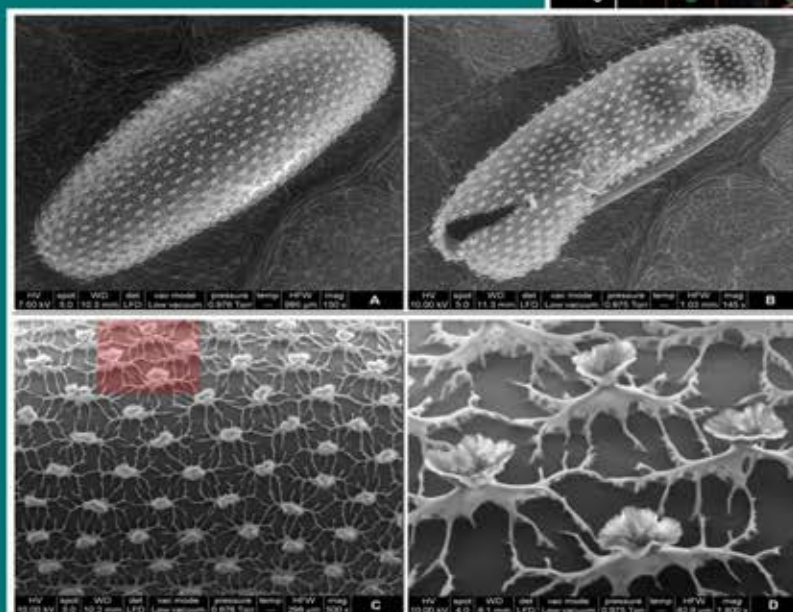
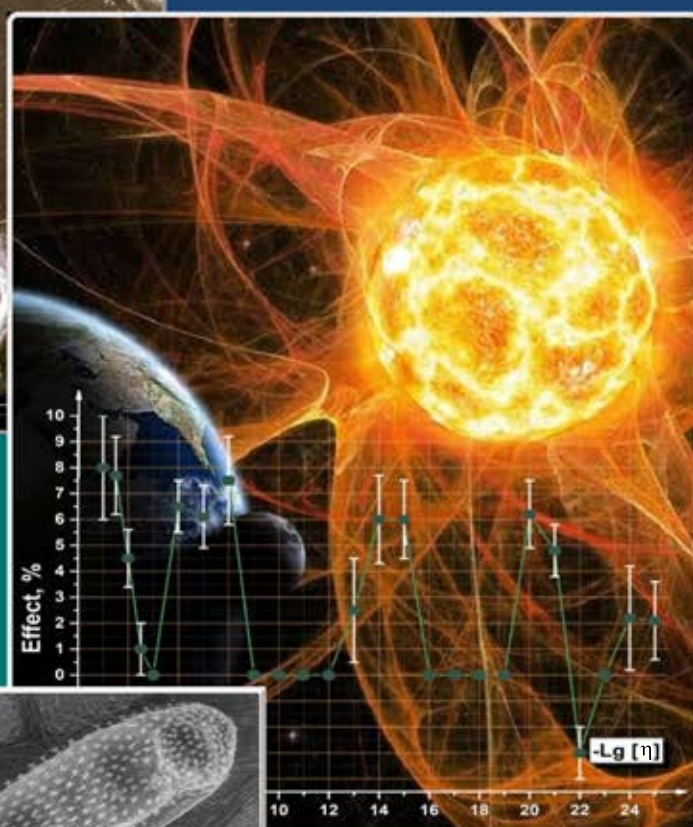


# VI Съезд биофизиков и России

## Сборник научных трудов

## Том. 1



КУБАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

16 - 21.09.2019 (г. Сочи)

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН**  
**СЕКЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ РАН**  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКИХ БИОФИЗИКОВ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА**  
**КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РАН**  
**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ КЛЕТКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОФИЗИКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ ИМ. В.А. ЭНГЕЛЬГАРДТА РАН**  
**ООО «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» (Г.КРАСНОДАР)**

