экспоненциальному закону с флуктуациями, соответствующими распределению Пуассона. Обнаружение даже самого небольшого отклонения от такого хода

можно уподобить обнаружению аномалии в орбитальном движении небесного тела: оно указывает на наличие неизвестных воздействий или неисследованных свойств пространства и времени. Важность этих исследований очевидна. Понятно, что такие исследования требуют сочетания высокой тщательности с осторожностью выводов.

В этой статье представлены некоторые из результатов, полученных при исследованиях ритмов и флуктуаций в ходе различных процессов (низкочастотный шум полупроводниковых приборов, генерация колебаний устройствами с кварцевыми резонаторами, альфа и бета-распады) в сочетании с анализом хода температуры и радиационного фона. Большая продолжительность одновременного наблюдения нескольких процессов открывает новые возможности для понимания закономерностей явлений в сложных системах и раскрытия механизмов влияния на них космических факторов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Особенностью установки является большое число одновременно исследуемых процессов (запись информации производится по 20 каналам), термостатирование большинства используемых датчиков и источников питания, а также возможность многолетней непрерывной регистрации сигналов в сочетании с высокой точностью определения времени событий.

Сигналы, поступающие с каждого из датчиков на входы регистрирующего компьютера, представляют собой импульсы, период следования которых зависит от величины измеряемого в датчике параметра (амплитуды шума, частоты генерации, скорости счета детектора частиц, температуры и др.). Компьютер регистрирует лишь номер канала и время поступления очередного импульса. Частота поступления импульсов невелика (примерно один импульс в минуту), поэтому информация записывается предельно компактно, что очень важно при проведении многоканальной многолетней регистрации. Несколько раз в сутки накапливающаяся в оперативной памяти компьютера информация автоматически или по команде оператора сбрасывается на флоппи-диск, что позволяет, не нарушая процесса непрерывной регистрации, переносить информацию на другой компьютер. Восстановление величины измеряемого параметра производится при обработке результатов по известной зависимости величины параметра от длительности межимпульсных интервалов в каждом из каналов.

Регистрация крайне малых вариаций скорости радиоактивного распада или частоты генераторов с кварцевыми резонаторами требует возможно более точного измерения времени. Точность хода часов компьютера недостаточна для проведения надежных измерений. Для повышения точности измерения времени кварцевый резонатор часов компьютера был термостатирован. Кроме того, на один из входов регистрирующего компьютера каждый час подаются радиосигналы точного времени. Это позволяет при обработке результатов вносить поправки, снижающие погрешность определения абсолютного времени до 0,05 с.

Опыт показывает, что вариации температуры являются главной причиной появления ложных эффектов. Для минимизации температурных влияний большинство датчиков с источниками питания помещены в шкаф-термостат, где поддерживается температура $31 \pm 0,3$ °C, или имеют индивидуальный термостат. Кроме того, для контроля возможных температурных влияний производится запись температуры около установки и в шкафу-термостате.

Более подробное описание установки содержится на компакт-диске, который авторы могут предоставить желающим. На диске, кроме того, записаны ряды данных, анализу которых посвящена эта статья.

ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

На рис. 1 показан ход температуры воздуха около экспериментальной установки на протяжении пяти лет. Фурье-анализ хода температуры обнаруживает, прежде всего, ритм с периодом 1 год с амплитудой 3°С, а также его гармоники (183, 122, 91, 63 и 44 сут) с амплитудой около 1°С (рис. 2 вверху). В области периодов около 1 сут (рис.2 внизу), помимо пика солнечносуточного периода, виден пик с периодом звездных суток (0,9973 сут). Однако, его появление, по-видимому, вызвано не звездносуточным ритмическим воздействием, а взаимодействием солнечносуточных вариаций с ритмическим изменением, имеющим годичный

период. Напомним, что при наложении двух ритмов возникают дополнительные ритмы с частотами, равными сумме и разности частот взаимодействующих ритмов. Пики 1,0029; 1,0051 *сут* тоже можно трактовать как результаты взаимодействия солнечносуточного ритма с годовичным и его гармоникой. В области более коротких периодов заметны гармоники суточного ритма вплоть до седьмой (3, 44 *час*).

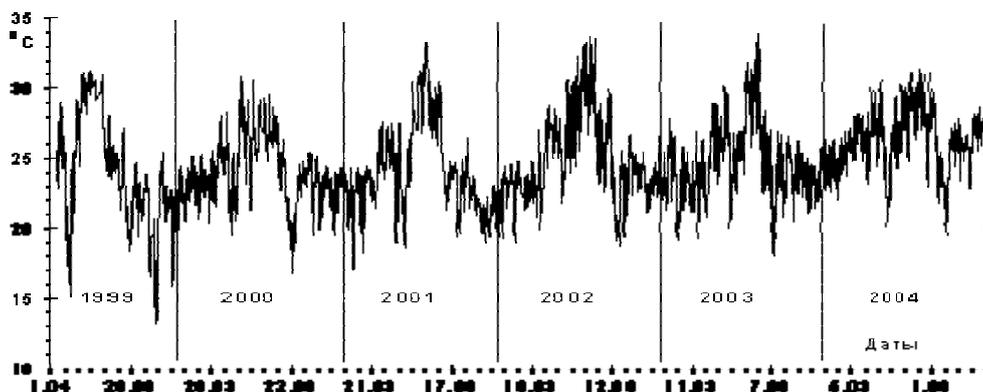


Рис. 1. Ход температуры около экспериментальной установки

Ряд пиков виден в области периодов около месяца и его половины. Однако их интерпретация затруднена недостаточно высоким разрешением спектральных линий и наличием комбинационных частот. Прояснить ситуацию помогает метод наложенных эпох (*синхронное детектирование*). На рис. 3 показан ход среднесуточной температуры с мая 1999 г. по март 2004 г относительно новолуний (60 циклов) и относительно минимумов солнечной активности в 27-суточном цикле (67 циклов). Заметны оба ритма, причем более отчетливо проявляется ритм синодического лунного месяца (29,53 *сут*) и его половины, уступая по амплитуде годовичному ритму всего в несколько раз. Аналогичный анализ выявляет и ритм сидерического лунного месяца (27,32 *сут*). Следует заметить, что ритм с периодом сидерического месяца возникает в результате взаимодействия ритмов синодического месяца с годовичным, и наоборот. Поэтому появление обоих ритмов с примерно одинаковой амплитудой вполне закономерно.

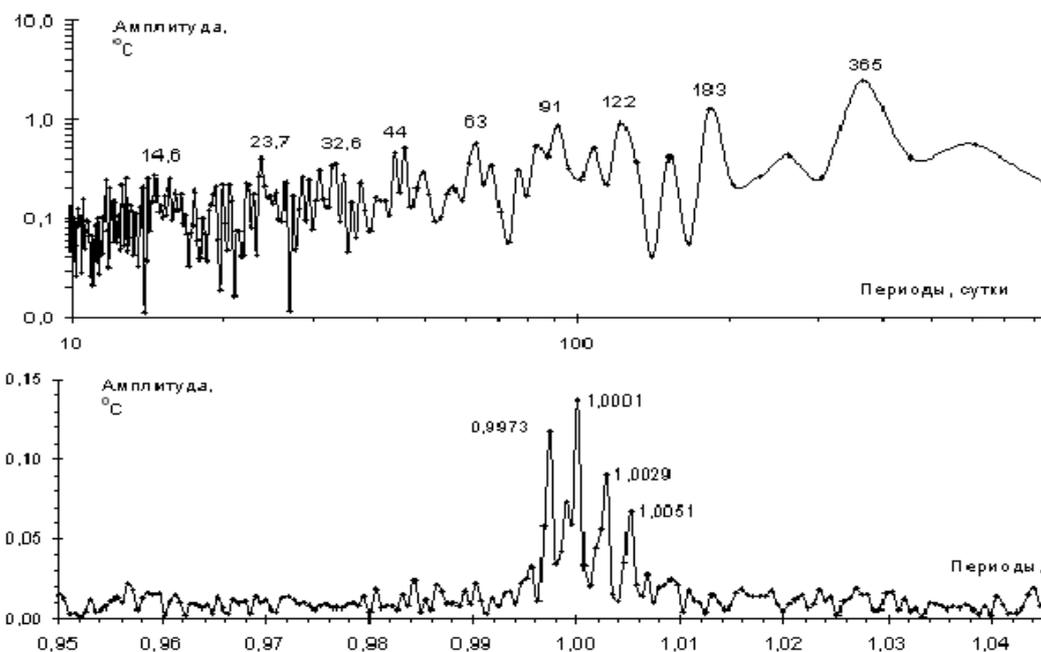


Рис. 2. Амплитудный спектр периодов температурных вариаций, полученный методом быстрого преобразования Фурье в результате обработки температурных измерений около установки с апреля 1999 г до марта 2004 г.

