

Система динамического анализа комплексных параметров среды обитания и изменений психоэмоционального состояния человека

К.Г. Коротков¹, Д.В. Орлов¹

Аннотация—В статье рассматриваются принципы работы и результаты применения программно-аппаратного комплекса для анализа комплексных параметров среды обитания и изменений психоэмоционального состояния человека. Система основана на анализе параметров скользящего газового разряда, развивающегося в системе электродов острие-плоскость при наличии разомкнутого внешнего контура связанных LC-контуров. Показано, что данная система чувствительна к изменениям параметров внешней среды, а также вариациям психоэмоционального состояния людей, находящихся вблизи прибора. Приведена гипотеза возможного физического механизма наблюдаемых явлений. Система основана на серийно выпускаемых приборах и может быть использована для регистрации эффектов медитации, психотренинга, музыки и других событий, влияющих на психику человека.

I. ВВЕДЕНИЕ

Экологическое состояние среды обитания и ее влияние на здоровье и самочувствием человека определяется совокупным комплексом параметров био и техно-сферы. К ним можно отнести и особенности климата данной местности, в частности, уровень соларизации, и уровень загрязненности воздуха, и распределение электромагнитных полей, как естественного, так и техногенного происхождения, и множество других факторов. Как показано в последнее время, существенный вклад вносят такие неоднородности строения земной коры, как зоны разрывных тектонических нарушений и напряжений, и приуроченные к ним древние захороненные реки [1], [2]. В частности, в 1992-2005 гг в Санкт-Петербурге силами большого научного коллектива был проведен комплекс геологических, эколого-геохимических и медико-географических исследований, в результате которых была показана статистически достоверная корреляция между уровнем заболеваемости в различных районах С-Петербурга и наличием подземных аномалий [3]. Широко обсуждаются фактор влияния электромагнитного поля в общей проблеме безопасности жизнедеятельности человека [4], [5],

[6], вплоть до влияния электромагнитных излучений искусственного происхождения на общий баланс собственного микроволнового излучения Земли и реакция биологических систем на возмущения электромагнитного поля в области КВ и УКВ диапазонов за счет деятельности человека [7]. Многообразие факторов и их динамический характер требует применения комплекса специализированных приборов, что не всегда доступно даже для хорошо оборудованных исследовательских центров. Это затрудняет оценку экологической безопасности окружающей среды и делает ее малодоступной даже для крупных строительных организаций, не говоря уже об индивидуальных гражданах. Между тем подобная оценка является принципиально важной как на этапе проектирования нового строительства, так и при анализе причин плохого самочувствия и повышенной заболеваемости людей в определённых климато-географических зонах. Поэтому актуальной проблемой для инженерной мысли является разработка информативного недорогого прибора для комплексной оценки интегральных параметров экологической среды обитания, который может применяться как в профессиональной среде, так и гражданским населением.

II. МЕТОД

Метод газоразрядной визуализации (ГРВ) находит все более широкое применение в научных и практических приложениях, в частности, в медицине, спорте, исследовании воды, растений и минералов. Исследуемый объект помещается в электромагнитное поле высокой напряженности, стимулирующее эмиссию фотонов и электронов с поверхности объекта. Заряженные частицы размножаются в газовом разряде, возникающее свечение передается в компьютер и анализируется [8], [9]. Снимки (ГРВ-граммы) всех десяти пальцев рук предоставляют подробную информацию о человеке, о его психосоматическом и физиологическом состоянии [10], [11]. ГРВ камера и её сопутствующее программное обеспечение в настоящее время является эффективным и надежным инструментом в области биоэлектрографии. Параметры изображения, сформированного стимулированным свечением газового разряда вблизи поверх-

¹ Санкт-Петербургский университет информационных технологий, механики и оптики, Россия, тел. +7(921) 9368394 korotkov2000@gmail.com.

ности пальца, отражают влияние нервно-гуморального состояния всех органов и систем. Специализированный программный комплекс регистрирует эти параметры, которые используются для определения состояния здоровья человека. В данное время ГРВ камера выпускается компаниями в России и США (www.ktispb.ru, www.bio-well.com). Метод ГРВ нашел применение в медицине, спорте, исследовании воды и материалов [12], [13], [14], [15], [16], [17].

Одним из новых направлений ГРВ исследований является регистрация параметров окружающей среды и реакции группы людей на различные информационно-психологические воздействия [18], [19], [20], [21], [22], [23].

Для проведения таких измерений авторами совместно с компанией ООО “КТИ” были разработаны и запущены в серийное производство приборы “ГРВ Эко-Тестер”, “Био-Велл”, а также сенсор “ГРВ Спутник”, которые обеспечивают необходимую чувствительность и стабильность измерительной системы. Была разработана стандартная процедура проведения измерений и обработки результатов [21].

III. ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ГАЗОРАЗЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Принцип формирования газоразрядных изображений (ГРИ) описан в [8], [9]. Процедура формирования ГРИ с помощью прибора заключается в следующем. Металлический цилиндр (тест-объект) помещается на прозрачный кварцевый электрод, на обратную сторону которого нанесено прозрачное токопроводящее покрытие, на которое в течение заданного промежутка времени подаются импульсы напряжения от генератора. Мощность импульсов и длительность воздействия задаются программно. В пике напряженности импульсного электрического поля на поверхности электрода возникает эмиссия электронов и фотонов с поверхности объекта (металлического цилиндра), что приводит к развитию лавинного и/или скользящего газового разряда. Характеристики газового разряда определяются свойствами внешней цепи - то есть тест-объекта, провода, подключенного к нему, антенны “ГРВ Спутник” и пространства между антенной и землей. Пространственное распределение разряда фиксируется специализированной видеокамерой на базе ПЗС-матрицы, расположенной непосредственно под прозрачным электродом. Видеопреобразователь осуществляет оцифровку изображения и передачу его на компьютер для дальнейшей обработки. ГРИ обрабатываются в специально разработанном программном комплексе, где осуществляется расчет параметров изображений, таких как энергия свечения, площадь засветки, средняя интенсивность разряда и др. Параметры ГРИ зависят от физических характеристик внешней цепи, в частности, электрической емкости и сопротивления [21].