<b>Организационный комитет:</b>	<p>Рубин А.Б., член-корр. РАН - <b>председатель</b>  Иваницкий Г.Р., член-корр. РАН - <b>зам. председателя</b>  Фесенко Е.Е., член-корр. РАН - <b>зам. председателя</b>  Ризниченко Г.Ю., проф., д.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b>  Барышев М.Г., проф., д.б.н. - <b>зам. председателя</b>  Дроздов А.В., к.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b>  Анашкина А.А., к.ф.-м.н. - <b>ответственный секретарь</b></p> <p>Аллахвердиев Сулейман Ифхан оглы, д.б.н.  Артюхов В.Г., проф., д.б.н.  Белецкий И.П., проф., д.б.н.  Белова Н.А., д.б.н.  Вихлянцев И.М., д.б.н.  Владимиров Ю.А., академик РАН  Воденеев В.А., д.б.н.  Волотовский И.Д., академик РАН  Гительзон И.И., академик РАН  Григорьев А.И., академик РАН  Гурский Г.В., чл.-корр. РАН  Гусев Н.Б., чл.-корр. РАН  Дегерменджи А.Г., академик РАН</p>	<p>Есипова Н.Г., к.ф.-м.н.  Кирпичников М.П., академик РАН  Колчанов Н.А., академик РАН  Комаров В.М., проф., д.б.н.  Кочетков С.Н., чл.-корр. РАН  Курочкин В.Е., д.т.н.  Макаров А.А., академик РАН  Макеев В.Ю., член-корр. РАН  Моренков О.С., д.б.н.  Нечипуренко Д.Ю., к.ф.-м.н.  Никольский Н.Н., академик РАН  Островский М.А., академик РАН  Розанов А.Ю., академик РАН  Скулачев В.П., академик РАН  Твердислов В.А., проф., д.ф.-м.н.  Ткачук В.А., академик РАН  Туманян В.Г., проф., д.ф.-м.н.  Устинин М.Н., д.ф.-м.н.  Фрисман Е.Я., чл.-корр. РАН  Цыганков А.А., д.б.н.  Шувалов В.А., академик РАН</p>
<b>Программный комитет:</b>	<p>Рубин А.Б., член-корр. РАН - <b>председатель</b>  Есипова Н.Г., к.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b></p> <p>Атауллаханов Ф.И., член-корр. РАН  Браже А.Р., к.б.н.  Браже Н.А., к.б.н.  Ванин А.Ф., проф., д.ф.-м.н.  Василевский Ю.В., проф., д.ф.-м.н.  Габибов А.Г., академик РАН  Галль Л.Н., д.ф.-м.н.  Зинченко В.П., д.ф.-м.н.  Красавин Е.А., член-корр. РАН  Крицкий М.С., проф., д.б.н.  Лахно В.Д., д.ф.-м.н.  Макеев В.Ю., член-корр. РАН  Максимов Г.В., проф., д.б.н.  Намиот В.А., проф., д.ф.-м.н.</p>	<p>Николаев Е.Н., член-корр. РАН  Петрушанко И.Ю., к.ф.-м.н.  Плюснина Т.Ю., к.ф.-м.н.  Ризниченко Г.Ю., проф., д.ф.-м.н.  Рошупкин Д.И., проф., д.б.н.  Соболев А.С., проф., д.б.н.  Тихонов А.Н., д.ф.-м.н.  Туманян В.Г., проф., д.ф.-м.н.  Узденский А.Б., профессор, д.б.н.  Фесенко Е.Е., чл.-корр. РАН  Финкельштейн А.В., чл.-корр. РАН  Хрущев С.С., к.б.н.  Черенкевич С.Н., академик РАН  Шайтан К.В., проф., д.ф.-м.н.  Яковенко Л.В., д.ф.-м.н.  Яхно В.Г., проф., д.ф.-м.н.</p>
<b>Локальный организационный комитет (КубГУ):</b>	<p>Барышев М.Г., профессор РАН, д.б.н. - <b>председатель</b>  Джимак С.С., к.б.н. – <b>зам. председателя</b>  Елкина А.А. - <b>ответственный секретарь</b></p>	<p>Ильченко Г.П., к.ф.-м.н.  Копытов Г.Ф., д.ф.-м.н., профессор  Петриев И.С., к.т.н.  Текуцкая Е.Е., к.х.н.  Шашков Д.И., преподаватель</p>

Сдано в набор 26.07.2019. Подписано печать 25.08.2019

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Отпечатано с готового оригинал макета в ООО Полиграфическое объединение «Плехановец»

Фотографии на обложку взяты с разрешения компании Thermo Fisher Scientific с сайта: [www.fei.com](http://www.fei.com)

Научные труды VI Съезда биофизиков России опубликованы при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-04-20089)

Тираж 600 экз.

DOI: 10.31429/SbR6.2019.001  
ISBN 978-5-8209-1644-1



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VI СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ  
РОССИИ: в 2 томах, том 1 – Краснодар: Полиграфическое  
объединение «Плехановец», 2019**

Представлены материалы VI Съезда биофизиков России. Основные направления Съезда: механизмы действия физико-химических факторов на биологические системы; медицинская биофизика; фотобиология и биофотоника; структура и динамика белков и их комплексов; структура и динамика нуклеиновых кислот и их комплексов; биофизика клетки; мембранные процессы; биологическая подвижность; молекулярные моторы; механизмы трансформации энергии; биофизика одиночных молекул; нанобиотехнологии; нейродинамика и нейробиология; биофизическое образование.

Сборник предназначен для биофизиков, биохимиков, молекулярных биологов, специалистов, работающих в различных областях физико-химической биологии. Он может быть также полезен для студентов и аспирантов, специализирующихся в данной отрасли знаний.

Ответственные редакторы: чл.-корр. РАН А.Б. Рубин, проф. Г.Ю. Ризниченко, А.А. Анашкина

Проведение VI Съезда биофизиков России поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 19-04-20089)



The materials of the VI Congress of Biophysicists of Russia are presented. The main directions of the Congress: mechanisms of action of physico-chemical factors on biological systems; medical biophysics; photobiology and biophotonics; structure and dynamics of proteins and their complexes; structure and dynamics of nucleic acids and their complexes; cell biophysics; membrane processes; biological mobility; molecular motors; energy transformation mechanisms; biophysics of single molecules; nanobiotechnology; neurodynamics and neurobiology; biophysical education.

The collection is intended for biophysicists, biochemists, molecular biologists, specialists working in various fields of physical and chemical biology. It can also be useful for undergraduate and postgraduate students specializing in this area of knowledge.

Responsible editors: Corr. RAS A.B. Rubin, prof. G.Yu. Rznichenko, A.A. Anashkina

The VI Congress of Russian Biophysicists was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 19-04-20089).