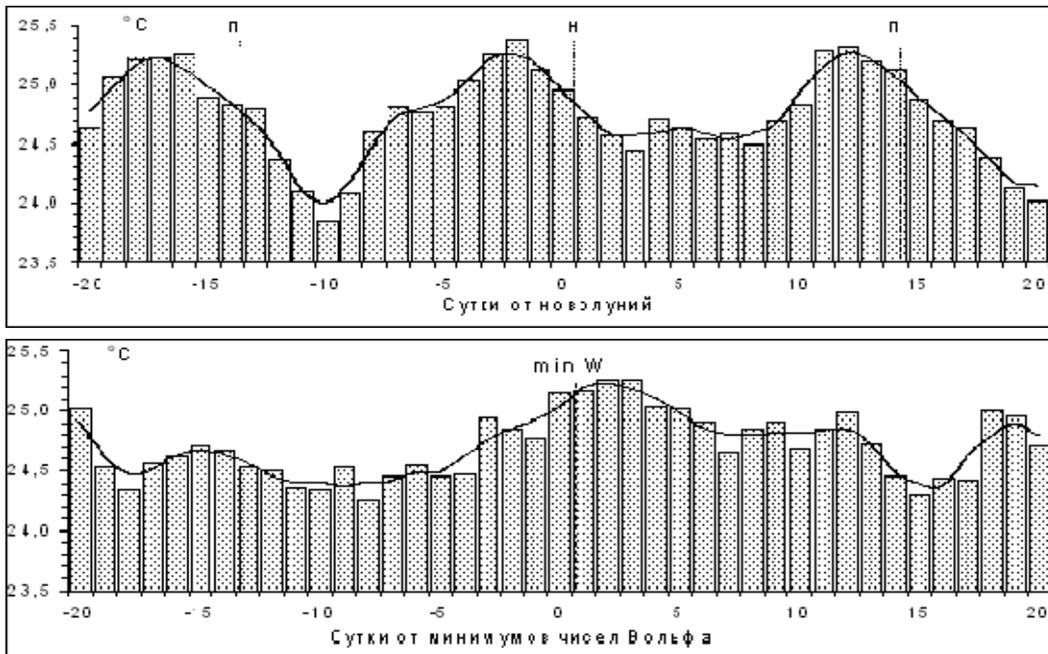


Рис.3. Усредненный ход температуры относительно новолуний (вверху) и относительно минимумов в 27-суточном цикле солнечной активности (внизу) с мая 1999 г до марта 2004 г. Столбики – усреднение за сутки, линия – скользящее трехсуточное усреднение. Н – новолуние, П – полнолуние.

Ход температуры в шкафу-термостате, где расположено большинство датчиков, отличается от хода наружной температуры десятикратно уменьшенной амплитудой при сохранении всего присущего ходу внешней температуры набора ритмов. Появление дополнительной ритмики с периодом 1-2 часа и амплитудой около $0,01^{\circ}\text{C}$, связано с работой системы автоматического регулирования.

Подводя итоги исследованиям температурных вариаций, отметим всепроникающий характер температурных вариаций. В помещении они всего в несколько раз меньше, чем в открытой атмосфере, и даже в термостате, снижаясь до десятых-сотых долей градуса, они могут проявляться в любых процессах при проведении достаточно точных измерений. В частности, они отчетливо проявляются в вариациях частоты кварцевых резонаторов, даже помещенных в термостат. Отметим нелинейность связи хода температуры в помещении с изменениями наружной температуры, следствием чего является богатый набор гармоник годовичного и суточного ритмов значительной амплитуды.

Другим «всепроникающим» геофизическим агентом, непостоянство которого может оказывать влияние на ход различных процессов, является атмосферное давление. Анализ хода атмосферного давления с 2000 по 2004 г. показывает значительно большую хаотичность его изменений по сравнению с вариациями температуры. Суточный ритм незаметен, годовичный имеет амплитуду около 2 мбар. Заметны ритмы с периодами 7,8; 12,5; 15,5; 23,4; 46; 54; 110 суток и амплитудой около 1 мбар.

Между изменениями атмосферного давления и температурой воздуха существует корреляционная зависимость: зимой рост атмосферного давления обычно влечет снижение температуры, а летом - увеличение.

ГЕНЕРАТОРЫ С КВАРЦЕВЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ

Генераторы колебаний на основе кварцевых резонаторов (КР) привлекают внимание возможностью простыми средствами достичь высокой точности измерений, что порождает надежду обнаружить действие неизвестных агентов [8]. Эти устройства фактически являются часами, что привлекает исследователей наследия Н.А.Козырева возможностью их применения для проверки идей о непостоянстве хода времени [9, 10].

Исследование вариаций частоты *единичного* КР требует сравнения его частоты с эталоном, что реализовать практически сложно. Удобнее использовать два резонатора с близкими

резонансными частотами и температурными коэффициентами и измерять разность частот. Это позволяет частично компенсировать влияние температуры и надежно регистрировать изменения частоты кварцевых генераторов на миллионные доли процента.

Вышеописанная многоканальная установка регистрирует сигналы от двух устройств с КР. В одном из них используется два близко расположенных КР с резонансной частотой 10 МГц, окруженных выравнивающей температуру оболочкой. В другом два прецизионных КР с резонансной частотой 5 МГц разнесены на расстояние 30 см. Для возбуждения колебаний использованы транзисторные генераторы с автоматической регулировкой усиления, обеспечивающие малую амплитуду колебаний резонаторов, что необходимо для их длительной стабильной работы. Устройства с КР расположены в шкафу-термостате.

Зарегистрированные вариации разности частот в обоих устройствах имеют амплитуду порядка 0,1 Гц (что составляет 10^{-8} от резонансных частот) и в общих чертах воспроизводят ход температуры в термостате (рис. 4). Величина вариаций примерно соответствует ее оценке по величине предварительно измеренного скомпенсированного температурного коэффициента (около 1 Гц/°С в обоих устройствах).

Согласно идеям Н.А.Козырева, процессы с сильным изменением энтропии должны влиять на ход времени. Были проведены специальные эксперименты, в ходе которых процессы со значительными энтропийными изменениями (растворение сахара и плавление льда) происходили около весьма точных часов - устройств с кварцевыми резонаторами. Изменений в ходе сигналов, кроме тех, которые можно объяснить непостоянством температуры, не обнаружено.

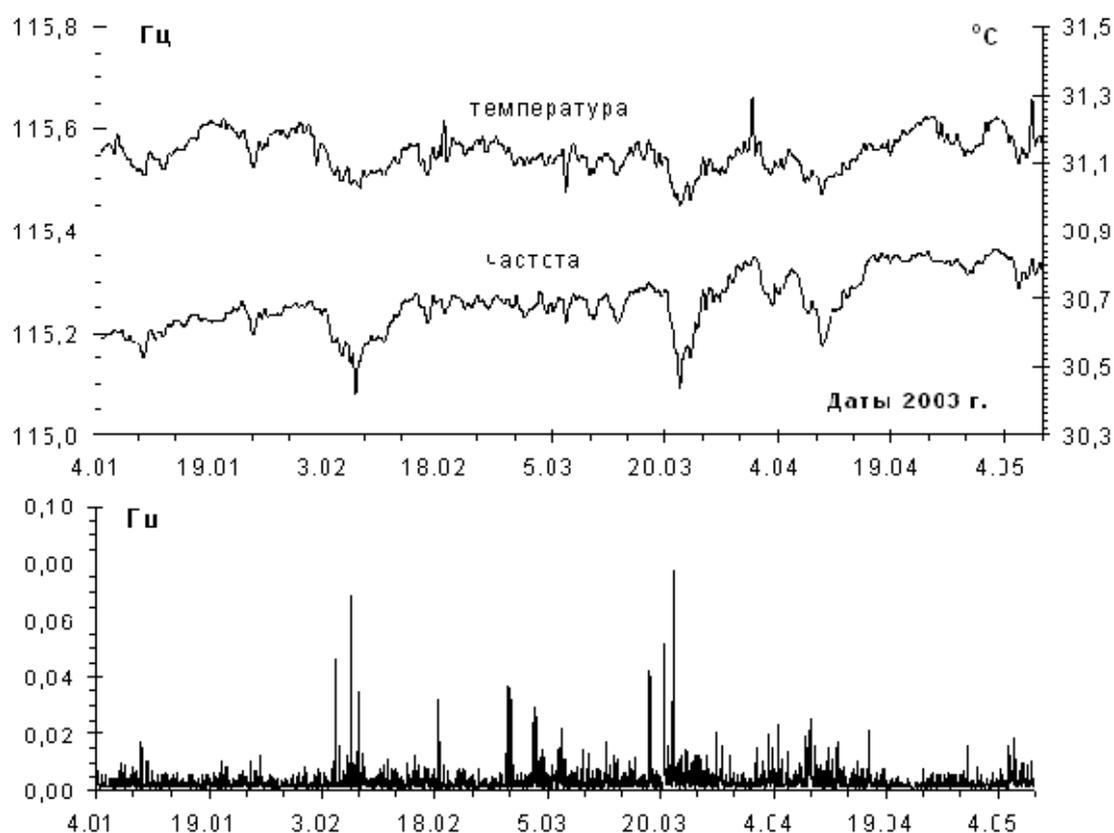


Рис. 4. Ход разности частот двух кварцевых резонаторов, сопоставленный с ходом температуры (вверху) и стандартное отклонение трех измерений разности частот (внизу)

Помимо резонансной частоты, кварцевые резонаторы характеризуются добротностью, непостоянство которой во времени может быть весьма значительным [7]. Поскольку добротность определяется совершенством кристаллической решетки, вариации добротности связаны с динамикой сложной системы дефектов, т.е. с процессом типа фликкер-шума, аналогичным низкочастотным флуктуациям в полупроводниках.

