

# СОБЫТИЙНО-СВЯЗАННАЯ ТЕЛЕМЕТРИЯ РИТМА СЕРДЦА ДЛЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ И СТРЕССА В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DOI: 10.17691/stm2019.11.1.13

УДК 616.12–008.1–073.782

Поступила 11.01.2019 г.

С.А. Полевая, д.б.н., зав. отделом нейрофизиологии ЦНИЛ<sup>1</sup>; зав. кафедрой психофизиологии<sup>2</sup>;Е.В. Еремин, инженер отдела нейрофизиологии ЦНИЛ<sup>1</sup>;Н.А. Буланов, магистрант<sup>3</sup>;А.В. Бахчина, к.пс.н., научный сотрудник лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова<sup>4</sup>;ведущий инженер лаборатории поведения и поведенческой экологии млекопитающих<sup>5</sup>;А.В. Ковальчук, младший научный сотрудник лаборатории автоволновых процессов<sup>6</sup>;С.Б. Парин, д.б.н., зав. межкафедральной лабораторией когнитивной психофизиологии<sup>2</sup><sup>1</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005;<sup>2</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, проспект Гагарина, 23, Н. Новгород, 603950;<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, ул. Мясницкая, 20, Москва, 101000;<sup>4</sup>Институт психологии РАН, ул. Ярославская, 13, Москва, 129366;<sup>5</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Ленинский пр., 33, Москва, 119071;<sup>6</sup>Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН, ул. Ульянова, 46, Н. Новгород, 603950

**Цель исследования** — описание возможностей новой информационно-телекоммуникационной технологии — событийно-связанной телеметрии ритма сердца — для дистанционного мониторинга когнитивных функций и стрессогенных ситуаций в контексте естественной деятельности.

**Результаты.** Разработана новая технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца и рассмотрены возможности ее использования для исследования когнитивных функций. Представлена оптимальная архитектура информационно-телекоммуникационной системы, обеспечивающая непрерывный мониторинг функционального состояния человека в контексте сенсомоторной активности при управлении признаками информационных образов в виртуальной компьютерной среде. Ошибки управления рассматриваются в качестве объективного отображения первичных когнитивных функций и сенсомоторной координации. Обсуждается возможность применения комплексного психофизиологического мониторинга в процессе естественной деятельности.

**Заключение.** Создана автоматизированная экспертная система принципиально нового типа — событийно-связанная телеметрия, обладающая аппаратными, алгоритмическими и программными интернет-ресурсами для обнаружения ранних биомаркеров экстремальных состояний и нарушения когнитивных функций человека в режиме реального времени, без ограничений подвижности, без привлечения внимания человека — источника сигналов — к процессу измерения.

**Ключевые слова:** когнитивные функции; событийно-связанная телеметрия; информационные технологии; диагностика стресса; когнитивная реабилитация.

**Как цитировать:** Poleyaya S.A., Eremin E.V., Bulanov N.A., Bakhchina A.V., Kovalchuk A.V., Parin S.B. Event-related telemetry of heart rhythm for personalized remote monitoring of cognitive functions and stress under conditions of everyday activity. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(1): 109–115, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.13>

**Для контактов:** Полевая Софья Александровна, e-mail: s453383@mail.ru

## Event-Related Telemetry of Heart Rate for Personalized Remote Monitoring of Cognitive Functions and Stress under Conditions of Everyday Activity

**S.A. Polevaya**, DSc, Head of the Department of Neurophysiology, Central Scientific Research Laboratory<sup>1</sup>;  
Head of the Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;

**E.V. Eremin**, Engineer, Department of Neurophysiology, Central Scientific Research Laboratory<sup>1</sup>;

**N.A. Bulanov**, MSc Student<sup>3</sup>;

**A.V. Bakhchina**, PhD, Researcher, Laboratory of Psychophysiology named after V.B. Shvyrkov<sup>4</sup>;

Leading Engineer, Laboratory for Behavior and Behavioral Ecology of Mammals<sup>5</sup>;

**A.V. Kovalchuk**, Junior Researcher, Laboratory of Autowave Processes<sup>6</sup>;

**S.B. Parin**, DSc, Head of the Interdepartmental Laboratory of Cognitive Psychophysiology<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square,

Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

<sup>2</sup>National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia;

<sup>3</sup>National Research University Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya, Moscow, 101000, Russia;

<sup>4</sup>Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, 13, Yaroslavskaya St., Moscow, 129366, Russia;

<sup>5</sup>A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russia;

<sup>6</sup>Federal Research Center Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences, 46 Ulyanova St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia

**The aim of the study** is to characterize a new information and telecommunication technology — event-related of the heart rate telemetry — for remote monitoring of cognitive functions and stress conditions in the context of everyday activity.