**Партнеры VI Съезда биофизиков России:**



**Кубанский государственный университет  
2019**



## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО КАРТИРОВАНИЯ СТРЕССОВ И СТРЕСС-ФАКТОРОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА (ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

## DIGITAL TECHNOLOGIES FOR PERSONALIZED MAPPING OF ACUTE STRESSES AND STRESS FACTORS OF THE EDUCATIONAL PROCESS (PILOT RESEARCH)

*Полевая С.А.<sup>1,2</sup>, Бовыкина Д.В.<sup>1</sup>, Антонец В.А.<sup>1</sup>, Парин С.Б.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>НИУ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ)

<sup>2</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет (ПИМУ), Нижний Новгород

Образование (в первую очередь – высшее) в последние годы все чаще переносится в виртуальную, Интернет-ориентированную среду. Очевидно, что этот тренд будет только усиливаться, прежде всего, из коммерческих соображений. Однако особенности и последствия этой оптимизации изучены чрезвычайно поверхностно. В частности, упор в подобных исследованиях делается исключительно на субъективные «психологические» методы, основанные на батареях разнообразных опросников и тестов [1]. Между тем, дистанционные формы обучения приносят в образовательный процесс целый ряд новых, ранее не встречавшихся факторов, в том числе, стрессогенного характера. Это серьезная, в том числе, клиническая проблема, требующая привлечения современных объективных методов решения.

В настоящей работе использована разработанная в ПИМУ совместно с ННГУ мобильная технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца (ССТ РС), позволяющая по динамике спектральных показателей кардиоритма в реальном режиме времени выявлять эпизоды стресса различных видах естественной деятельности [2]. В основе детектирования стресс-эпизодов лежат положения трехкомпонентной теории нейробиологических механизмов стресса [3]. В экспериментах приняли участие 19 студентов. На аудиторных лекциях выполнено 14 записей ритмокардиограммы, на дистанционных – 5 записей, в обоих контекстах по 90 минут. Синхронно проводилась видеофиксация контента занятий для дальнейшего выявления стрессогенных событий и факторов. До и после лекции студенты заполняли опросник самооценки ситуативной и личностной тревожности Спилбергера-Ханина. Кроме того, на основании анализа литературных данных была сформирована классификация возможных стресс-факторов, характеризующих аудиторную (традиционную) форму занятий. Статистическая обработка полученных данных включала методы описательной статистики, дисперсионный и корреляционный анализ.

По результатам анализа динамики спектральных показателей кардиоритма установлено, что во время аудиторных занятий среднее количество стресс-эпизодов на одну лекцию составило 20,0, что статистически значимо ( $p < 0,05$ ) меньше, чем во время дистанционных – 34,8. Обнаружено, что наряду с традиционными для аудиторной формы обучения группами стресс-факторов (2 фактора инфраструктуры, 10 факторов непосредственно процесса лекции, 3 фактора отношения, 5 факторов случайного характера), при дистанционной форме лекций дополнительно проявляется ряд техногенных стресс-факторов: например, проблемы с подключением к Web-лекции, «вылет» программы, проблемы с видеорядом, медленный Интернет, проблемы с интерфейсом, проблемы со звуком и микрофоном, неполадки с ПК, и т.д. В общей структуре карты стрессогенности 74% стрессующих факторов обнаруживались при обеих формах занятий, тогда как 26% оказались специфичными исключительно для дистанционной формы. Кроме того, по окончании дистанционных лекций показатели личностной тревожности оказались значимо ( $p < 0,05$ ) выше, чем после аудиторных и до начала занятий по обеим формам обучения. Характерно, что при корреляционном анализе между уровнем личностной тревожности и такими показателями вегетативной регуляции, как уровень симпатической (LF) и парасимпатической (HF) активности и общая мощность спектра вариабельности ритма сердца (TP), была выявлена достоверная умеренная положительная связь.

Таким образом, по результатам нашего пилотного исследования можно констатировать, что стрессогенная нагрузка различных форм занятий существенно различается: дистанционные лекции имеют значительно большую стрессовую нагрузку в связи наличием уникальной группы стресс-факторов, связанных с техническим обеспечением занятий. Использование мобильной технологии событийно-связанной телеметрии ритма сердца позволяет объективизировать оценку стрессогенности различных форм и типов образовательной деятельности, что позволяет надеяться на успешный поиск эффективных средств снижения этой разрушительной нагрузки.