Изменение добротности связано с изменением величины флуктуаций результатов измерений частоты. На рис.4 внизу показано скользящее стандартное отклонение трех измерений разности частот двух кварцевых резонаторов, характеризующее разброс результатов. Видна

сильная изменчивость этого параметра, лишь частично воспроизводящая изменения температуры.

ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

На частотах ниже 100 - 1000 Гц в генерируемых полупроводниковыми приборами электрических флуктуациях преобладает фликкер-шум, называемый также $1/f$ -шумом из-за характерного вида его спектра [4, 20]. В отличие от белого шума, являющегося результатом наложения происходящих в случайные моменты времени простых однородных событий, фликкер-шум является внешним проявлением совокупности сложных процессов, связанных с накоплением и высвобождением энергии. В полупроводниках такие процессы происходят при взаимодействии носителей заряда с дефектами кристаллической решетки. Эти процессы аналогичны тому, что происходит в других сложных системах. Поэтому исследования фликкер-шума в электронных приборах, возможные в лабораторных экспериментах, имеют не только непосредственное практическое значение, но важны и как доступная модель процессов в других сложных системах.

Отклик на внешние воздействия систем, генерирующих фликкер-шум, неоднозначен. Реакция на одинаковые воздействия, в зависимости от предыстории и внутреннего состояния системы, может быть сильной или малозаметной, быстрой или задержанной, короткой или длительной. Поэтому применение традиционных методов гармонического анализа при исследовании влияния на фликкер-шум внешних ритмических воздействий малоэффективно. Адекватным методом выявления связи между ритмическим воздействием и эффектом в исследуемой системе является метод наложенных эпох. В связи со сложностью и разнообразием вида сигналов, возникающих во фликкер-системах, встает проблема выбора параметров, которые можно использовать при анализе записанных сигналов [21, 22]. Удобно анализировать сигнал, если он имеет характер чередующихся «шумных» и «спокойных» участков, регистрируя моменты резкого возрастания амплитуды.

В 1983-1993 гг. исследование инфранизкочастотного шума в полупроводниках осуществлялось с применением многоканального самописца. Были исследованы фоторезисторы (темновой ток), термостатированные терморезисторы и минерал гематит, обладающий полупроводниковыми свойствами. Помимо этого, в качестве генераторов шума применяли биполярные и МОП-транзисторы, а также микросхемы. Результаты этих исследований изложены в работах [14, 21, 22].

В этой статье представлены результаты, полученные в последние годы с использованием описанной выше установки. Источниками шума служат кремниевые транзисторы П701А. Шумовой сигнал после усиления операционным усилителем поступает на выпрямитель и фильтр, пропускающий частоты от 0,1 до 1 Гц. Этот сигнал регулирует длительность межимпульсных интервалов, поступающих на входы компьютерного регистратора. Для преобразования амплитуды в длительность используется однопереходный транзистор. Источники шума с усилителями и преобразователями, смонтированные в экранирующей металлической оболочке, размещены в шкафу-термостате.

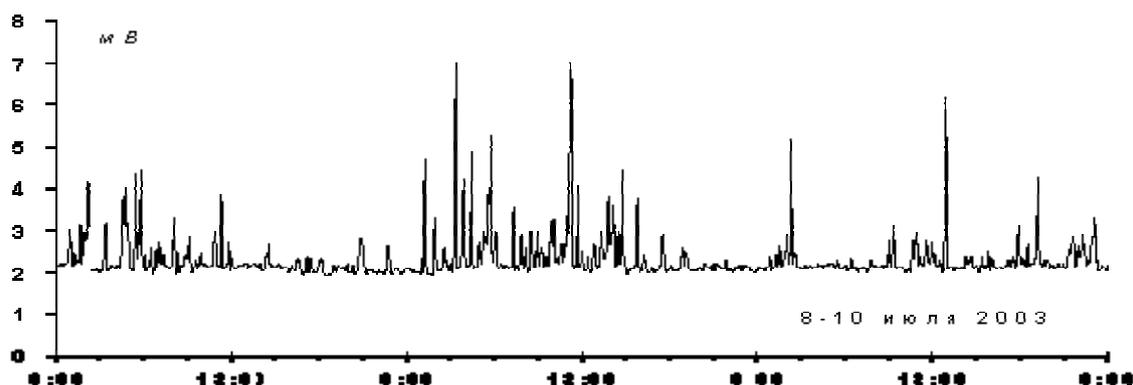


Рис. 5. Фрагмент записи хода амплитуды инфранизкочастотного шума транзистора П701А

На рис.5 показан характер регистрируемого сигнала, а на рис.6 показано, как частота событий резких возрастаний (СРВ) амплитуды шума транзистора П701А меняется на протяжении пяти лет. Событием резкого возрастания мы считали увеличение амплитуды по сравнению с усредненной величиной трех предшествующих измерений более чем в 1,5 раза. На этом же рисунке показано «поведение» другого экземпляра такого же транзистора. Видна сильная изменчивость процесса с признаками ритмов с периодами около одного года и половины года. Характер хода процесса во втором образце подобен ходу процесса в первом образце, хотя однозначных соответствий нет.

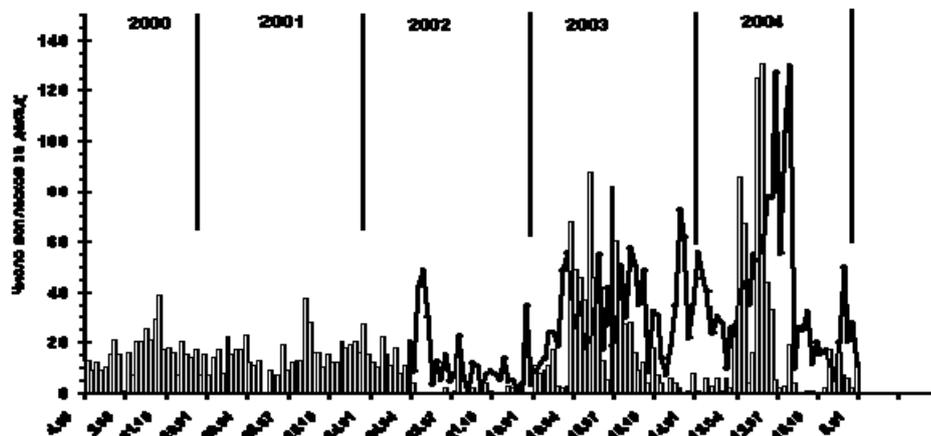


Рис. 6. Число всплесков амплитуды инфранизкочастотного шума транзисторов П701А за декаду с апреля 2000 г до апреля 2004 г. *Первый транзистор – столбики, второй – линия.*

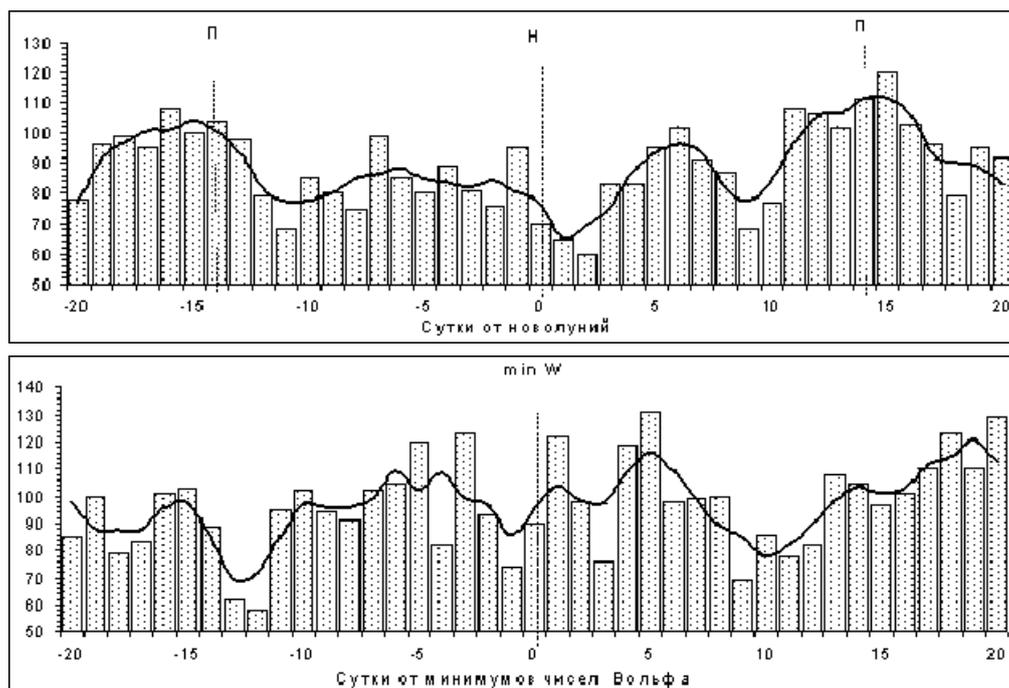


Рис. 7. Число случаев в сутки всплесков амплитуды инфранизкочастотного шума транзисторов П701А относительно новолуний (вверху) и относительно минимумов в 27-суточном цикле солнечной активности (внизу). Май 2000 г. - март 2004 г. *Линия – скользящее трехсуточное усреднение.*

Проверить гипотезы о влиянии на процесс того или иного внешнего воздействия позволяет метод наложенных эпох. Этот метод при исследовании четырехлетнего ряда данных показал следующие результаты.