**Results.** A new technology of event-related telemetry of the heart rate has been developed and characterized in terms of the cognitive function monitoring. The optimal architecture of this system provides for continuous monitoring of the patient's functional state in the context of sensorimotor activity while controlling the features of information images in the virtual computer environment. Errors in this control function are considered to objectively reflect the primary cognitive functions and sensorimotor coordination. The possibility of using such multilevel psychophysiological monitoring throughout the everyday life activity is discussed.

**Conclusion.** A novel automated expert system — event-related telemetry — has been developed; this includes hardware, algorithmic and software Internet resources for detecting the early signs of stress and cognitive function impairment in the real time mode, without restricting person's mobility and without attracting his/her attention to the measurement process.

**Key words:** cognitive functions; event-related telemetry; information technology; stress diagnosis; cognitive rehabilitation.

### Введение

Одна из ключевых проблем современной неврологии, психиатрии, нейрофизиологии и когнитивной науки — разработка технологий, позволяющих объективно оценивать динамику когнитивных процессов в различных клинических, экспериментальных и естественных контекстах без вмешательства исследователя в эти контексты. Физиологические корреляты сознания до недавнего времени традиционно было принято искать в динамике электрических сигналов исключительно от структур мозга. Однако не менее перспективным является изучение вегетативного обеспечения когнитивных функций и поиск вегетативных компонентов когнитивных функциональных систем [1]. Контекстная зависимость сознания диктует особые требования к инструменту для добычи

знаний: процесс измерения не должен вносить искажений в работу информационной системы, поскольку человек, обвешанный проводами, — это редуцированная форма человека.

В данной работе представлены возможности использования разработанной нами Web-платформы для управляемой активации когнитивных модулей физиологической системы, аффилированной с событийно-связанной телеметрией ритма сердца (ССТ РС), что позволяет получать данные о динамике вегетативной регуляции в контексте естественной деятельности без привлечения когнитивных ресурсов испытуемого к процессу измерения. Новизна данного подхода заключается в применении к известным телеметрическим методам активностной парадигмы системной психофизиологии [2, 3]. Предлагаемое решение проблемы основано на развитии мульти-

дисциплинарных подходов в области функциональной диагностики и появлении новых возможностей для персонифицированного мониторинга, дистанционной диагностики и контролируемого предъявления тестирующих стимулов на базе информационных телеметрических систем.

### Событийно-связанная телеметрия: мониторинг ритма сердца

Очевидно, что современная система измерения должна удовлетворять следующим требованиям:

безопасность и удобство для использования в обычной повседневной жизнедеятельности человека;

мобильность, т.е. отсутствие ограничений в подвижности и удаленности источника сигнала от блока приема сигнала;

непрерывность записи сигнала с источника, т.е. максимально низкое энергопотребление датчиков;

автономный режим измерения сигнала с автоматической обработкой прерываний;

набор интегрированных в сенсорной платформе датчиков, обеспечивающий получение информации, достаточной для объективной оценки функционального состояния человека, а также дающий возможность для предсказания динамики функционального состояния;

датчики измерения физиологических параметров, которые должны быть валидизированы с сертифицированными и общепринятыми методами диагностики, т.е. выдавать качественную истинную информацию;

система записи сигнала, максимально устойчивая к внешним помехам — влиянию факторов внешнего контекста, не относящихся к реальному источнику сигнала;

возможность получения данных в режиме онлайн.