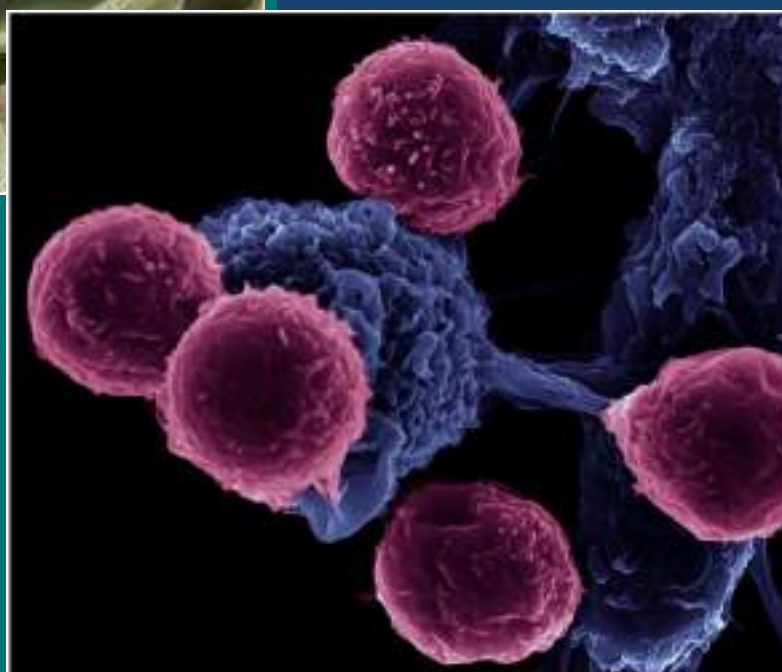
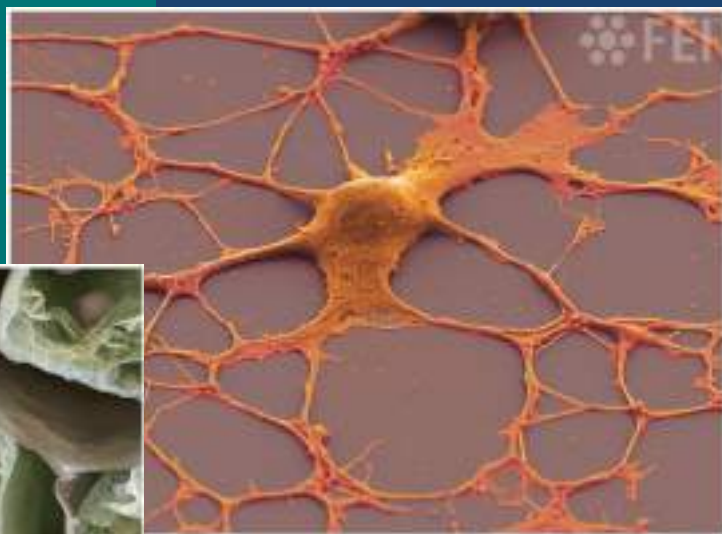
Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ: 19-013-00095\_a, 18-013-01225\_a, 18-413-520006\_p\_a.

1. Щербатых Ю.В., Щекина И.А. Психические состояния в учебном процессе: проблемы и способы оптимизации. // Проблемы современного педагогического образования. 2017. № 54-4. С. 241-246.
2. Polevaaya 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. Vol. 11. Iss. 1. P. 109–115.
3. Parin S.B., Vetyugov V.V., Bakhchina A.V., Polevaaya 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. Vol. 6. Iss. 4. P. 116-126.

# VI Съезд биофизиков и России

## Сборник научных трудов

### Том. 2



КУБАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

16 - 21.09.2019 (г. Сочи)

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН**  
**СЕКЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ РАН**  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКИХ БИОФИЗИКОВ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА**  
**КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РАН**  
**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ КЛЕТКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОФИЗИКИ РАН**  
**ИНСТИТУТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ ИМ. В.А. ЭНГЕЛЬГАРДА РАН**  
**ООО «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» (Г.КРАСНОДАР)**

<b>Организационный комитет:</b>	<p>Рубин А.Б., член-корр. РАН - <b>председатель</b>  Иваницкий Г.Р., член-корр. РАН - <b>зам. председателя</b>  Фесенко Е.Е., член-корр. РАН - <b>зам. председателя</b>  Ризниченко Г.Ю., проф., д.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b>  Барышев М.Г., проф., д.б.н. - <b>зам. председателя</b>  Дроздов А.В., к.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b>  Анашкина А.А., к.ф.-м.н. - <b>ответственный секретарь</b></p> <p>Аллахвердиев Сулейман Ифхан оглы, д.б.н.  Артюхов В.Г., проф., д.б.н.  Белецкий И.П., проф., д.б.н.  Белова Н.А., д.б.н.  Вихлянцев И.М., д.б.н.  Владимиров Ю.А., академик РАН  Воденеев В.А., д.б.н.  Волотовский И.Д., академик РАН  Гительзон И.И., академик РАН  Григорьев А.И., академик РАН  Гурский Г.В., чл.-корр. РАН  Гусев Н.Б., чл.-корр. РАН  Дегерменджи А.Г., академик РАН</p>	<p>Есипова Н.Г., к.ф.-м.н.  Кирпичников М.П., академик РАН  Колчанов Н.А., академик РАН  Комаров В.М., проф., д.б.н.  Кочетков С.Н., чл.-корр. РАН  Курочкин В.Е., д.т.н.  Макаров А.А., академик РАН  Макеев В.Ю., член-корр. РАН  Моренков О.С., д.б.н.  Нечипуренко Д.Ю., к.ф.-м.н.  Никольский Н.Н., академик РАН  Островский М.А., академик РАН  Розанов А.Ю., академик РАН  Скулачев В.П., академик РАН  Твердислов В.А., проф., д.ф.-м.н.  Ткачук В.А., академик РАН  Туманян В.Г., проф., д.ф.-м.н.  Устинин М.Н., д.ф.-м.н.  Фрисман Е.Я., чл.-корр. РАН  Цыганков А.А., д.б.н.  Шувалов В.А., академик РАН</p>
<b>Программный комитет:</b>	<p>Рубин А.Б., член-корр. РАН - <b>председатель</b>  Есипова Н.Г., к.ф.-м.н. - <b>зам. председателя</b></p> <p>Атауллаханов Ф.И., член-корр. РАН  Браже А.Р., к.б.н.  Браже Н.А., к.б.н.  Ванин А.Ф., проф., д.ф.-м.н.  Василевский Ю.В., проф., д.ф.-м.н.  Габибов А.Г., академик РАН  Галль Л.Н., д.ф.-м.н.  Зинченко В.П., д.ф.-м.н.  Красавин Е.А., член-корр. РАН  Крицкий М.С., проф., д.б.н.  Лахно В.Д., д.ф.-м.н.  Макеев В.Ю., член-корр. РАН  Максимов Г.В., проф., д.б.н.  Намиот В.А., проф., д.ф.-м.н.</p>	<p>Николаев Е.Н., член-корр. РАН  Петрушанко И.Ю., к.ф.-м.н.  Плюснина Т.Ю., к.ф.-м.н.  Ризниченко Г.Ю., проф., д.ф.-м.н.  Рошупкин Д.И., проф., д.б.н.  Соболев А.С., проф., д.б.н.  Тихонов А.Н., д.ф.-м.н.  Туманян В.Г., проф., д.ф.-м.н.  Узденский А.Б., профессор, д.б.н.  Фесенко Е.Е., чл.-корр. РАН  Финкельштейн А.В., чл.-корр. РАН  Хрущев С.С., к.б.н.  Черенкевич С.Н., академик РАН  Шайтан К.В., проф., д.ф.-м.н.  Яковенко Л.В., д.ф.-м.н.  Яхно В.Г., проф., д.ф.-м.н.</p>
<b>Локальный организационный комитет (КубГУ):</b>	<p>Барышев М.Г., профессор РАН, д.б.н. - <b>председатель</b>  Джимак С.С., к.б.н. – <b>зам. председателя</b>  Елкина А.А. - <b>ответственный секретарь</b></p>	<p>Ильченко Г.П., к.ф.-м.н.  Копытов Г.Ф., д.ф.-м.н., профессор  Петриев И.С., к.т.н.  Текуцкая Е.Е., к.х.н.  Шашков Д.И., преподаватель</p>