1. Устойчивых ритмических изменений вероятности СРВ с периодами солнечных, звездных и лунных суток не обнаружено.
2. Обнаруживается связь вероятности СРВ с изменением солнечной активности в 27-суточном цикле (проанализировано 56 циклов, см. рис.7 внизу). Видно, что снижение вероятности СРВ происходит как около минимумов, так и около максимумов (10-15 суток до и после

минимумов). Наибольшая вероятность СРВ – во время роста и снижения солнечной активности.

3. Ритм *синодического* лунного месяца (рис.7 вверху) на протяжении 49 циклов проявляется отчетливо, но иначе, чем в температурных изменениях: вероятность СРВ около полнолуний примерно в 2 раз выше, чем около новолуний. Напомним, что максимумы вероятности более высокой температуры наблюдаются как около полнолуний, так и около новолуний (рис.3).

4. Ритм сидерического лунного месяца малозаметен.

Результаты исследований низкочастотного шума транзисторов, проведенные в 2000-2004 гг. вполне подтверждают результаты исследований в 1983-1993 гг. [14, 21, 22], проведенных с иными полупроводниковыми источниками шума и другой регистрирующей аппаратурой.

Заметим, что «поведение» низкочастотного шума в полупроводниках во многом напоминает динамику землетрясений [28]. И там, и здесь проявляются ритмы лунного месяца и солнечной активности, и там и здесь особенно сильные всплески активности происходят после длительных затиший. Но если влияние взаимного положения Земли, Луны и Солнца на ход тектонических процессов можно объяснить действием приливных сил, объяснение лунно-солнечной ритмики в процессах, текущих в полупроводниках, требует иных подходов [17-20].

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

Радиационный фон имеет как постоянную составляющую – излучение радиоактивных веществ из стен и конструкционных материалов, так и переменную – излучение радиоактивных веществ из земной поверхности и атмосферы, а также вторичное космическое излучение. Поэтому в радиационном фоне находят отражение как геофизические, так и космические явления. Радиационный фон является одним из агентов, который может влиять на ход процессов в различных системах и накладываться на результаты измерений радиоактивности, что делает необходимым его мониторинг при проведении точных измерений.

Вышеописанная установка регистрирует радиационный фон с января 1999 г. посредством счетчика Гейгера СТС-6. В целом, фон довольно стабилен: отклонения скорости счета от среднего значения не превышают 5% (рис. 8). Годичный ритм имеет амплитуду около 1% с максимумом в январе-феврале и минимумом в сентябре-октябре, устойчивых суточных вариаций не обнаружено. Достоверно выявляется ритм синодического лунного месяца с амплитудой около 0,2% от средней скорости счета (рис. 9). Ритм 27-суточного цикла солнечной активности малозаметен

Оценки показывают пренебрежимо малость вклада радиационного фона в результаты описанных ниже измерений радиоактивности. Но он может играть значительную роль в процессах, происходящих в полупроводниковых и иных кристаллах в качестве «поставщика» дефектов кристаллической решетки и генератора носителей заряда, что необходимо для поддержания незатухающего фликкер-шума.

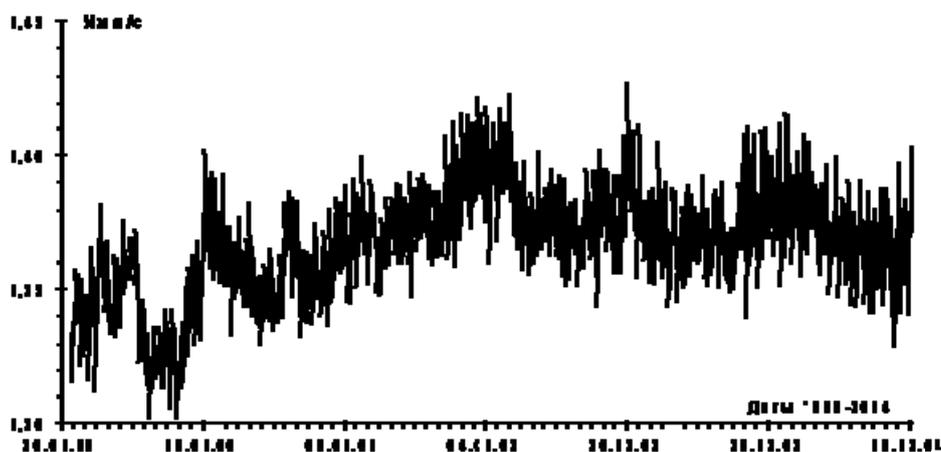


Рис. 8. Радиационный фон с января 1999 г. до марта 2004 г. Счетчик Гейгера СТС-6. Усреднение 10 час

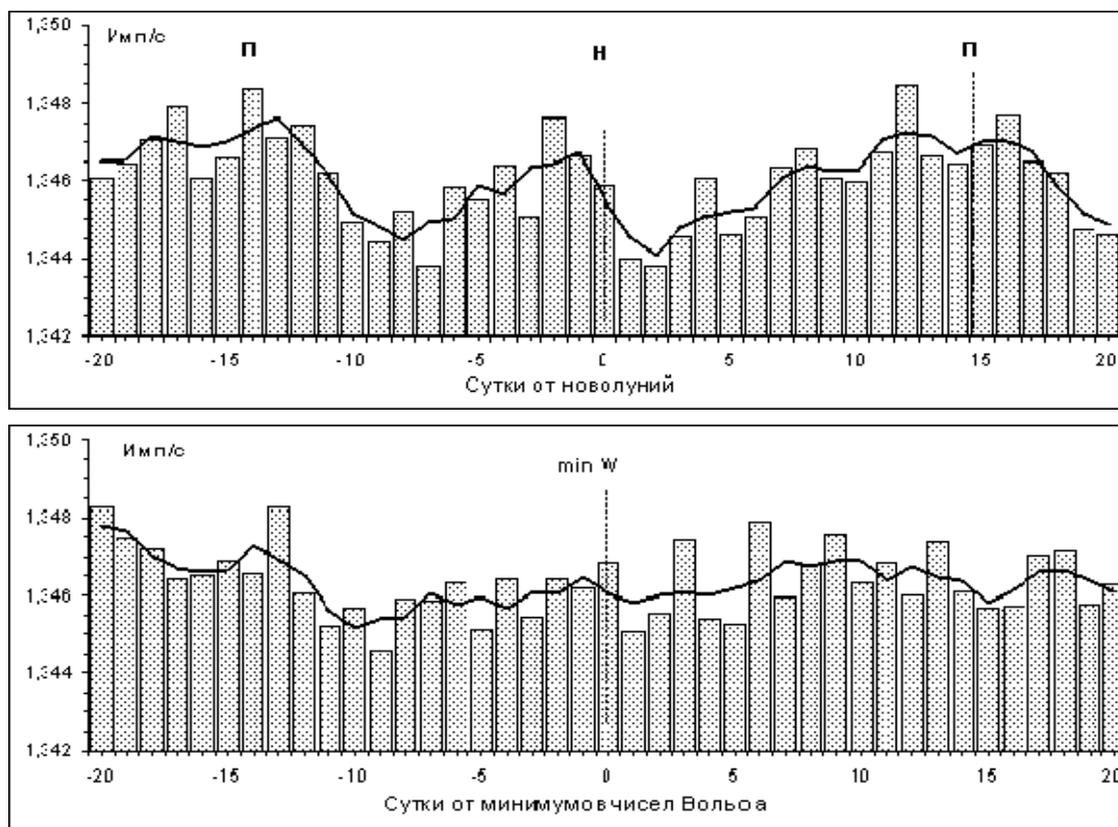


Рис. 9. Усредненный ход радиационного фона с февраля 1999 г до марта 2004 г относительно новолуний (вверху) и относительно минимумов в 27-суточном цикле солнечной активности (внизу). Столбики – усреднение за сутки, линия – скользящее трехсуточное усреднение. Н – новолуние, П – полнолуние.

СКОРОСТЬ СЧЕТА АЛЬФА - ЧАСТИЦ

Для регистрации альфа-частиц обычно используются полупроводниковые детекторы (ППД), которые позволяют не только *регистрировать* частицы, но и с высокой точностью определять их энергию. Однако при длительных измерениях возникает проблема радиационной стойкости. Наиболее распространенные поверхностно-барьерные ППД заметно ухудшают параметры уже при воздействии 10^9 альфа-частиц на см^2 . При скорости счета 1000 *имп/с* такие ППД выходят из строя за неделю. При небольшой скорости счета накапливающиеся радиационные дефекты успевают «отжигаться», и работоспособность ППД сохраняется далеко за пределами радиационного ресурса. Но при этом их «поведение» приобретает любопытные особенности.