На основании этих критериев создана принципиальная схема и разработан прототип телекоммуникационной системы для событийно-связанной телеметрии физиологических сигналов и поведенческих данных. Выбраны оптимальные по размеру и энергопотреблению датчики физиологических сигналов, микропроцессоры, устройства приема-передачи радиосигналов — сенсорные платформы Bluetooth Heart Rate/Speed & Distance Monitor (HxM) и Zephyr™ HxMTM Smart — Zephyr BIO PACH BH3-M1 (Zephyr Technology, США), обеспечивающие возможность непрерывной записи электрокардиосигнала в условиях естественной деятельности человека. Специализированная миниатюрная сенсорная платформа Zephyr™ HxMTM Smart — Zephyr BIO PACH BH3-M1 (HxM) объединяет микропроцессор, блок приема-передачи радиосигналов и маломощные миниатюрные датчики ЭКГ, ускорения тела и расстояния.

Передача данных на смартфон или персональный компьютер организована по каналу Bluetooth. Пакеты необработанных данных передаются с интервалом 1 с. Каждый пакет содержит уникальный идентифи-

катор устройства, 15 последних R–R-интервалов, время относительно момента начала записи. Без подзарядки сенсорная платформа работает 150 ч. Предельное расстояние передачи сигнала до накопителя-ретранслятора — 10 м. В роли накопителя-ретранслятора, который выполняет временное накопление и предобработку данных, может быть использовано персональное мобильное устройство связи с операционной системой Android или персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows. Затем данные в обработанном виде через каналы GSM передаются в Интернет на специализированный сервер системы.

Благодаря разработанному приложению для смартфонов на платформе Android [4] обеспечиваются следующие возможности:

одновременно допускается регистрация сигнала от 7 сенсорных платформ;

пользователь может выбрать тип данных, которые он желает получать с датчика;

осуществляется непрерывный сбор и сохранение данных с датчика (сенсорной платформы) как минимум в течение 24 ч;

при обрыве соединения устройство повторяет попытки соединения с датчиком и продолжает сбор данных с сохранением информации о времени сбоя и времени восстановления соединения;

данные доступны для передачи их внешним программам, и пользователь имеет возможность задать адрес сервера;

имеется интерфейс для отметок о начале и конце поименованных событий;

экран смартфона выполняет функцию монитора физиологических данных и показателей вегетативной регуляции;

поддерживается обмен данными с интернет-приложением StressMonitor для хранения, обработки, визуализации и интерпретации данных.

Интернет-приложение StressMonitor, созданное для сбора данных телеметрии и детектирования стресса [5], выполняет следующие функции:

сбор данных измерений (R–R-интервалов, сигналов GPS) со смартфона по протоколу HTTP;

регистрацию пользователей в личном кабинете;

отображение и фильтрацию метаданных экспериментов;

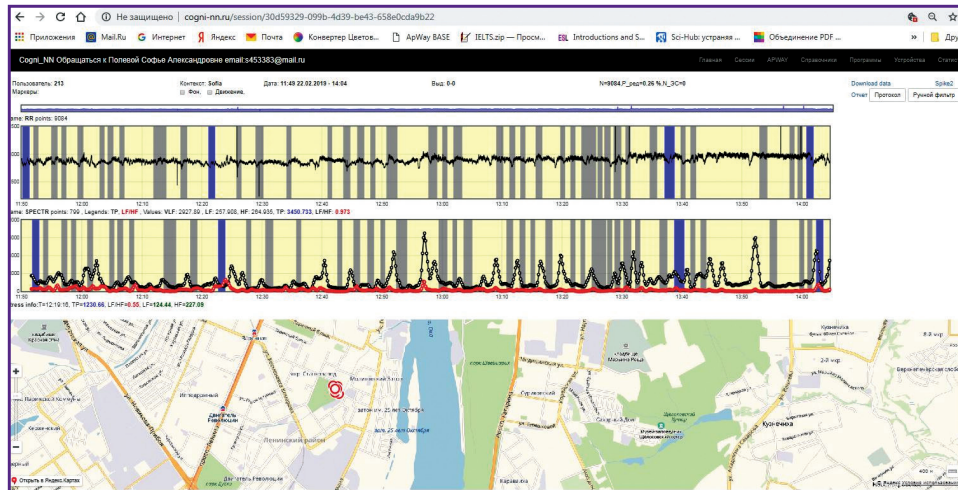
автоматический расчет спектральных характеристик R–R-сигнала и детектирование стресса;