Сдано в набор 26.07.2019. Подписано печать 25.08.2019

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Отпечатано с готового оригинал макета в ООО Полиграфическое объединение «Плехановец»

Фотографии на обложку взяты с разрешения компании Thermo Fisher Scientific с сайта: [www.fei.com](http://www.fei.com)

Научные труды VI Съезда биофизиков России опубликованы при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-04-20089)

Тираж 600 экз.

DOI: 10.31429/SbR6.2019.001  
ISBN 978-5-8209-1644-1



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VI СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ  
РОССИИ: в 2 томах, том 2 – Краснодар: Полиграфическое  
объединение «Плехановец», 2019**

Представлены материалы VI Съезда биофизиков России. Основные направления Съезда: механизмы действия физико-химических факторов на биологические системы; медицинская биофизика; фотобиология и биофотоника; структура и динамика белков и их комплексов; структура и динамика нуклеиновых кислот и их комплексов; биофизика клетки; мембранные процессы; биологическая подвижность; молекулярные моторы; механизмы трансформации энергии; биофизика одиночных молекул; нанобиотехнологии; нейродинамика и нейробиология; биофизическое образование.

Сборник предназначен для биофизиков, биохимиков, молекулярных биологов, специалистов, работающих в различных областях физико-химической биологии. Он может быть также полезен для студентов и аспирантов, специализирующихся в данной отрасли знаний.

Ответственные редакторы: чл.-корр. РАН А.Б. Рубин, проф. Г.Ю. Ризниченко, А.А. Анашкина

Проведение VI Съезда биофизиков России поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 19-04-20089)



The materials of the VI Congress of Biophysicists of Russia are presented. The main directions of the Congress: mechanisms of action of physico-chemical factors on biological systems; medical biophysics; photobiology and biophotonics; structure and dynamics of proteins and their complexes; structure and dynamics of nucleic acids and their complexes; cell biophysics; membrane processes; biological mobility; molecular motors; energy transformation mechanisms; biophysics of single molecules; nanobiotechnology; neurodynamics and neurobiology; biophysical education.

The collection is intended for biophysicists, biochemists, molecular biologists, specialists working in various fields of physical and chemical biology. It can also be useful for undergraduate and postgraduate students specializing in this area of knowledge.

Responsible editors: Corr. RAS A.B. Rubin, prof. G.Yu. Riznichenko, A.A. Anashkina

The VI Congress of Russian Biophysicists was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 19-04-20089).

**Партнеры VI Съезда биофизиков России:**



**Кубанский государственный университет  
2019**

выявлены в городе Симферополь, Первомайском, Красногвардейском и Черноморском районах, что определяется в первую очередь расстоянием до базовых станций (БС) и их загруженностью. Минимальные средние значения ППЭ выявлены в городах Армянск, Керчь и Феодосия, что объяснимо определенной «насыщенностью» данных территорий БС и их относительно невысокой нагрузкой.

Выявлены статистически достоверные корреляционные связи между средними значениями ППЭ и показателями общей заболеваемости по БСК, из составляющих БСК по величине корреляционной зависимости лидирует ИБС и ПКД.

Работа выполняется при поддержке РФФИ (18-013-01028 А).

## ПОИСК МАРКЕРОВ СИНДРОМА ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ С ГИПЕРАКТИВНОСТЬЮ (СДВГ) НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

### SEARCHING FOR DEFICIENCY DEFICIENCY SYNDROME WITH HYPERACTIVITY (ADHD) BY DIGITAL PSYCHOPHYSIOLOGICAL MAPPING

*Полевая С.А.<sup>1,2</sup>, Савчук Л.В.<sup>1,2</sup>, Федотчев А.И.<sup>3</sup>, Селиверстова К.К.<sup>2</sup>, Парин С.Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет (ПИМУ), Нижний Новгород

<sup>2</sup> НИУ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ)

<sup>3</sup> Институт биофизики клетки РАН (ИБК РАН), Пущино, Московская область

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) является самой частой причиной нарушений поведения, школьной и социальной дезадаптации, трудностей обучения. СДВГ – одно из наиболее распространенных расстройств, которое встречается примерно у 5% как детского, так и взрослого населения [1]. Диагностика СДВГ традиционно основывается на результатах наблюдения, носит субъективный характер, обладает низкой специфичностью, чувствительностью и надежностью. Актуально развитие цифровых методов картирования психофизиологического статуса для поиска объективных маркеров СДВГ.