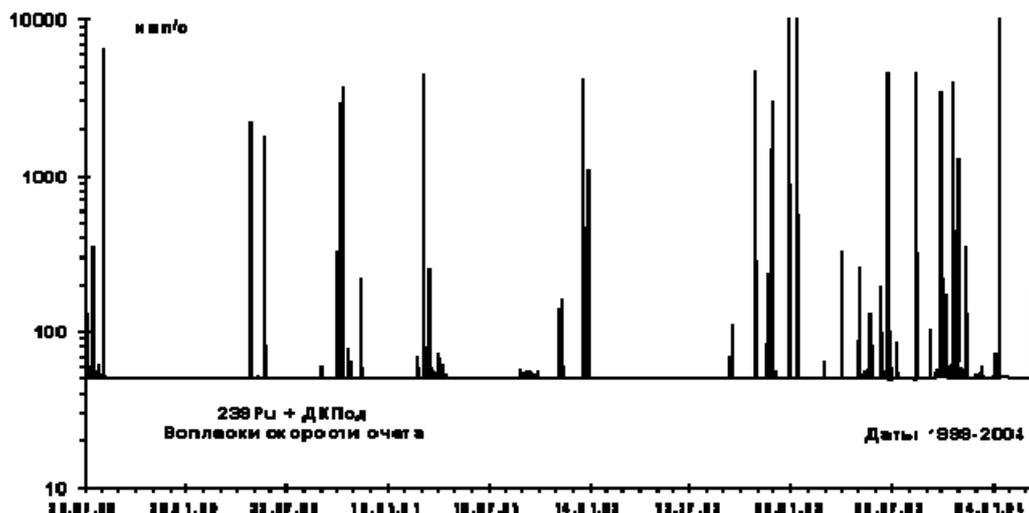


Рис. 10. Всплески скорости счета. Полупроводниковый детектор ДКПод с альфа-источником ^{239}Pu .

На рис. 10 показаны результаты измерений скорости счета поверхностно-барьерным ППД альфа-частиц, испускаемых ^{239}Pu . Видно, что участки с «нормальным» счетом продолжительностью до нескольких месяцев чередуются с участками, где скорость счета резко увеличена. Анализ распределения всплесков во времени выявляет картину, аналогичную полученной при исследовании низкочастотных флуктуаций в полупроводниках. Иначе говоря, ППД выступает в роли своеобразного генератора фликкер-шума. В более устойчивых к радиационным воздействиям ППД фликкер-шум может проявляться не столь ярко, но полностью исключить его влияние невозможно. Особое «коварство» заключено во всплесковом характере фликкер-шума: он наносит короткие «удары» в непредсказуемые моменты времени. Так как фликкер-шум является процессом, чувствительным к различным воздействиям, в том числе воздействиям космической природы, обнаруженные вариации скорости счета в устройствах с ППД нельзя с уверенностью трактовать как вариации скорости радиоактивного распада. Это может быть результатом трудно замечаемого проявления фликкер-шума.

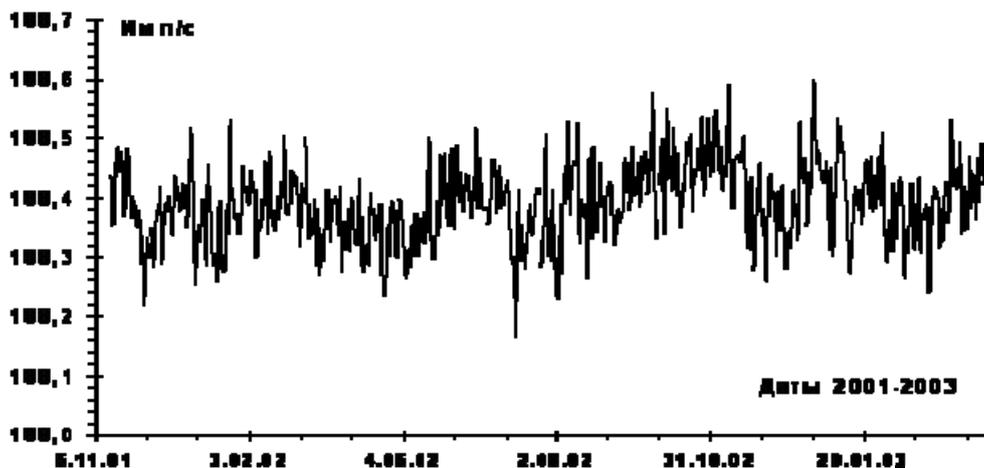


Рис. 11. Скорость счета альфа-источника ^{239}Pu с полупроводниковым детектором-фотодиодом. Усреднение 24 часа.

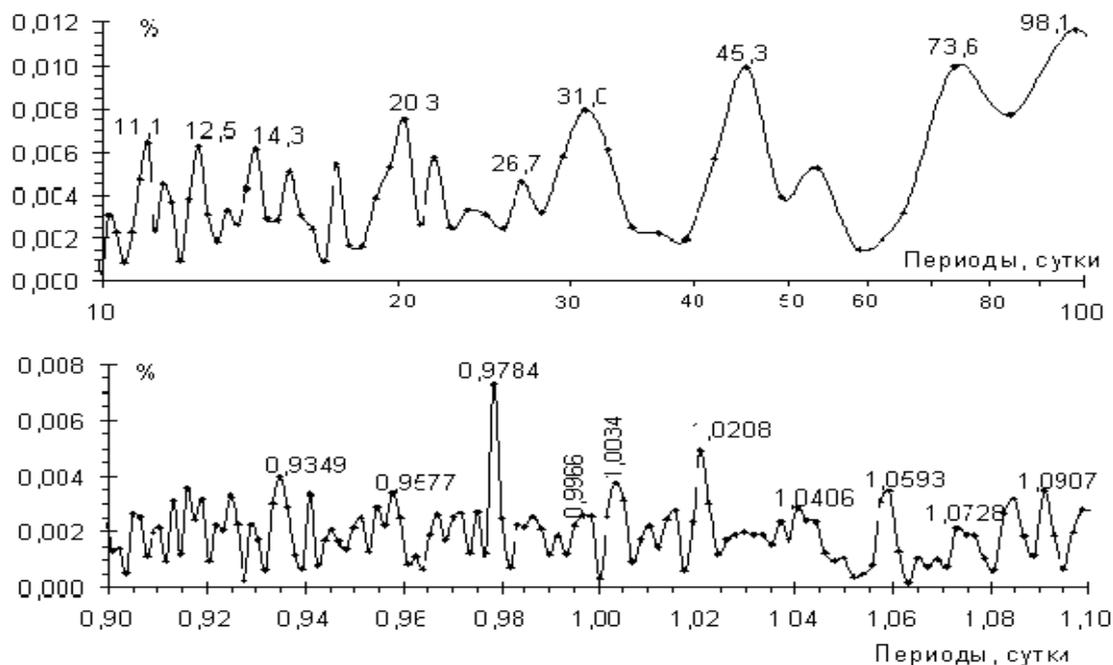


Рис. 12. Амплитудный спектр периодов вариаций скорости счета альфа-источника ^{239}Pu с полупроводниковым детектором-фотодиодом. Анализируемый промежуток времени с ноября 2001 г до июня 2003 г. Амплитуда – в процентах от средней скорости счета.

Для минимизации проявлений фликкер-шума в одном из каналов установки использован радиационно-стойкий ППД и коллимированный источник альфа-частиц ^{239}Pu . На рис.11 показан ход скорости счета импульсов, регистрируемых этой установкой с ноября 2001 г по июнь 2003 г.

Видны вариации с амплитудой до 0,05 % от средней величины, имеющие нерегулярный характер. Ритмические изменения скорости счета на порядок меньше (см. рис.12). Особенностью полученного спектра является отсутствие пика, соответствующего ритму солнечных суток, при наличии пиков, соответствующих комбинационным частотам низкочастотных вариаций и суточной частоты. Например, пики 0,9966 и 1,0034 соответствуют годовому периоду, пики 0,9784 и 1,0208 - 45-суточному периоду, пики 0,9349 и 1,0728 соответствуют полумесячному периоду.

Применение к полученному ряду метода наложенных эпох с использованием в качестве реперов новолуний и минимумов солнечной активности в 27-суточном цикле не выявляет достоверных ритмов, превышающих несколько тысячных долей процента.

Итак, в измерениях скорости счета альфа-частиц полупроводниковым детектором заметна ритмика с амплитудой не более 0,01% от средней скорости счета. Возможно, что появление этой ритмики связано не с изменением радиоактивности, а с фликкер-шумом детектора, температурными воздействиями или иными причинами нестабильности регистрирующей аппаратуры. Поэтому приведенную цифру следует считать *верхней границей* возможных ритмических изменений альфа-радиоактивности в области суточных и десятисуточных периодов.

СКОРОСТЬ СЧЕТА БЕТА-ЧАСТИЦ

Для регистрации бета-частиц и сопровождающих бета-распады гамма квантов использованы счетчики Гейгера. В одной из установок счетчик типа СБМ-12 с источником ^{90}Sr - ^{90}Y размещены в заполненном песком сосуде, в котором поддерживается температура $31 \pm 0,1^\circ\text{C}$. В другой установке использован такой же счетчик, обернутый фольгой, содержащей радиоактивный ^{60}Co . Основным внешним фактором, влияющим на эффективность регистрации частиц при использовании счетчиков Гейгера, является напряжение питания счетчика. Для обеспечения достаточно высокой стабильности источники питания термостатируются.