отображение для каждого эксперимента графиков R–R-интервалов, ЧСС, спектральных характеристик и стресса, карты с GPS-сигналом;

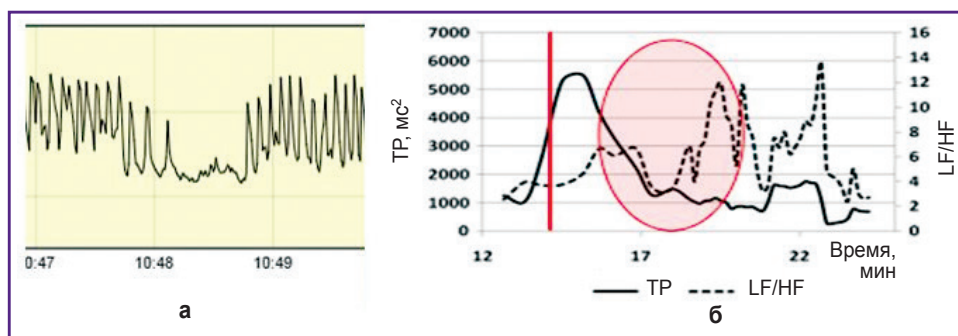
экспорт данных эксперимента для последующей обработки в форматах TXT и CSV.

База данных сайта представляет собой реляционную базу данных с языком SQL и работает на программном обеспечении MySQL 5.5.

В режиме псевдореального времени реализуется предобработка и спектральный анализ ритмограмм:



**Рис. 1. Пользовательский экран интернет-приложения StressMonitor [5]**  
 Сверху вниз: онлайн-запись нативной кардиоинтервалограммы; расчетные показатели спектра variability ритма сердца (общая мощность спектра variability ритма R–R-интервалов TP — *черный график*; симпатовагусный баланс LF/HF — *красный график*); онлайн-локализация человека — источника сигналов



**Рис. 2. Типичные проявления начала острого стресса в нативной кардиоинтервалограмме (а) и динамике расчетных показателей (б):**  
 TP — общая мощность спектра variability ритма R–R-интервалов; LF/HF — симпатовагусный баланс

полученный R–R-сигнал «нарезается» временным окном на 100 с с временным сдвигом в 10 с;

для полученных окон методом дискретного преобразования Фурье для неравномерных сигналов рассчитывается спектр;

спектр делится на диапазоны, вычисляется мощность каждого диапазона: VLF (0,003–0,040 Гц), LF (0,04–0,15 Гц), HF (0,15–0,4 Гц);

вычисляются производные характеристики: общая мощность спектра  $TP = VLF + LF + HF$  и симпатовагусный баланс LF/HF.

В результате исследователь получает спектрограмму, по которой автоматически определяются место, время и события, связанные со стрессом у конкретного человека в процессе естественной деятельности (рис. 1).

Определение момента наступления стресса осуществляется автоматически по характерным измене-

ниям нативной кардиоинтервалограммы (рис. 2, а) и динамике ее расчетных параметров: падению общей мощности спектра variability ритма сердца (TP) на фоне резкого возрастания индекса симпатовагусного баланса (LF/HF) (рис. 2, б). Детектирование стресса по данным показателям основано на положениях трехкомпонентной теории нейрохимических механизмов стресса [6, 7].

### Web-платформа для управляемой активации когнитивных модулей физиологической системы

Для исследования когнитивных функций принципиальной является возможность экспериментального моделирования контролируемых информационных нагрузок, обеспечивающего управляемую активацию и измерение первичных когнитивных

функций и сенсомоторной активности. С этой целью разработана Web-платформа ApWay.ru, обеспечивающая универсальную инфраструктуру для конструирования и проведения тестов. Ключом для конструкции стало утверждение отца кибернетики Норберта Винера: внутренние свойства информационной системы проявляются в искажениях, которые эта система вносит в исходный сигнал [8]. В качестве измерительной схемы мы предпочли замкнутую систему, в которой компьютер является и источником сигнала, и регистратором. Искажения, ошибки, вносимые человеком в управляемый признак информационного образа, являются характеристикой индивидуальной когнитивной системы:

ошибки в обнаружении сигнала являются абсолютным порогом восприятия;

ошибки в различении уровней сигнала — дифференциальными порогами;

ошибки в идентификации сигнала, связанные с временными интервалами или пространственными градиентами, соответствуют временным и пространственным порогам.