В работе реализовано цифровое картирование психофизиологического статуса СДВГ на основе интеграции показателей сенсомоторной активности и параметров связанной с сенсомоторными событиями вегетативной регуляции. Для цифровизации психофизиологического статуса применена технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца [2]. Тесты сенсомоторной активности (СМА) выполнялись на базе Web-платформы [ratform.arway.ru](http://ratform.arway.ru) для управляемой активации когнитивных модулей. Для мониторинга variability ритма сердца и режимов вегетативной регуляции использовался Интернет-сервис [cogni-pp.ru](http://cogni-pp.ru). В исследовании приняло участие 11 детей с СДВГ и 22 ребенка без диагноза (контроль). У каждого ребенка проведен мониторинг variability ритма сердца (ВРС) при выполнении 4 тестов с возрастающим уровнем сложности когнитивной нагрузки: 1. Стандартная оценка внимания и активности по компьютерный вариант теста Тулуз-Пьерона; 2. Простая сенсомоторная активность. Последовательно предъявляется 20 простых стимулов (изображения кошки и мыши) с постоянным межстимульным интервалом (2 с) и постоянным временем экспозиции (200 мс) в пяти положениях стимула на мониторе компьютера; 3. Сложная сенсомоторная активность. Дизайн совпадает со 2 тестом, за исключением необходимости нажимать на кнопку только при появлении мыши; 4. Сложная сенсомоторная активность. Последовательно предъявляются 30 стимулов (съедобные и несъедобные объекты) с постоянным межстимульным интервалом (1,5 с) и постоянным временем экспозиции (300 мс) в пяти положениях на мониторе компьютера. В тестах 2-4 регистрируется время сенсомоторной реакции, количество и тип ошибок. Режим вегетативной регуляции, связанный с сенсомоторной активностью, определялся по спектральным показателям ВРС: TP ( $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ) - адаптационный потенциал; HF и LF ( $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ) — активность парасимпатической и симпатической нервной системы, соответственно; ИВБ (LF/HF) — индекс вегетативного баланса, характеризующий напряжение регуляторных систем. Статистическая обработка: непараметрический критерий Манна-Уитни, ANOVA (метод повторных измерений), корреляционный анализ (непараметрический критерий Спирмена).

Специфические особенности сенсомоторной активности у детей с СДВГ проявляются в увеличении времени СМА в задачах разного уровня сложности по отношению к любым стимулам. При этом продолжительность моторной реакции соответствует возрастной норме, что может свидетельствовать об искажениях в когнитивном модуле функциональной системы, обеспечивающей сенсомоторную активность. Психофизиологический статус при СДВГ проявился в структуре ошибок: при сравнении с контролем больше пропусков целевых стимулов и двойных нажатий на стимулы, что может быть связано с нарушением баланса процессов возбуждения и торможения. Корреляционный анализ позволил выявить специфику связей между показателями СМА при СДВГ: в контекстах без семантической нагрузки (тесты 2 и 3) проявляется избыточное количество сильных связей; в контексте с семантической нагрузкой (тест 4) - редукция связей. Для вегетативного обеспечения СМА у детей с СДВГ характерна редукция центрального контура регуляции ритма сердца, значимое снижение мощности низкочастотных и высокочастотных компонентов спектра ВРС,



повышение напряжения регуляторных систем, сокращение количества значимых корреляций между показателями СМА и ВРС.

Цифровая карта психофизиологического статуса на основе интеграции показателей сенсомоторной активности и событийно-связанных параметров вегетативной регуляции может стать эффективным инструментом для повышения специфичности, чувствительности и надежности диагностики СДВГ у детей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №18-013-01225\_а, 18-413-520006\_р\_а, 19-013-00095\_а.

1. Thomas R., Sanders S., Doust J., Beller E., Glasziou P. Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. // *Pediatrics*. 2015. V. 135. P. 994–1001.
2. Polevaya 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. Vol. 11. Iss. 1. P. 109–115.

---

## ДИНАМИКА ФАКТОРА ФОН ВИЛЛЕБРАНДА В СДВИГОВЫХ ТЕЧЕНИЯХ КРОВИ DYNAMICS OF VON WILLEBRAND FACTOR IN BLOOD SHEAR FLOWS

*Салихова Т.Ю.<sup>1,2</sup>, Пушин Д.М.<sup>1,2</sup>, Злобина К.Е.<sup>1</sup>, Гурия Г.Т.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии» МЗ РФ, Москва,  
salikhova.t@phystech.edu

<sup>2</sup>НИУ Московский физико-технический институт, Долгопрудный

В интенсивных сдвиговых течениях крови происходит активация тромбоцитов. Макромолекулы фактора фон Виллебранда (vWF) выполняют роль посредника, с помощью которого тромбоцит «чувствует» сдвиговой поток. При низких значениях напряжения сдвига молекулы vWF присутствуют в крови в глобулярной форме. При превышении напряжением сдвига определенной критической величины, молекулы vWF претерпевают конформационные изменения, переходя в «размотанную» форму. Подобный конформационный переход увеличивает число А1 доменов молекулы vWF, доступных для связывания с поверхностными тромбоцитарными рецепторами GPIb. Образование связи между рецептором GPIb и доменом А1 ведет к передаче сигнала внутрь клетки, активации и последующей агрегации тромбоцитов. «Размотка» vWF может зависеть как от величины сдвигового напряжения, так и от времени воздействия повышенного напряжения сдвига.