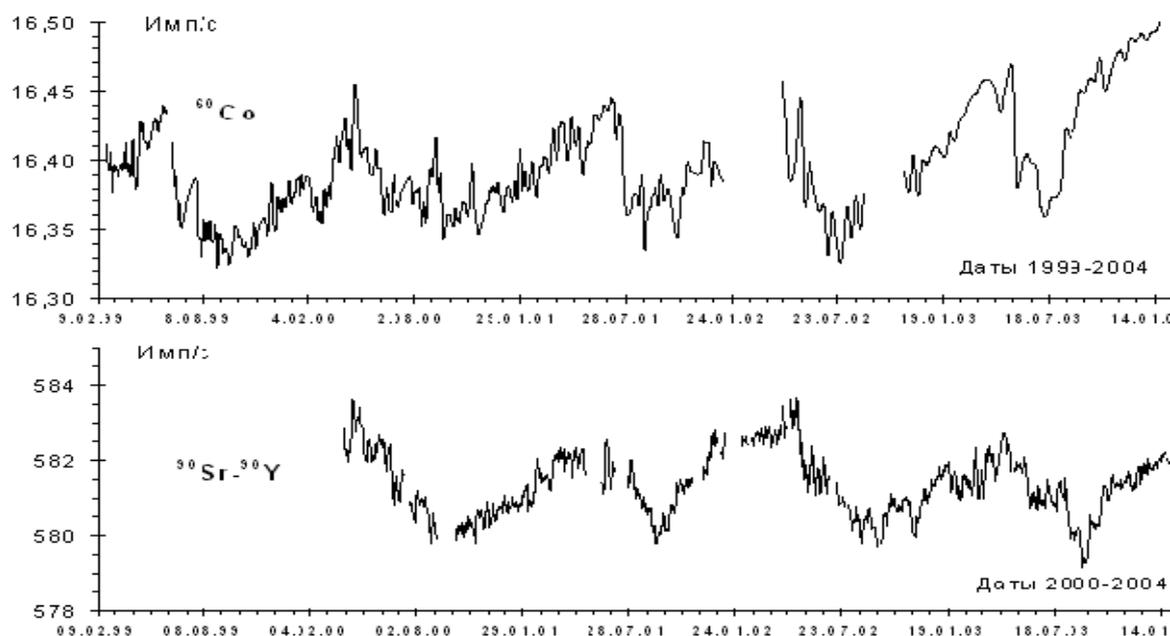


Рис. 13. Вверху: скорость счета бета-источника ^{60}Co со счетчиком Гейгера СБМ-12. Усреднение 5 суток. Внесена поправка на снижение активности источника с периодом полураспада 5,26 лет. **Внизу:** скорость счета бета-источника ^{90}Sr - ^{90}Y со счетчиком Гейгера СБМ-12. Усреднение 30 часов. Внесена поправка на снижение активности источника с периодом полураспада 28,6 лет.

При анализе длительных рядов измерений в обеих установках обнаруживается синхронный и синфазный ритм с периодом в 1 год и амплитудой около 0,3% от средней скорости счета (см. рис. 13). Ход температуры (рис. 1) имеет такой же основной период, однако сдвиг по фазе на 2-3 месяца дает основание предполагать *не термическую* причину изменений скорости счета. На периодограмме скорости счета установки с источником ^{90}Sr - ^{90}Y (рис. 14) ряд периодов

практически совпадают с периодами, полученными для хода температуры (рис.2). Близость периодов длительностью более 60 суток, по-видимому, связана с тем, что и те, и другие являются гармониками основного тона с периодом 1 год. Заметны совпадения и в области околосемянных и полумесячных периодов. Однако применение метода наложенных эпох (рис. 15) показывает существенно различный характер околосемянной ритмики скорости счета и температуры. Если температура имеет максимумы как около новолуний, так и около полнолуний (рис. 3), то скорость счета имеет максимум только около новолуний, а около полнолуний скорость счета минимальна. Столь же сильно отличаются и проявления ритмики солнечной активности. Это еще раз указывает на то, что ритмика скорости счета в области околосемянных периодов не является следствием термических вариаций.

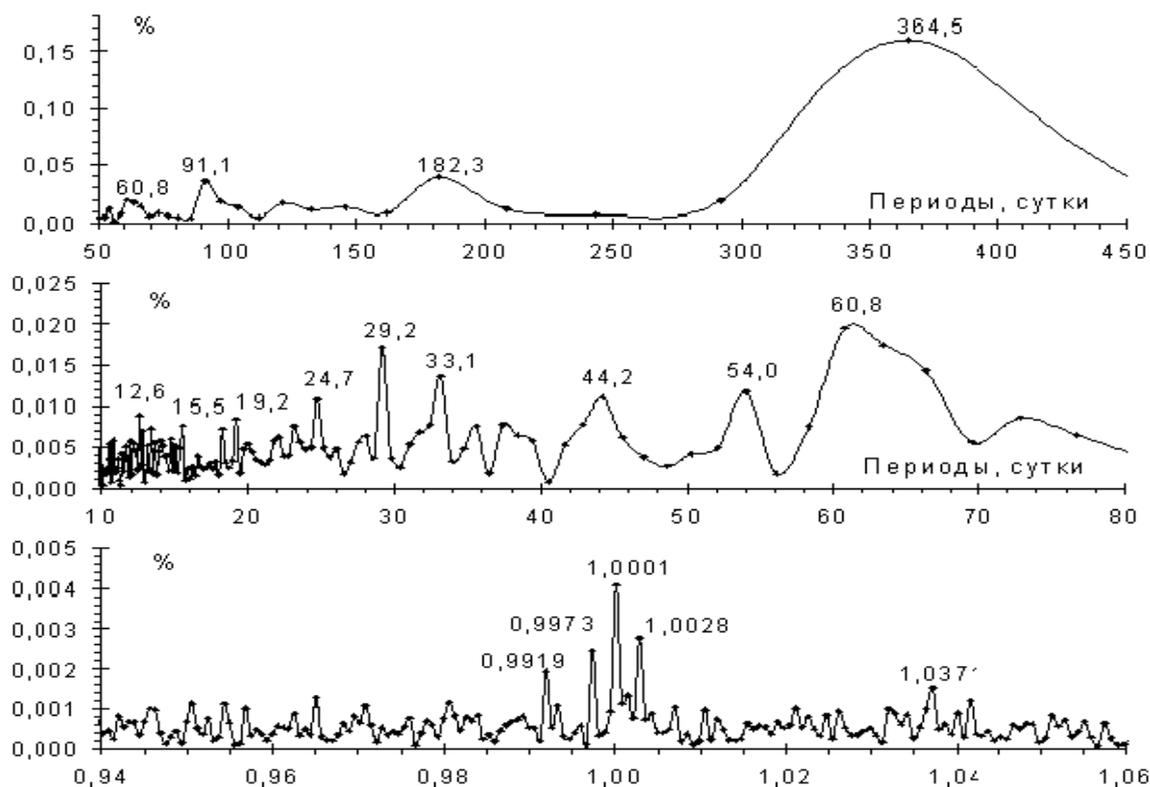


Рис. 14. Амплитудный спектр периодов вариаций скорости счета бета-источника $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ со счетчиком Гейгера СБМ-12. Анализируемый промежуток времени с апреля 2000 г до марта 2004 г. Амплитуда – в процентах от средней скорости счета.

В области околосемянных периодов (рис. 14) отчетливо виден пик солнечносуточного ритма с тонкой структурой, отражающей взаимодействие этого ритма с годичным ритмом и его гармониками. Заметен пик, соответствующий лунным суткам (1,0371). Но, возможно, он отражает не влияние с лунносуточной периодикой, а соответствует комбинационной частоте суточного и лунносемянного ритмов. Вопрос о том, является ли суточный ритм скорости счета проявлением температурных вариаций или имеет иное происхождение, остается открытым.

Неординарные результаты дал эксперимент с источником ^{60}Co в сочетании со счетчиком Гейгера, расположенным в фокусе параболического зеркала. Этот своеобразный телескоп, определенным образом ориентированный, вместе с вращением Земли более двух лет круглосуточно сканировал небесную сферу. Обычный ход измерений скорости счета, вполне соответствующий статистике Пуассона, время от времени нарушался всплесками протяженностью до нескольких часов, когда скорость счета высокодостоверно возрастала. Эти аномальные участки занимают примерно 1/1000 всего времени наблюдения. Примеры записей таких всплесков показаны на рис. 16. Зарегистрировано 28 всплесков с ростом скорости счета более чем на 5 стандартных отклонений.