В последних модификациях обработка ГРИ производится в реальном времени на сервере, на котором установлено специально разработанное программное обеспече-

ние Bio-Well. Прибор ГРВ через Интернет посылает каждое снятое ГРИ на сервер, где рассчитываются необходимые параметры. Рассчитанные данные в виде графиков пересылаются с сервера на пользовательский компьютер, на котором установлена пользовательская версия программного обеспечения, позволяющая получать числовые значения рассчитанных параметров в реальном времени.

IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схематическое представление экспериментальной установки приведено на рисунке 1.

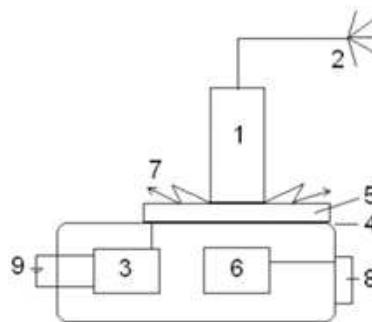


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - металлический цилиндр; 2 - антенна “ГРВ Спутник”; 3 - генератор высоковольтных импульсов; 4 - прозрачное токопроводящее покрытие; 5 - прозрачный кварцевый электрод; 6 - видеопреобразователь; 7 - газовый разряд; 8 - USB-накопитель; 9 - источник питания.

Титановый цилиндр 1 диаметром 15 мм, соединенный со специальной антенной 2 устанавливается на поверхность кварцевого электрода 5, на обратную сторону которого нанесено прозрачное токопроводящее покрытие 4. С генератора 3 на это покрытие подается последовательность импульсов напряжения амплитудой до 7 кВ, длительностью 10 мкс с частотой 1 кГц пачками 0,5 с каждые 5-10 с. Свечение газового разряда 7 преобразуется опико-электронной системой 6 в серию изображений, которые анализируются в компьютере. Файлы имеют метки времени, что позволяет при обработке сопоставить их с последовательностью регистрируемых событий.

Экспериментальную систему в случае нахождения в помещении можно представить в виде эквивалентной схемы системы связанных LC контуров (рис. 2).

Разряд развивается за счет токов смещения между антенной 2 и заземленными или проводящими объектами в окружающем пространстве. В зависимости от наличия полей различной природы в окружающей среде, химического состава воздуха и состояния проводящих объектов, (к которым относятся люди), меняются условия распространения электромагнитной волны в пространстве, вследствие этого токи в системе перераспределяются, следовательно, изменяются параметры свечения. Таким образом, данная экспериментальная система может реагировать на изменение

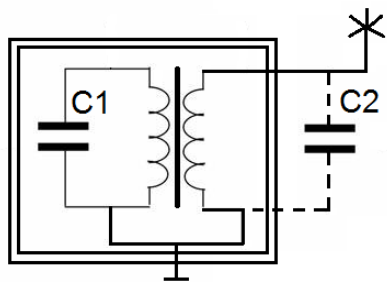


Рис. 2. Эквивалентная схема экспериментальной установки, где C1 соответствует емкости электронной схемы ГРВ прибора, C2 - эквивалентная емкость антенны на помещение.

электрической емкости окружающего пространства и находящихся в ней проводящих объектов.

Изменение функционального состояния человека приводит к изменению импеданса тела, распределения полей различной природы вокруг тела, химического состава окружающего воздуха за счет выдыхаемого воздуха и выделяемых эндокринной системой через кожу веществ. Таким образом, данная экспериментальная система может реагировать на изменение электрической емкости окружающего пространства и находящихся в ней проводящих объектов.

Обработка данных в рамках данной работы производилась в специально разработанном программном обеспечении, при обработке данных брались к рассмотрению не только абсолютные значения параметров ГРИ - площади, средней интенсивности и энергии, - но и их стандартные отклонения внутри серии.

Во время всех измерений производился контроль параметров воздуха: относительной влажности, температуры и давления. В ряде случаев также учитываются доступные через Интернет параметры геофизической обстановки: фазы Луны, геомагнитная обстановка на день измерения и ряд других.

V. ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГРВ-ГРАММ

Для выявления оптимального диапазона параметров прибора определялась зависимость параметров ГРИ от емкости подключенного конденсатора в промежутке значений емкостей 8 - 220 пФ, так как при исследовании различных материалов и жидкостей параметры ГРИ не выходят за пределы данного диапазона. Нижний предел, равный 8 пФ, обоснован тем фактом, что при более малых значениях емкости газовый разряд не формируется или же формируется нестабильно. Верхний же предел обоснован тем, что значения параметров ГРВ-грамм при 220 пФ практически равны значениям при подключении тест-объекте к разъему заземления прибора ГРВ. Пример экспериментальной кривой приведен на рис. 3. Оптимальная чувствительность наблюдается на возрастающем участке кривой, выбор которого обусловлен как элементами схемы прибора, так и параметрами внешней среды.