Целью данной работы является изучение динамической перестройки макромолекул vWF в сдвиговых течениях. В недавней работе [1] была построена математическая модель активации тромбоцита молекулами vWF в стационарных гидродинамических условиях. Найдены условия активации тромбоцита под действием молекул vWF заданной длины при постоянной величине напряжения сдвига. Настоящая работа является обобщением указанной работы на случай нестационарного напряжения сдвига.

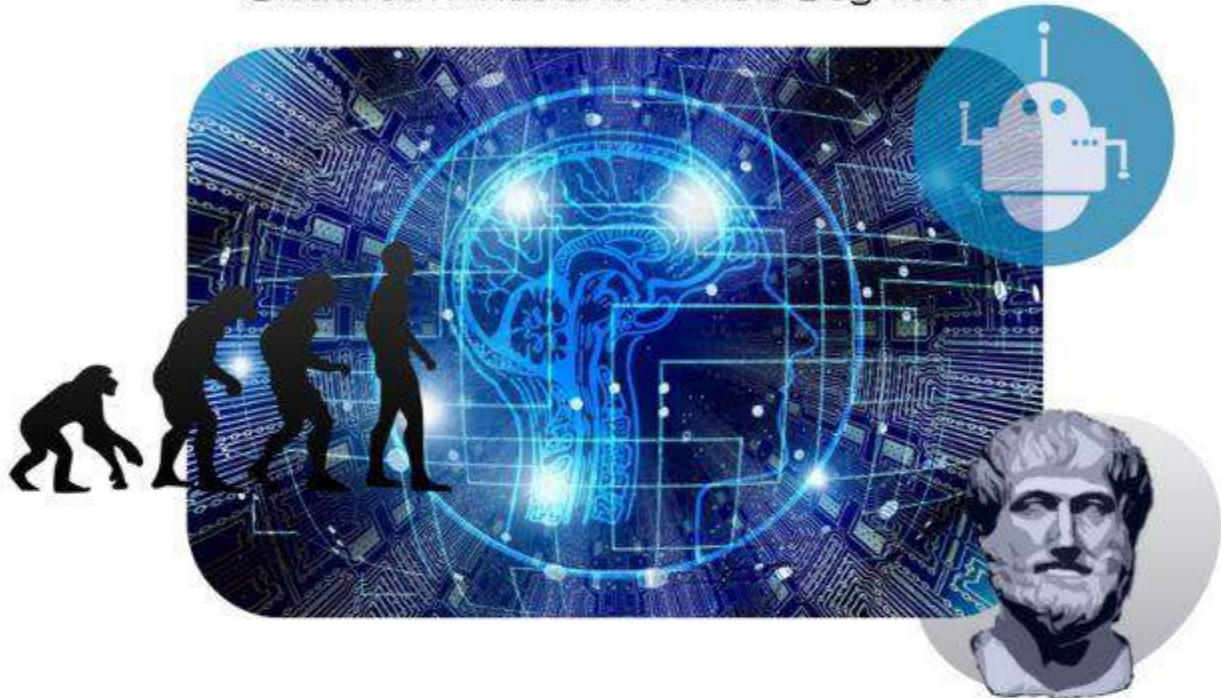
Построена математическая модель нестационарной динамики сворачивания/разворачивания молекулы vWF по поверхности тромбоцита в сдвиговых течениях крови. Сформулированы необходимые условия для полной размотки макромолекул vWF. Получены аналитические выражения для пороговых величин кумулятивных сдвиговых воздействий по стороны кровотока на макромолекулы vWF, адсорбированные на тромбоцитах.

Работа была поддержана Российским научным фондом (грант №19-11-00260).

1. Zlobina K.E., Guria G.T. Platelet activation risk index as a prognostic thrombosis indicator // *Scientific reports*, 2016, Vol. 6, P. 30508.

# EUROCOGSCI 2019

Situated Minds and Flexible Cognition



02. - 04.09.2109

Ruhr-Universität Bochum

Main organizer: Prof. Dr. A. Newen.

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

RUB



DFG

Deutsche  
Forschungsgemeinschaft  
German Research Foundation



RUB  
RESEARCH SCHOOL

**26 AUTONOMIC REGULATION FOR GO-NO-GO TASK IN CHILDREN WITH ADHD**

Sofia Polevaia, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

L.V. Savchuk, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

Kirill Nikolaevich Gromov, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Sergey Parin, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Alexandr Fedotchev, Russian Academy of Sciences, Pushchino

**Abstract:** ADHD is considered one of the most common neurobehavioral disorders of childhood and among the most prevalent chronic health conditions affecting school-age children. This makes research of psychophysiological correlates of ADHD very important. The aim of our pilot study was to find out the specific aspects of autonomic regulation of a simple sensorimotor activity in children with ADHD. To assess objectively the functional state dynamics of the children, the technology of event-related telemetry of the heart rate was used. Using [ApWay.ru](http://ApWay.ru) Web platform, 3 templates for measuring sensorimotor activity: 1 in elementary context and 2 «go/no-go» tasks were created. The conducted study allowed us to reveal some specific aspects of autonomic regulation for «go/no-go» task for children with ADHD. As the first, significantly greater strain of the autonomic regulation is manifested by ADHD group compared to the control group. Secondly, for children with ADHD, reduced levels of both sympathetic and parasympathetic activity became evident. With both primary and complex sensorimotor activity, such indicators as time of sensorimotor reaction, key hold time and number of stimulus skips for ADHD children, being compared to the control group are significantly higher. The task complexity factor affects the time of the sensorimotor reaction while it doesn't affect the key hold time. Unlike the control group, ADHD children reveal less connected indicators of sensorimotor activity and vegetative regulation; particularly, ADHD group is lacking of HF-HF/LF links, MR-SMR links for simple reactions, MR simple -MR complex reactions. There's a significant link between simple MR and sympathetic NS as for the controls ( $r=0,53$ ) and for ADHD ( $r=0,98$ ) groups, but it's much stronger for ADHD group.