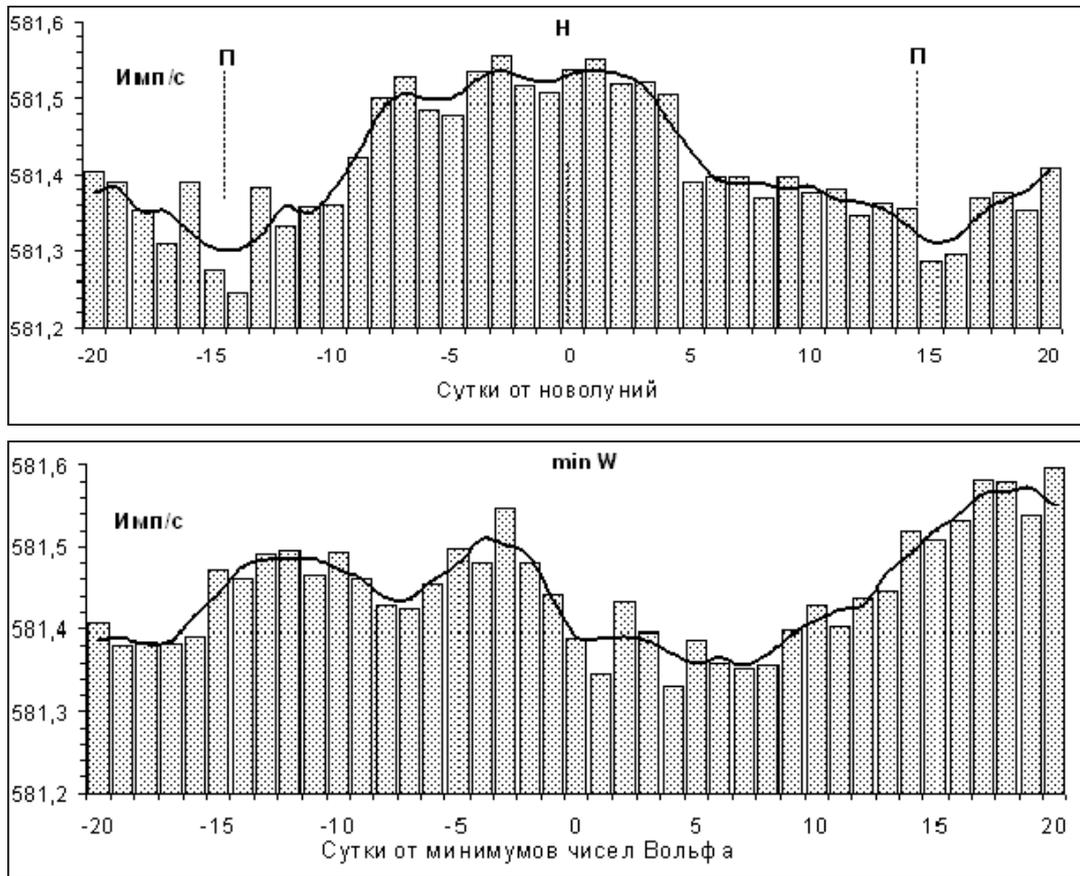


Рис. 15. Усредненный ход скорости счета бета-источника ^{90}Sr - ^{90}Y со счетчиком Гейгера СБМ-12 с апреля 2000 г до марта 2004 г относительно новолуний (вверху, усреднение по 48 циклам) и относительно минимумов в 27-суточном цикле солнечной активности (внизу, усреднение по 53 циклам). Столбики – усреднение за сутки, линия – скользящее трехсуточное усреднение. Н – новолуние, П – полнолуние

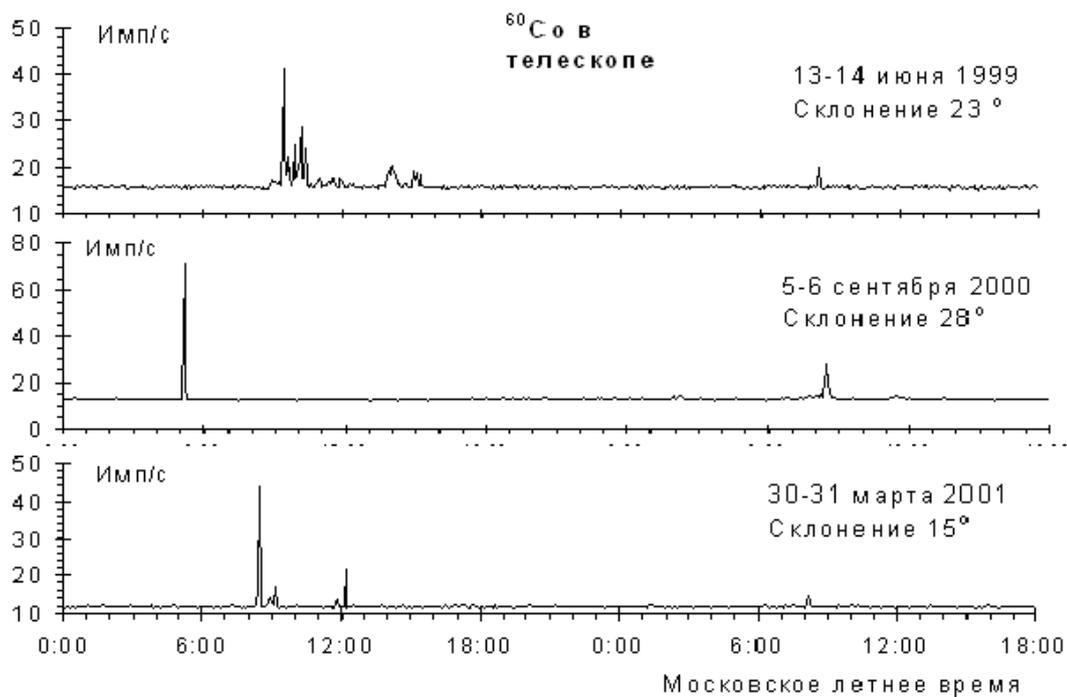


Рис. 16. Примеры зарегистрированных всплесков скорости счета ^{60}Co в фокусе телескопа-рефлектора при одномерном сканировании небесной сферы. Наименьшее угловое расстояние между направлением сканирования и Солнцем в 8:45 московского летнего времени

Всплески происходили преимущественно тогда, когда телескоп был отклонен от Солнца на угловое расстояние до 30-40 градусов, хотя зарегистрированы всплески и в другое время. Они не могут быть связаны с изменением напряжения питания счетчика или с помехами, так как в канале, где использовался такой же счетчик, подключенный к тому же источнику питания, всплески отсутствуют. Всплески не происходили, когда этот же счетчик (с радиоактивным источником и без источника) на протяжении многих месяцев работал вне телескопа. Это дает основания для вывода о том, что возникновение всплесков связано именно с наличием фокусирующего зеркала, концентрирующего потоки некоторого идущего из небесной сферы агента, способного зеркально отражаться и влиять на скорость счета радиоактивного источника.

Результативность наблюдений резко повысилась при переходе от одномерного сканирования к двумерному. Для этого телескопу было придано колебательное движение перпендикулярно линии сканирования, связанной с суточным вращением Земли. Такое сканирование осуществлялось в течение 49 суток с апреля по сентябрь 2004 г. Примеры полученных «изображений» показаны на рис. 17. Видно, что положение всплесков в соседние сутки различается.

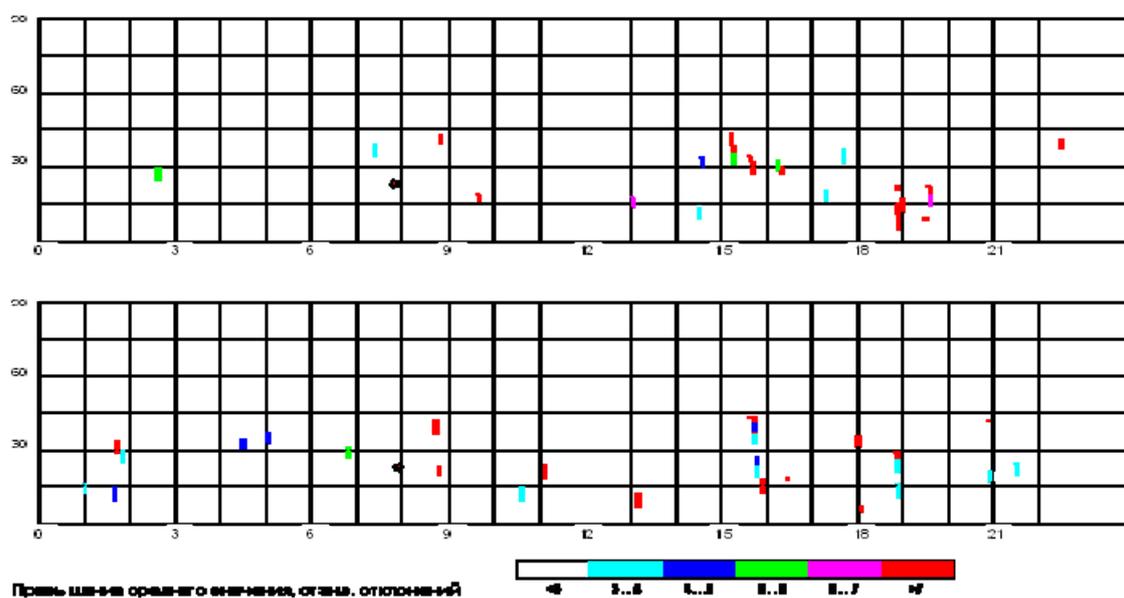


Рис. 17. Всплески скорости счета при двумерном сканировании небесной сферы 2 и 3 июня 2004г. Горизонтальная ось – летнее московское время, вертикальная – склонение (градусы.). Диапазон качания 4 - 44 градуса, часовой угол 270°. Длительность прямого хода 320 с, обратного 32 с. Солнце на оси телескопа в 7:56 при склонении 23°. Положение Солнца отмечено звездочкой. Внизу – шкала интенсивности событий (превышение среднего значения скорости счета в стандартных отклонениях).