В общей измерительной схеме реализован цикл: генерация информационного образа — субъективный сенсорный образ — моторное управление значимыми параметрами сигнала — регистрация изменения признаков виртуального объекта в процессе управления. Манипуляции оператора при выполнении инструкции, преобразуемые в изменение признаков виртуального объекта, являются единственным сигналом обратной связи в замкнутой системе компьютер–человек–компьютер. Эта система включает модуль формирования стимулов в широком диапазоне амплитудно-временных параметров, виртуальную панель управления режимом измерения, модуль регистрации моторных реакций оператора, базу данных и модуль формирования отчета в виде таблиц и графиков. Архитектура и функционал Web-платформы ApWay.ru удовлетворяют следующим требованиям:

1) обеспечение сбора и накопления результатов измерений;

2) предоставление API для подключения любых диагностических систем, в том числе программных диагностических средств на мобильных устройствах;

3) сохранение карточек пациентов с описанием их данных, результатов анализов и других измерений, позволяющих помочь реабилитации, а также работе экспертов и исследователей;

4) проведение предварительной статистической обработки измерений для выделения основных базовых количественных показателей по каждому измерению;

5) предоставление возможности создания и хранения шаблонов для быстрого запуска тестов, для их объединения в «батареи тестов» и проведения тестирования практически без участия эксперта;

6) обеспечение обратной связи испытуемому и экс-

перту как по результатам конкретного измерения, так и по динамике изменения базовых показателей за определенный период времени.

Для реализации системы хранения используется система управления базами данных MySQL. Поскольку каждый тест формирует специфический набор результирующих показателей, решено хранить их в ячейках таблицы в строке JSON-формата. Это обеспечивает, с одной стороны, сохранение структуры, с другой — оперативный доступ к данным по ключу.

Отдельный аналитический модуль производит первичный анализ «сырых» данных тестирования и преобразует их в набор базовых показателей, которые используются для оценки эффективности когнитивных функций и для отображения ее динамики при повторении теста.

На платформе создана библиотека шаблонов, обеспечивающая доступ к единому стимульному материалу для всех тестов. Основной функцией библиотеки является хранение и предоставление по запросу векторных изображений в формате SVG для проведения измерений. Выбор такого формата позволил использовать векторную графику также в Web- и мобильных приложениях и при необходимости мгновенно изменять свойства изображений (например, цвета всего стимула или его части). Такая возможность востребована в тестах компьютерной кампиметрии, тесте сенсомоторной реакции и многих других, где используются графические стимулы. Программная логика полностью реализована на языке JavaScript с использованием дополнительных библиотек jQuery, Raphael.JS.

В соответствии с описанной архитектурой в настоящее время реализовано три тестовых парадигмы, обладающих специфическим инструментарием для измерения порогов когнитивной обработки значимых параметров информационных сигналов: компьютерная цветовая кампиметрия, тесты сенсомоторной активности и тест Струпа. Каждый тест обеспечивает включение пользователя в целенаправленную активность по управлению признаками объектов виртуальной среды и измерение ошибок управления (рис. 3).

Все тесты реализованы в качестве Web-приложений, что позволяет использовать их на любом компьютере, подключенном к сети Интернет.

**Тест сенсомоторной активности** основан на классическом методе измерения сенсомоторной реакции. Однако анализ связи между сенсорными и моторными событиями реализован в рамках парадигмы активности, допускающей действия, связанные не только с прошедшими, но и с предсказанными будущими событиями. Возможности модуля позволяют задавать различные параметры испытания, такие как: выбирать вид стимула (картинки, текст, векторные изображения); определять целевые стимулы, место расположения стимулов на экране, вре-