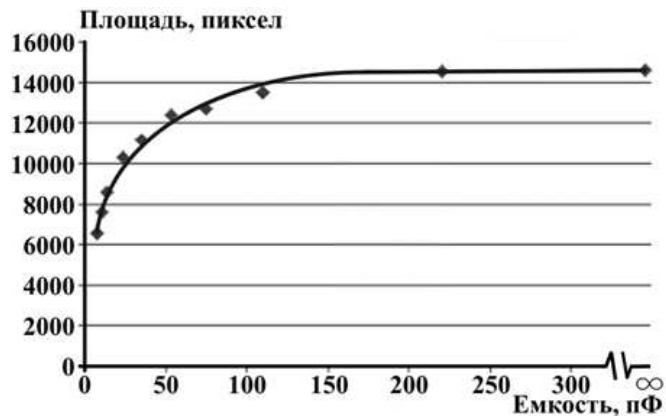


Рис. 3. Зависимость площади ГРИ от емкости конденсатора.

VI. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Как было показано в ряде работ [17], [18], сопротивление человеческого тела относительно мало, что обеспечивается значительным процентным объемом электролитических жидкостей в организме (в виде крови, лимфы, меж- и внутриклеточной жидкости и пр.). При этом дисперсия диэлектрической проницаемости тела имеет нелинейную природу с выраженными специфическими областями. Дисперсия диэлектрической проницаемости обусловлена наличием поляризованных структур в организме, которые присутствуют на самых различных уровнях от молекулярного до уровня органов и всего тела (например, в результате работы мышечной системы). На значительных дистанциях, сравнимых с линейными размерами всего тела, напряжения, имеющие значения более электролитического потенциала (0.7 - 1.4 В, в зависимости от электрохимической реакции и электролита) вызывают протекание токов, т.е. перераспределение заряда. В случае высокочастотных внешних воздействий электрического поля на тело человека в силу значительной массы и инерции ионов токи переноса замещаются токами смещения. Таким образом, тело человека во всем диапазоне частот ЭМП нельзя однозначно отнести к проводникам или диэлектрикам, электропроводящие свойства человеческого тела нелинейны и нестационарны.

Проведенные исследования показали, что чувствительным элементом системы является не только антенна "ГРВ Спутник" (емкостная связь), но и сам газовый разряд, формируемый вокруг металлического цилиндра, установленного на кварцевом электроде, который является чувствительным к химическому составу газовой среды (воздуха) и ее физическим характеристикам.

На рисунке 4 представлено мгновенное распределение электромагнитного поля в случае нахождения в помещении антенны 1, на которую подается потенциал, и незаземленного электропроводящего объекта 2, рассчитанное на основе физико-математической модели. Хорошо видно, что происходит перераспределение заряда из-за нахождения в помещении объекта. Эта

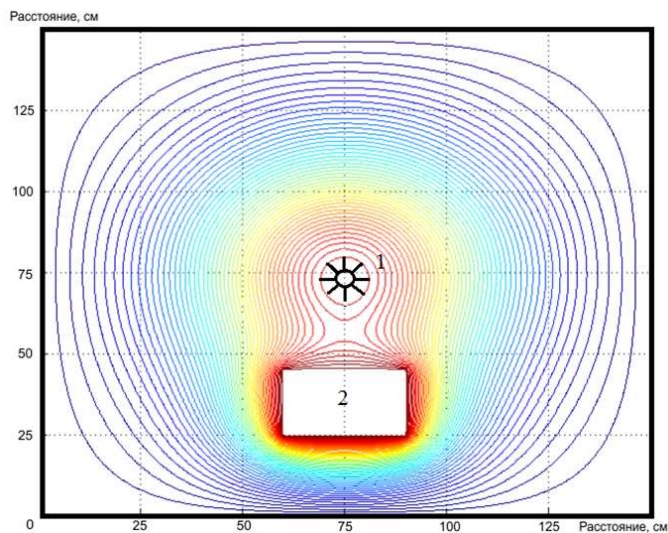


Рис. 4. Картина поля в помещении на уровне среза 0,2 м от пола, где в центре находится “ГРВ Спутник”.

модель иллюстрирует тот факт, что при нахождении в помещении массивных электропроводящих объектов, сравнимых с размерами помещения, меняется распределение электромагнитного поля, что сказывается на импульсном токе, протекающем в цепи антенны. При изменении импеданса объекта характер распределения поля тоже меняется. Таким образом, емкость зависит от напряженности поля вокруг антенны “ГРВ Спутник”, характеристик окружающей среды и характеристик присутствующих в помещении объектов.

В данной модели не учитывается изменение состава воздуха, от которого зависят параметры газового разряда и, соответственно, сигнал датчика. Наиболее сильно влияют органические молекулы, которые в большом количестве образуются при нахождении людей в помещении, как за счет дыхания, так и перспирации кожи. Эти факторы усиливаются в процессе эмоционального возбуждения.

Следовательно, сигнал датчика зависит от комплекса параметров окружающей среды, многие из которых не поддаются прямому измерению. Можно сказать, что датчик “ГРВ-Спутник” (рис. 5) является интегральным анализатором состояния окружающей среды.

VII. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

На рис. 6 приведено изображение свечения тест-объекта.

Было показано, что основными информативными параметрами для анализа являются:

1. Площадь: количество пикселей изображения после программного удаления шума, пропорциональна количеству фотонов, формирующих изображение в данный момент времени.

2. Интенсивность: усредненная интенсивность излучения.

3. Энергия: уровень энергии излучения.



Рис. 5. Прибор ГРВ “Био-Велл” с датчиком “Спутник”.