Всего зарегистрировано 280 всплесков, превышающих среднюю скорость счета более чем на 5 стандартных отклонений (средняя скорость счета 5,1 имп/с, определение скорости – по времени набора 256 импульсов). Телескоп был направлен на восток. Число всплесков в сутки и их положение на изображениях не воспроизводятся. Максимальная вероятность всплесков с 8 до 9 и с 19 до 21 час московского времени, минимальная – с 3 до 7 час. По звездному времени резкое возрастание вероятности всплесков зарегистрировано с 17 до 18 час. Вероятность появления всплесков очень мала, когда небо покрыто облаками

ОБСУЖДЕНИЕ

Значительная продолжительность непрерывных наблюдений сделала возможным выявление ритмов с периодами до года, а также исследование тонкой структуры ритмов более коротких. Особенно яркую ритмическую картину имеет ход температуры, где доминируют ритмы с периодами 1 год и 1 сутки с многочисленными гармониками и комбинационными частотами. Хорошо заметна и ритмика изменения температуры с околосесячным и полумесячным периодами.

Подобный набор периодов обнаружен в измерениях частоты кварцевых резонаторов, радиационного фона и радиоактивности. В случае кварцевых резонаторов главной причиной вариаций даже при использовании термостата являются температурные изменения. В других случаях роль температуры остается неясной, особенно для околосуточных ритмов. Что касается обнаруженной годичной и месячной ритмики при измерениях скорости счета бета-источников, многое указывает на то, что ее главной причиной температурные вариации не являются.

Следует отметить, что даже многолетняя продолжительность рядов не проясняет до конца ситуацию с околосуточными ритмами. Разница между периодами драконического, сидерического и аномалистического месяцев (27,21; 27,32 и 27,55 сут соответственно) слишком мала, чтобы ее можно было обнаружить методом наложенных эпох или фурье-анализом ряда продолжительностью в несколько лет. Казалось бы, совокупность этих периодов нетрудно отличить от периода синодического лунного месяца 29,53 сут. Но этому мешает присутствие ритма с годичным периодом, поскольку он и сидерический ритм порождают комбинационный ритм с синодическим периодом, а в совокупности с синодическим ритмом порождает ритм с сидерическим периодом. Поэтому, обнаружив, например, период 29,5 сут, нельзя уверенно утверждать, что это результат воздействия с ритмом смены лунных фаз, а не результат воздействий с сидерическим периодом или даже проявление 27-суточной ритмики солнечной активности. Аналогично, период 0,997 сут не обязательно порожден воздействием со звездосуточной ритмикой, а период 1,035 сут – воздействием с ритмикой лунносуточной. Эти периоды возникают и при взаимодействии солнечносуточного ритма с годичным и месячным.

Прояснению ситуации способствует применение метода наложенных эпох. Он показывает наличие значительных вариаций температуры, связанных как с фазами Луны, так и с ходом солнечной активности (см. рис. 3). Однако ритм *сидерического* месяца проявляется почти с такой же амплитудой, что и ритм синодического. Это не позволяет понять, имеет значение положение Луны относительно Солнца или же относительно звезд.

Более убедительные результаты дает применение метода наложенных эпох к результатам исследования низкочастотного шума транзисторов. Этому способствует своеобразие процессов типа фликкер-шума: их ритмика состоит не в закономерных более или менее одинаковых изменениях, а в *случайных* изменениях, происходящих с закономерно меняющейся во времени вероятностью. При этом мешающие анализу комбинационные частоты и гармоники проявляются слабо. Как и в случае температуры, изменение амплитуды шума связано как с изменением фаз Луны, так и с ходом солнечной активности. Но малозаметность ритмики сидерического лунного месяца указывает на то, что для фликкер-шума в полупроводниках имеет главное значение именно положение Луны относительно Солнца, а не звезд.

Сопоставление результатов измерений скорости счета альфа и бета источников показывает, что ритмические изменения скорости счета бета-источников значительно выше вариаций при измерениях альфа-источников, достигая десятых долей процента от средней скорости счета. Этот результат согласуется с результатами, полученными рядом других исследователей [2, 3, 24, 29].

Обнаруженные весьма значительные всплески скорости счета бета-источника, расположенного в фокусе параболического зеркала, требуют, конечно, независимой проверки. Заметим, что эксперименты с фокусирующим зеркалом были проведены целенаправленно для проверки идей о возможной роли потоков нейтрино очень низких энергий как одного из факторов космоземных взаимодействий [13, 16-19]. Полученные результаты вполне подтверждают предсказания, сделанные в этих работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, изложенные в этой статье, представляют собой лишь предварительный анализ избытка информации, поставляемого работающей установкой. Но даже такой анализ хода процессов в различных системах, охватывающий время наблюдения более пяти лет, показывает наличие в них ритмических изменений, имеющих как сходство, так и различие. Везде, хотя и с разной отчетливостью, проявляются основные космические ритмы: годичные, месячные, суточные. Они заметны даже в измерениях радиоактивности, причем ритмические изменения скорости счета бета-источников достигают десятых долей процента. Дальнейшие исследования должны показать, действительно ли происходит изменение радиоактивности, или же зарегистрирован эффект измерительной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов*, т.1, М.: ОИФЗ РАН, 1994, 176 с., т. 2, М.: Научный мир, 1998, 430 с., т. 3, М.: Янус-К, 2002, 672 с.
- [2] Бауров Ю.А., *Физическая мысль России*, № 2/3, (1997), с.126-134.
- [3] Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Кушнирук В.Ф. и др., *Физическая мысль России*, № 1. (2000), с.1-7.
- [4] Букингем М., *Шумы в электронных приборах и системах*. М.: Мир, 1986, 399 с.
- [5] Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А., *Космические ритмы*, Симферополь, 1994, 176 с.
- [6] Иванов В.В., *Успехи физ. Наук*, т.172, №7, (2002), с.777-811.
- [7] Каравайкин А.В., *Некоторые вопросы неэлектромагнитной кибернетики*, М.: Вега, 1997, 52 с.
- [8] Ключек Н.В., Паламарчук Л.Э., Никонова М.В., *Биофизика*, т. 40, Вып.4, (1995), с. 889-886.
- [9] Козырев Н.А., *Избранные труды*, Л.: Изд. Лен. университета, 1991, 448 с.
- [10] Козырев Н.А., Насонов В.В., *Проблемы исследования Вселенной*, Вып.9, (1980), с.76-84.
- [11] *Корреляции биологических, и физико-химических процессов с солнечной активностью и другими факторами окружающей среды*. Тезисы докладов международных симпозиумов. Пушино, 1993, 262 с., Пушино, 1996, 176 с.
- [12] Панкратов А.К., Нарманский В.Я., Владимирский Б.М., *Резонансные свойства Солнечной системы, солнечная активность и вопросы солнечно-земных связей*, Симферополь, 1996, 77 с.
- [13] Пархомов А.Г., *Физическая мысль России*, №1, (2000), с. 18-25.
- [14] Пархомов А.Г., *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов*, т. 2, М.: Научный мир, (1998), с. 310-312.
- [15] Пархомов А.Г., *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов*, т. 3., М.: Янус-К, (2002), с. 607-612
- [16] Пархомов А.Г. *Необычное космическое излучение. Обнаружение, гипотезы, проверочные эксперименты*, М.: МНТЦ ВЕНТ, 1995, 51 с.
- [17] Пархомов А.Г., *Сознание и физическая реальность*, т. 3. № 6, (1998), с. 24-35.
- [18] Пархомов А.Г., *Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса*, т.1, (Ред. Красногорская Н.В), СПб.: Гуманистика, (2002), с. 160-174
- [19] Пархомов А.Г. *Распределение и движение частиц скрытой материи*, М.: МНТЦ ВЕНТ, 1993, 76 с.
- [20] Пархомов А.Г., *Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса*. т.2, (Ред. Красногорская Н.В), СПб.: Гуманистика, (2002), с. 198-202
- [21] Пархомов А.Г., *Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса*, т.2, (Ред. Красногорская Н.В), СПб.: Гуманистика, (2002), т.2, с. 235-239
- [22] Пархомов А.Г., *Экспериментальные исследования инфранизкочастотных флуктуаций в полупроводниках. Закономерности. Космические ритмы*, М.: МНТЦ ВЕНТ, 1991, 24 с.
- [23] Пиккарди Дж. *Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли*, М.: Наука, (1971), с. 141-147.
- [24] Рябов Ю.В. и др., Препринт ИЯИ-1079/2002, М. 2002, 19 с.
- [25] Удальцова Н.В., Коломбет В.А. Шноль С.Е. *Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы*, Пушино: ОНТИ НЦТИ АН СССР, 1987, 96 с.
- [26] Шноль С.Э., Зенченко Т.А., Зенченко К.И., Пожарский Э.В., Коломбет В.А., Конрадов А.А., *Успехи физ. Наук*, т.170, №2, (2000), с. 213-218.
- [27] Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А., *Успехи физ. Наук*, т.168, №10, (1998), с.1129.
- [28] Эйби Дж., *Землетрясения*, М.: Недра, 1982. 264 с.
- [29] Лобашев В.М., *Вестник РАН*, т.73, №1, (2003), с. 14-27.