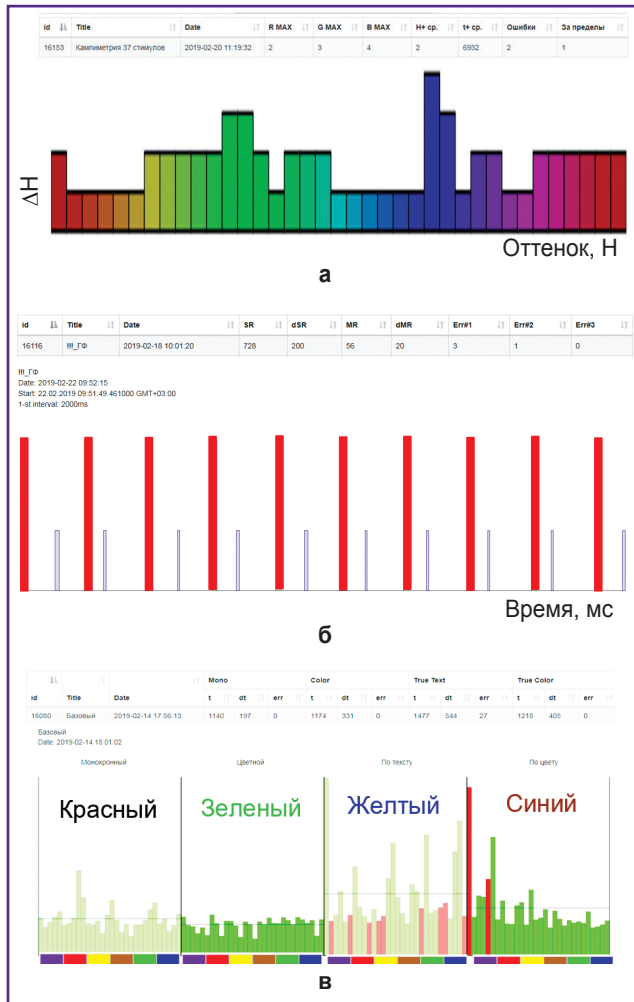


Рис. 3. Базовые психофизиологические тесты когнитивной платформы ArWay:

а — компьютерная кампиметрия; б — тест сенсомоторной активности; в — тест Струпа

мя экспозиции для каждого стимула, межстимульный интервал, фон рабочей области, задержку перед началом испытания.

В совокупности показатели данного теста позволяют определить степень сохранности отделов головного мозга, уровень сенсомоторной интеграции, ресурсы пространственного и селективного внимания, способность к обучению и прогнозированию.

**Компьютерная цветовая кампиметрия** обеспечивает измерение функции цветоразличения и оценку эмоционального состояния. Суть метода заключается в следующем. Изначально предъявляется стимул на фоне того же цвета. Затем испытуемый нажатием кнопки изменяет цвет стимула до тех пор, пока не сможет различить, какой предмет или текст был «спрятан». В случае успешного определения решается обратная задача.

Реализованы новые возможности: выбирать стимулы из библиотеки векторных стимулов; создавать

текстовые стимулы; выбирать положение стимула на экране; задавать диапазон размеров стимулов (как в относительных, так и в абсолютных величинах) и цветовые координаты; устанавливать шаг изменения оттенка; быстро создавать множество предъявлений, при этом сочетая во всех возможных вариациях выбранные оттенки, стимулы, положения и размеры.

Результатом тестирования системы являются пороговые значения оттенков для каждого предъявления стимула, которые затем передаются в аналитическую систему для первичной статистической обработки.

В совокупности данные этого теста позволяют дать заключение об особенностях восприятия цвета и формы объектов, об уровне оперативной памяти и внимания, об уровне эмоционального напряжения; а также дают возможность обнаружить изменения в работе мозга, вызванные применением психотропных препаратов.

**Классический тест Струпа** позволяет спровоцировать ситуацию когнитивного конфликта. Отличительной особенностью теста, реализованного на Web-платформе ArWay.ru, является возможность задавать названия цветов на различных языках или добавлять собственные варианты цвета для проведения экспериментов. По результатам измерений фиксируются ошибки и время реакции при решении каждой задачи. После первичного анализа данных система выдает информацию о количестве ошибок и среднем времени решения задачи в каждом контексте. На основании этих показателей можно делать вывод об уровне когнитивного контроля, эффективности обработки вербальной и цветовой информации, а также об уровне стрессоустойчивости при ментальном стрессе.