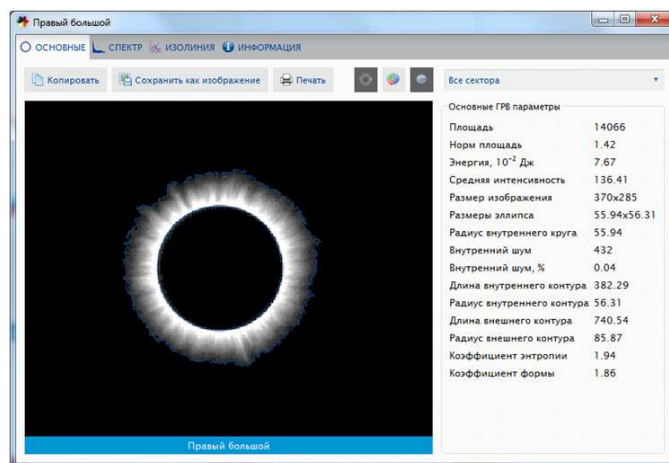


Рис. 6. Вид экрана программы “Био-Велл” с изображениями свечения тест-объекта и списком основных параметров.

4. Стандартное отклонение параметров, оцененное в режиме скользящего окна.

Энергия излучения вычисляется как произведение площади свечения на интенсивность, с экспериментально определяемым коэффициентом, зависящим от чувствительности ПЗС матрицы прибора [13]. Коэффициент вычисляется на основании следующих данных.

Как показано в [24], чувствительность ПЗС матрицы определяется следующим выражением

$$\frac{1}{S} = \frac{W}{I} = \frac{E}{sI} = \frac{4PtI}{\pi d^2 I} \quad (1)$$

где W - плотность энергии излучения источника [Дж/см²], I - величина отклика (сигнала) [деления], E - энергия излучения источника [Дж], s - площадь участка ПЗС-матрицы, засвеченного излучением [см²], P - мощность источника излучения [Вт], t - выдержка, устанавливаемая на фотоаппарате [сек], T - суммарный

коэффициент пропускания светофильтров, используемых при регистрации излучения, d - диаметр участка ПЗС-матрицы, засвеченного излучением [см].

Экспериментально было определено, что чувствительность падает с увеличением длины волны и для $\lambda = 424$ нм имеет порядок 10^{-10} Дж/см² как для лазерного, так и для лампы накаливания.

Естественно, этот параметр зависит от типа ПЗС и используемого оптического тракта. Поэтому было проведено экспериментальное исследование параметров отклика используемой в ГРВ приборах ПЗС камеры при помощи лампы накаливания с известными параметрами. Использовалась матированная лампа мощностью 10 Вт, дающая относительно равномерный поток излучения в видимом диапазоне.

Для этой лампы засветка ПЗС матрицы соответствовала площади $S = 61000$ пиксел при величине спектра от 55 до 255 с максимумом на 160 и средним 220.

Отсюда эквивалентная мощность источника (в Вт) может быть рассчитана как

$$P = \frac{P_{calib}SI}{(SI)_{calib}} = \frac{10 \cdot SI}{61000 \cdot 220} = S \cdot I \cdot 8 \cdot 10^{-7} \quad (2)$$

$$\text{Энергия } E[\text{Дж}] = P[\text{Вт}] \cdot t[\text{сек}] \quad (3)$$

ГРВ импульсы длительностью 10^{-4} с подаются с частотой 1000 Гц в течение 0,5 с. Следовательно, время накопления сигнала на ПЗС матрице составляет $5 \cdot 10^{-2}$ с, откуда $E = 5 \cdot 10^{-2}P$. Таким образом, формула для энергии излучения ГРВ сигнала принимает следующий вид

$$E = S \cdot I \cdot 4 \cdot 10^{-8}[\text{Дж}] \quad (4)$$

С использованием этой формулы можно представлять как результаты обработки ГРВ-грамм, так и динамические данные в единицах энергии излучения.

ГРВ параметры используются при статистической обработке клинических данных в медицине и биофизике.

Исследования показали, что информативными являются не только абсолютные значения параметров, но и их вариабельность во времени. Абсолютные значения параметров связаны с различными физическими и химическими характеристиками окружающего антенну "ГРВ Спутник" воздуха и проводящих и поляризуемых объектов в непосредственной близости (в пределах нескольких метров) от антенны, поскольку эти характеристики определяют электрическую емкость между антенной и "землей". Стандартное отклонение "площади" и "энергии свечения" связаны со стабильностью этих параметров во времени. Поэтому был предложен метод вычисления вариабельности параметров ГРИ.

Основным показателем вариабельности случайной величины является размах, однако он оценивает только границы варьирующего признака и не отражает степень колебания внутри этих границ. Этого недостатка лишен показатель дисперсия. Для исследования

совокупности обычно рассчитывается среднеквадратическое отклонение (квадратный корень из дисперсии), которое показывает, насколько в среднем отклоняются конкретные значения переменной от его среднего значения.

Исходя из специфики исследований, необходимо определять среднеквадратическое отклонение (СКО) не для всей выборки - за всё время измерений, а изменение СКО во времени. Соответственно, был выбран метод расчета СКО в режиме скользящего окна, то есть для каждого рассчитываемого значения брались определенное количество предшествующих значений параметра ГРИ. При расчете каждого последующего значения СКО из базы расчета выбрасывалось первое значение в ряду и добавлялось новое из выборки. Ключевым вопросом было определение количества значений, на базе которых рассчитывать СКО. На основе многочисленных экспериментальных данных был выявлен базовый интервал для расчета СКО - от полутора до двух минут, что при 5-секундном интервале между разрядами составляет от 18 до 24 ГРИ. С целью стандартизации процедуры обработки данных размер скользящего окна был выбран равным 20 ГРИ. Следовательно, была принята следующая формула расчета:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{20} \sum_{i=t-19}^t (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

где t - элемент выборки, с которого начинается отсчёт 20-и последних ГРИ; x_i - i -ый элемент выборки из 20-и предыдущих значений; \bar{x} - среднеарифметическое значение параметра.

При увеличении скользящего окна теряется чувствительность показателя СКО, а при его уменьшении - возрастает шум, так как вес одного значения становится слишком большим.

Программное обеспечение позволяет автоматически проводить статистическую обработку динамических рядов данных. Для этого пользователь выставляет временные метки на графике процесса. В зависимости от особенностей зарегистрированного процесса, рекомендуется ставить метки каждые 5, 10 или 15 минут, в зависимости от длительности процесса, а также метки, отмечающие важные моменты. Программа вычисляет средние и СКО для каждого интервала и проводит статистическое сравнение соседних интервалов по методу Стьюдента и Манн-Уитни. Все исходные данные сохраняются в виде файла для последующей обработки в статистических программах.

Исследования показали, что при стабильных параметрах окружающей среды в помещении параметры датчика выходят на стационарный уровень через 15-45 минут работы, после чего вариабельность сигнала в течение 5-6 часов измерения была статистически не значима и не превышала 10%. Значимые изменения сигнала были зарегистрированы при изменении

относительной влажности более чем на 5% и скачке температуры воздуха на ± 5 °С.

VIII. РЕЗУЛЬТАТЫ

Большая серия исследований и полевых испытаний в России, в Венесуэле, Колумбии, Англии, Испании в 2008-2014 гг показали, что прибор чувствителен к изменению параметров природной среды. Например, 1 августа 2008 года была проведена серия измерений в Новосибирске, Бердске, Иркутске и Абакане с использованием 7 независимых приборов в процессе полного солнечного затмения. У всех приборов экспериментальные кривые имели две четко выраженных фазы: до затмения и после затмения (рис. 7). До затмения на всех графиках отмечались длинноволновые колебания двух типов: убывающий (для двух приборов) и возрастающий (для пяти приборов). После затмения сигнал стабилизировался с вариабельностью менее 1%.

Измерения показали, что прибор реагирует на фазы луны, восход и заход солнца в южных странах, где этот процесс имеет ярко выраженный характер; вариабельность сигнала существенно возрастает в геоактивных зонах [20]. Вадим Сеидов в Берлине проводил измерения при помощи "ГРВ Спутника" в одно и тоже время в течение года. Он обнаружил, что амплитуда сигнала существенно меняется в дни полнолуния [25]. Особый интерес представляет измерение подсознательных психоэмоциональных реакций групп людей.

В 2012 году были проведены эксперименты по исследованию воздействия низкоинтенсивного звука на людей-операторов. Исследования проводились в аудитории с контролируемыми параметрами среды. На первом этапе прибор был установлен в пустой аудитории и через час после записи фона включен генератор звука. Не было зафиксировано изменение сигнала. На втором этапе после записи фона в пустой аудитории в нее были приглашены 10 студентов для выполнения контрольных заданий при работе на компьютере. Через 15 мин после начала их работы на 30 минут включался низкоинтенсивный звук на границе слухового диапазона человека - около 20 Гц и около 20 кГц. Запись проводилась 15 минут после выключения звука. Помимо измерений посредством прибора "ГРВ Спутник" производилось тестирование участников эксперимента по методу оценки функционального психоэмоционального состояния "САН" (самочувствие, активность, настроение) [26] в начале эксперимента и по окончании его. Все участники дали свое согласие на участие в исследовании, но не знали в какой момент времени будет включаться низкоинтенсивный звук.

При проведении дисперсионного анализа данных было доказано, что существует статистически значимая разница с вероятностью более 99% между фоновым сигналом до включения звука частотой 20Гц и после включения (Таблица I).

Время воздействия звуком с частотой 20 Гц можно разбить на два различных этапа: в ходе первого

Таблица I
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ ГРИ И СКО ПЛОЩАДИ ГРИ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.

Параметр /Время	1. Фон до звука	2. Первые 10 минут звука 20 Гц	3. Последние 10 минут звука 20 Гц	4. Фон после звука
Площадь ГРИ	5080	5191	5178	5198
СКО площади	95,1	73,6	104,0	101,1

$p < 0.005$ при сравнении интервалов 1-2, 1-3, 1-4, 2-3

этапа произошло увеличение площади ГРИ и снижение СКО площади ГРИ, а в ходе второго площадь ГРИ стабилизировалась, а СКО площади ГРИ вернулось к исходному фоновому уровню с незначительным увеличением. Интерпретация полученных данных может быть следующая: сразу после включения звука организмы операторов ПК поддались оказываемому стрессу (минимальное значение СКО - минимальная активность), но спустя некоторое время они подключили дополнительные внутренние резервы организма и вышли на нужный для работы уровень активности, что выразилось в возвращении СКО площади ГРИ к фоновым значениям. Соответственно, работа в таком режиме должна приводить к ускоренному истощению внутренних резервов организма, что и было подтверждено психологическими тестами САН (см. Таблицу II).

Таблица II
Средние показатели группы по шкалам методики САН.

Самочувствие		Активность		Настроение		Средние	
до	после	до	после	до	после	до	после
5,54	4,5*	4,78	3,7*	5,36	4,7*	5,23	4,3*

* $p < 0.05$

Нормальные оценки состояния по методу САН должны лежать в диапазоне 5,0 - 5,5 баллов. Анализ данных таблицы показывает, что до работы показатели по всем показателям были в пределах нормы, а после работы произошло значительное снижение.