## Заключение

Таким образом, разработана автоматизированная экспертная система принципиально нового типа — событийно-связанная телеметрия, обладающая аппаратными, алгоритмическими и программными ресурсами для обнаружения ранних биомаркеров экстремальных состояний в режиме реального времени, без ограничений подвижности, без привлечения внимания человека — источника сигнала — к процессу измерения. Для сбора данных телеметрии и детектирования стресса используется интернет-ресурс — разработанное приложение StressMonitor на базе cogni-nn.ru. Для управляемой активации первичных когнитивных функций в контекстах сенсомоторной активности создана Web-платформа platform.arway.ru. В настоящее время все представленные модули интегрированы в единую информационно-телекоммуникационную технологию (рис. 4).

Технология обеспечивает непрерывный продолжительный сбор, передачу, накопление и предобработку синхронизированных по времени кардио-



Рис. 4. Архитектура технологии событийно-связанной телеметрии

ритмографических записей, данных навигатора о траектории перемещения человека в помещении и открытом пространстве, данных видео- и аудионаблюдения и результатов психофизиологических тестов.

Дальнейшее развитие технологии будет направлено на совершенствование экспертного модуля и усиление возможностей системы для исследования, диагностики и прогноза в отношении физиологического обеспечения когнитивных функций в различных контекстах естественной деятельности.

**Финансирование исследования.** Данная работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты №18-013-01225\_a, 18-413-520006\_p\_a, 19-013-00095\_a.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

#### Литература /References

1. Thayer J.F., Åhs F., Fredrikson M., Sollers J.J., Wager T.D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev* 2012; 36(2): 747–756, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>.

2. Александров Ю.И. Психофизиологические закономерности научения и методы обучения. *Психологический журнал* 2012; 33(6): 5–19. Alexandrov Yu.I. Psychophysiological regularities of learning and methods of training. *Psikhologicheskij zhurnal* 2012; 33(6): 5–19.

3. Крылов А.К., Александров Ю.И. Методы экспериментального исследования в парадигмах активности и реактивности. В кн.: Современная экспериментальная психология. Т. 1. Под ред. Барабанщикова В.А. М: Изд-во «Институт психологии РАН» 2011; с. 463–479. Krylov A.K., Aleksandrov Yu.I. Metody eksperimental'nogo issledovaniya v paradigmatkakh aktivnosti i reaktivnosti. V kn.: *Sovremennaya eksperimental'naya psikhologiya*. T.1 [Methods of experimental research in the paradigms of activity and

reactivity. In: Modern experimental psychology. Vol. 1]. Pod red. Barabanshchikova V.A. [Barabanshchikov V.A. (editor)]. M: Izd-vo "Institut psikhologii RAN" 2011; p. 463–479.

4. Кожевников В.В., Полевая С.А., Шিশалов И.С., Бахчина А.В. Мобильный HR-измеритель (HR-измеритель). Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ 2014618634. 2014. Kozhevnikov V.V., Polevaya S.A., Shishalov I.S., Bakhchina A.V. *Mobile HR-meter (HR-meter)*. Certificate of state registration of computer programs 2014618634. 2014.

5. Еремин Е.В., Кожевников В.В., Полевая С.А., Бахчина А.В. Вебсервис для визуализации и хранения результатов измерения сердечного ритма. Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2014621202. 2014. Eremin E.V., Kozhevnikov V.V., Polevaya S.A., Bakhchina A.V. *Web service for visualization and storing of heart rate measurements*. Certificate of state registration of databases 2014621202. 2014.

6. Парин С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Психология* 2008; 2(2): 118–135. Parin S.B. Humans and animals in extreme situations: neurochemistry mechanisms, evolutionary aspect. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Psikhologiya* 2008; 2(2): 118–135.

7. Парин С.Б., Ветюгов В.В., Бахчина А.В., Полевая С.А. Роль эндогенной опиоидной системы в управлении вариабельностью сердечного ритма в контексте когнитивных нагрузок разного уровня. *Современные технологии в медицине* 2014; 6(4): 116–126. Parin S.B., Vetyugov V.V., Bakhchina A.V., Polevaya S.A. The role of the endogenous opioid system in the control of heart rate variability under cognitive loads of various levels. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2014; 6(4): 116–126.

8. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М: Наука; 1983; 344 с. Wiener N. *Kibernetika, ili upravlenie i svyaz' v zhivotnom i mashine* [Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine]. Moscow: Nauka; 1983; 344 p.