В ходе контрольного эксперимента без включения звука частотой около 20 Гц и включении звука частотой 20 кГц ни данные прибора "ГРВ Спутник", ни метод оценки функционального психоэмоционального состояния "САН" не выявили статистически значимой реакции участников эксперимента. Также не было отмечено изменений сигнала прибора "ГРВ Спутник" в пустом помещении при включении звука частотой 20 Гц.

На основании полученных данных мы можем заключить, что разработанная система и методика измерений позволяют исследовать изменение психоэмоционального состояния групп людей. Психоэмоциональное состояние вплотную связано с функциональной активностью различных систем человеческого организма, таких как нервная система, эндокринная система, сердечнососудистая система. Для установления непосредственной

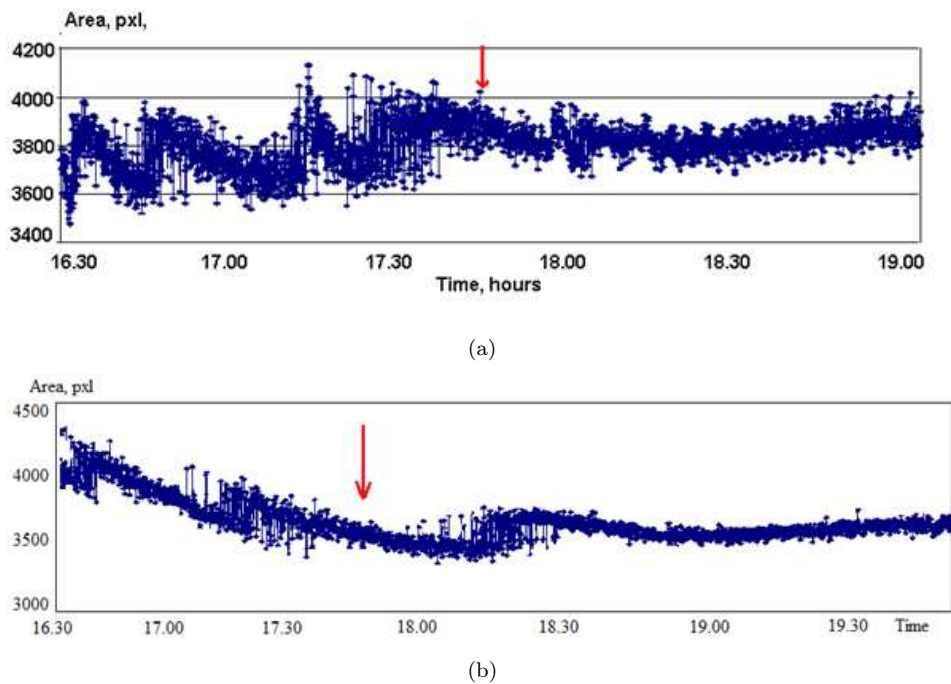


Рис. 7. Временная динамика изменения площади сигнала прибора “ГРВ Спутник” во время полного солнечного затмения 01.08.2008 г. в Новосибирске в двух точках измерений. Стрелкой показан момент полного покрытия диска Солнца тенью луны.

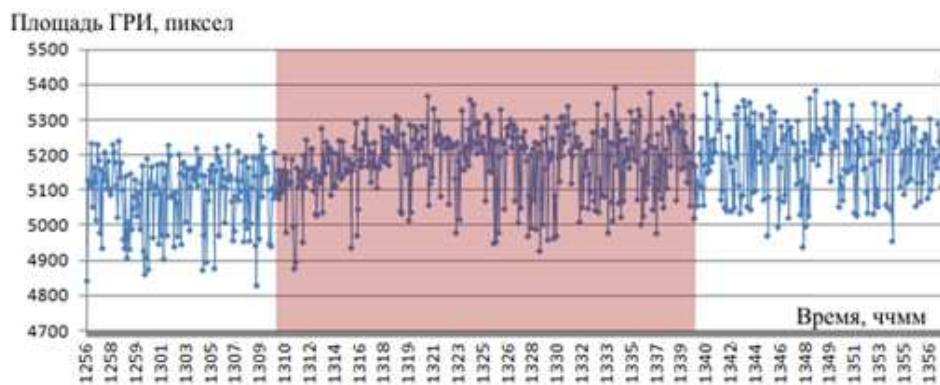


Рис. 8. Изменение площади ГРИ во время эксперимента; красным цветом выделено время включения низкоинтенсивного звука частотой 20 Гц.

связи получаемого сигнала с функциональной активностью различных систем организма человека требуется проведение дополнительных исследований.

В 2009-2014 гг различными исследователями в России, США, Индии, Италии и Голландии было проведено более 100 измерений во время коллективных мероприятий, и во всех случаях была зафиксирована реакция прибора на изменение психоэмоционального состояния членов исследуемой группы [18], [19], [20]. Исследования показали, что чем выше площадь ГРИ, тем выше функциональная активность групп людей, присутствующих в исследуемом помещении.

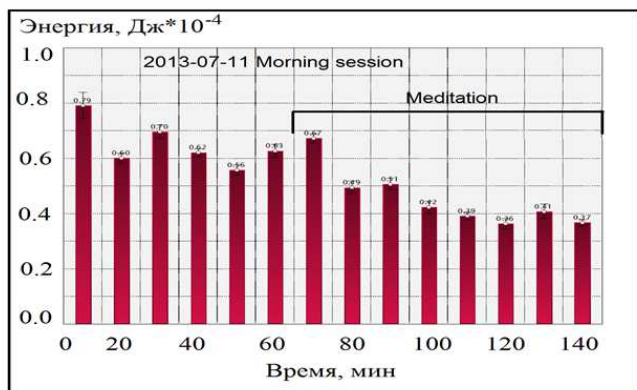
Например, была проведена серия измерений в США во время семинара, проводимого Джо Диспенса 11-14 июля 2013 г. На семинаре присутствовали 113 человек, которые слушали лекции и дважды в день проводили коллективную медитацию в течение 80-90 минут. Джо

Диспенса руководил процессом медитации, в зале звучала спокойная музыка. Прибор “Био-Велл” с датчиком “Спутник” и компьютер устанавливались в углу комнаты, запись проводилась автоматически с обработкой данных на сервере в реальном масштабе времени каждый день до и в процессе медитации в утренней и дневной сессии в течение 6-8 часов непрерывно.

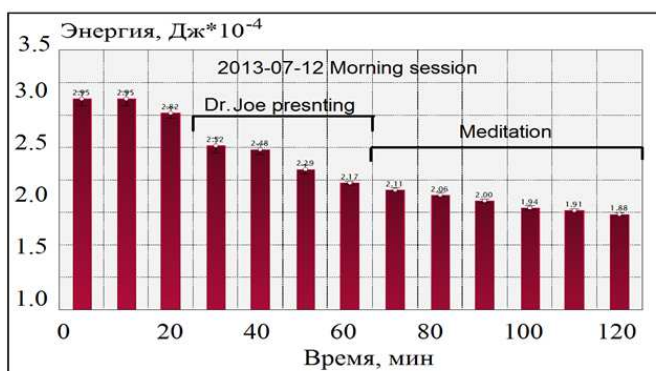
За день до начала семинара была проведена запись сигнала датчика в течение 4-х часов в пустом помещении для проведения семинара. После установления стабильного уровня сигнала через 20 минут после начала измерений вариабельность сигнала не превышала 10-15%.

Анализ данных показал, что в процессе медитации наблюдается уменьшение сигнала датчика (рис. 9). При обработке сигнала данные были разбиты на 10-минутные интервалы, в которых вычислялись сред-

ние значения и стандартное отклонение. Проводилось статистическое сравнение соседних интервалов параметрическим и непараметрическим методом.



(a)



(b)

Рис. 9. Пример обработки сигнала прибора, записанного во время утренней сессии 11 и 12 июля 2013 г.

Уменьшение сигнала в процессе медитации наблюдалось в течение всех 4-х дней проведения семинара. Во время перерыва уровень сигнала увеличивался. Наблюдалось также увеличение сигнала ото дня ко дню (рис. 10). При проведении контрольных измерений в различных помещениях при отсутствии публики подобный эффект не наблюдался.

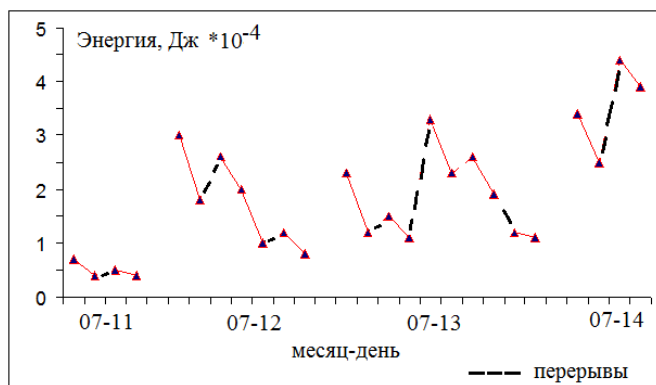


Рис. 10. Средние значения энергии сигнала в начале и конце каждой сессии в течение 4-х дней семинара Джо Диспенса.

Подобные измерения проводились неоднократно на различных семинарах. Наблюдался как аналогичный эффект уменьшения сигнала, так и отсутствие статистически значимых изменений.

Интересным направлением является измерение во время исполнения музыкальных произведений. Многочисленные эксперименты показали, что в большинстве случаев сигнал прибора статистически значимо изменяется при “живом” исполнении музыкальных произведений.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система позволяет осуществлять неселективный мониторинг характеристик окружающей среды и неинвазивную оценку функциональной активности человека или групп людей в реальном времени. Применение прибора ГРВ совместно со специальной антенной “ГРВ Спутник” позволяет осуществлять мониторинг функционального состояния (в частности эмоционального состояния) групп людей. Разработанная методика была испытана во время театральных представлений и концертов, семинаров и лекций, а также в процессе медитации групп людей. Во всех исследованных случаях наблюдалась корреляция изменений параметров газоразрядного свечения и эмоционального состояния аудитории.

Наименьшие значения среднеквадратического отклонения площади свечения ГРИ соответствуют спокойному состоянию людей. Соответственно, чем больше среднеквадратическое отклонение, тем выше функциональное напряжение людей, находящихся в помещении. Планируется проведение экспериментов для установления непосредственной связи получаемого сигнала с функциональной активностью каждой из систем организма человека.

Разработанная система имеет два чувствительных элемента: антенна “ГРВ Спутник” и сам газовый разряд, что делает ее неселективно чувствительной к изменениям химических и физических характеристик окружающего пространства.

Планируется проведение корреляционных измерений для установления связи сигнала экспериментальной системы с изменениями физиологических показателей, измеряемых посредством ЭЭГ, ЭКГ, КГР и др., и изменениями уровня инфразвука, ультразвука, шумовой нагрузки, радиации, электромагнитных полей различного диапазона и амплитуды.

Разработана и выпускается серия приборов для работы с датчиком. Обработка данных может проводиться как в компьютере, так и на сервере в реальном масштабе времени (www.bio-well.eu). Компания www.avdspb.ru предлагает услуги по комплексному анализу параметров окружающей среды как на природе, так и в помещениях. Представляется интересным проводить измерения в местах массового скопления людей: в театре, концертном зале, лекционной аудитории, в церкви во время богослужения. Разработанный датчик после проведения соответствующих исследований может быть

использован в образовании, службах безопасности, геофизике, изучении геоактивных зон. В настоящее время различными исследователями используется более 100 приборов с датчиком "Спутник".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Меткин Н.П. и др. Мельников Е.К., Пивоварова Г.М. *Зоны геодинамически активных разломов и их влияние на здоровье человека. Учебно-методическое пособие.* Изд. "Ладога-100", СПб., 2013. 76.
- [2] Ястребов В.С. Геоактивные и геопатогенные зоны Земли и их опасные проявления. *Вестн. РАЕН*, 5(4):71–79, 2005.
- [3] Мельников Е.К. *Зоны биологического дискомфорта, связанные с неоднородностями и геологическим строением земной коры.* Центр МАНЭБ, СПб., 2008.
- [4] Боровик С.И. и др. *Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов, под ред. А.И. Сидорова.* КноРус, М., 2007. 495.
- [5] Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В. *Электростатическая экология: учеб. пособие.* ТМЛ-Пресс, Томск, 2009. 336.
- [6] "Безопасность большого города", *сборник статей (под ред. Э. И. Слепяна).* Изд-во Сергея Ходова, 2007.
- [7] Бурлаков А.Б., Капранов Ю.С., Куфаль Г.Э., Перминов С.В. Антропогенные возмущения ионосферы как дестабилизирующий фактор гелиобиосферных корреляций. *Вестн. Калужск. ун-та.*, (1):15–24, 2007.
- [8] Коротков К.Г. *Основы ГРВ биоэлектрографии.* ИТМО (ТУ), СПб., 2001. 356.
- [9] Коротков К.Г. *Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии.* Изд-во "Реноме", СПб., 2007. 286.
- [10] Korotkov K.G., Matravers P., Orlov D.V., Williams B.O. Application of Electrophoton Capture (EPC) Analysis Based on Gas Discharge Visualization (GDV) Technique in Medicine: A Systematic Review. *J Altern Complement Med.*, (16):13–25, 2010.
- [11] Яковлева Е.Г. *Метод ГРВ биоэлектрографии в медицине.* Изд-во "Менеджер", М., 2012. 105.
- [12] Коротков К.Г., Короткова А.К. *Инновационные технологии в спорте: исследование психофизиологического состояния спортсменов методом газоразрядной визуализации.* Советский Спорт, М., 2008. 278.
- [13] Korotkov K.G. *Human Energy Field: Study with GDV Bioelectrography.* Backbone Publishing Co, NJ, 2002. 278.
- [14] Hossu M, Rupert R. Quantum Events of Biophoton Emission Associated with Complementary and Alternative Medicine Therapies. *J Altern Complement Med.*, 12(2):119–124, 2006.
- [15] Rgeusskaja G.V., Listopadov U.I. Medical Technology of Electrophotonics - GDV - in Evaluation of Cognitive Functions. *J Sci Healing Outcome*, 2(5):16–19, 2009.
- [16] Korotkov K., Korotkin D. Concentration dependence of gas discharge around drops of inorganic electrolytes. *J of Applied Physics*, 89(9):4732–4737, 2001.
- [17] Korotkov K. et. al. The research of the time dynamics of the gas discharge around drops of liquids. *J of Applied Physics*, 95(7):3334–3338, 2004.
- [18] Korotkov K., Orlov D., Madappa K. New Approach for Remote Detection of Human Emotions. *Subtle Energies & Energy Medicine*, 19(3):1–15, 2009.
- [19] Коротков К.Г., Орлов Д.В. Комплексный подход к исследованию ноосферно-экологических параметров и эмоций человека. XIV международный научный конгресс "Наука. Информационная. Сознание": материалы, Стр. 180-189. 2010.
- [20] Орлов Д.В., Коротков К.Г. Измерение энергетических характеристик пространства методом газоразрядной визуализации. VIII международная Крымская конференция "Космос и Биосфера": тезисы, 2009. Стр. 251-253.
- [21] Орлов Д.В. *Методика проведения измерений объектов природной среды на программно-аппаратном комплексе газоразрядной визуализации (ГРВ): методическое пособие [под ред. д.т.н. Короткова К.Г.].* СПбГУ ИТМО, СПб., 2009. 47.
- [22] Коротков К.Г., Орлов Д.В., Величко Е.Н., Гатчина Ю.Ю. Процедура проведения измерений объектов природной среды методом газоразрядной визуализации. *Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО*, 66(2):59–65, 2010.
- [23] Орлов Д.В., Петрова Е.Н., Чайкун К.Е. Параметрические зависимости частотно-резонансных оптоэлектронных контуров. *Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО*, 48(2):225–232, 2008.
- [24] Васин Б.Л., Малькова С.В., Осипов М.В. Методика измерения спектральной чувствительности пзс-матрицы. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Препринт 18, 2007. <http://ellphi.lebedev.ru/20/pdf18.pdf>.
- [25] Сеидов В. Измерение сигнала датчика "Спутник" в течение года. XVII международный научный конгресс "Наука. Информационная. Сознание": материалы, Стр. 25. 2013.
- [26] Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П., Шарай В.Б. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния. *Вопросы психологии*, (6):141–145, 1973.