**27 NEUROFEEDBACK FROM SUBJECT'S EEG FOR CORRECTION OF STRESS-INDUCED STATES**

Sofia Polevaia, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

Alexandr Fedotchev, Russian Academy of Sciences, Pushchino

**Abstract:** The goal of the study is a comparative evaluation of the effectiveness of different kind of the neurointerfaces using single (sound) or double (lightsound) feedback from the human EEG when suppressing stress-induced states. Materials and Methods. In one of the three experiments, 14 stressed volunteers were presented with classical music (control). In the other two experiments, either single feedback was used, in which subjects are presented with sound stimuli obtained by converting the current values of EEG oscillators into music-like signals, or double feedback, in which the described music-like signals were supplemented by rhythmic light stimuli controlled by the raw EEG of the subject. Results. The most pronounced effects — a significant increase in the alpha EEG power relative to the background and significant positive shifts in subjective indicators — were noted under double feedback from subject's EEG due to the involvement of integrative, adaptive and resonance mechanisms of the central nervous system in the processes of functional state normalization. Conclusion. The use of the double audio-visual feedback from the human EEG appears to be a promising way to improve the effectiveness of neurointerfaces in correcting stress-induced functional states.



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.А. ДОБРОЛЮБОВА

**ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ  
СРЕДЫ**



**СБОРНИК  
СТАТЕЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

**НИЖНИЙ НОВГОРОД  
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный лингвистический университет  
им. Н.А. Добролюбова» (НГЛУ)



# **ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

*Материалы*

*II международной научной конференции*

*20 марта 2019 года*

Нижегород – 2019

*Печатается по решению редакционно-издательского отдела НГЛУ*

УДК 159.9 (075.8)

ББК 88

**Психологическая безопасность образовательной среды:** Материалы II международной научной конференции (Нижний Новгород, 20 марта 2019 г.) / Отв. за вып. проф. Г.В. Сорокоумова. Н. Новгород: НГЛУ, 2019. 154 с.

В сборник включены материалы II международной научной конференции «Психологическая безопасность образовательной среды», проведенной в Нижегородском государственном лингвистическом университете им. Н.А. Добролюбова. Публикуемые статьи освещают методологические, теоретические и практические вопросы психологической безопасности образовательной среды.

Издание представляет интерес для администраций и руководителей учебных департаментов образовательных учреждений, практических психологов, педагогов, студентов – будущих профессионалов социономического типа.

УДК 159.9 (075.8)

ББК 88

© НГЛУ, 2019

логическим состоянием всех субъектов образовательного процесса. Не менее важно учитывать индивидуальность каждого обучающегося и следить за их взаимодействиями.

*Список литературы:*

1. Леонова, О.И., Поликаркина, Е.И. Механизмы создания психологически безопасной образовательной среды в образовательной организации общего образования [Электронный ресурс] // Психологическая наука и образование. 2014. № 3. URL: [http://psyedu.ru/journal/2014/3/Leonova\\_Polikarkina.phtml](http://psyedu.ru/journal/2014/3/Leonova_Polikarkina.phtml).

2. Баева, И.А. Психологическая безопасность образовательной среды // Профессиональное образование. Столица. 2016. № 4. С. 9–13.

3. Беляева, П.И. Психологическая безопасность школьника как психическое состояние // Вестник Новгородского государственного университета. 2011. № 64. С. 73–76.

4. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 окт. 2013 г. № 1155). URL: <http://base.garant.ru/70512244/>.

5. Прохоров, А.О., Афанасьев, П.Н. Риски социализации и психологической безопасности образовательной среды школы // Филология и культура. 2017. № 4 (50). С. 236–243

6. Кoryтова, Г.С., Закотнова, Е.Ю. Психологическая безопасность и защищенность образовательной среды: факторы риска, угрозы и условия // Вестник ТГПУ. 2015. № 9 (162). С. 96–102.

7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 дек. 2010 г. № 1897). URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_110255/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110255/).

8. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.02 Психолого-педагогическое образование (уровень бакалавриата). URL:

[http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak\\_44.03.02.doc](http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak_44.03.02.doc).

## **ОБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ<sup>1</sup>**

В.А. Демарева, И.О. Константинова, М.Е. Чугрова, Ю.А. Еделева

*Аннотация.* Актуальность работы связана с возрастающей ролью онлайн-обучения и необходимостью поиска объективных методов для обеспече-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты РФФИ № 18-013-01225, 18-413-520006, 18-013-01169.



ния его безопасности. Основной целью работы является формулирование рекомендаций для оптимизации структуры подачи материала в рамках электронных образовательных курсов. Для оценки восприятия текстовой информации обучающимися применялись технология событийно-связанной телеметрии и технология айтрекинга. На основании анализа движений глаз и variability ритма сердца при работе с текстами сделаны выводы о необходимости оптимального распределения когнитивной нагрузки студентов при обучении в электронной образовательной среде.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, онлайн-обучение, безопасность образовательной среды, айтрекинг, variability ритма сердца, стресс.

## OBJECTIVE METHODS FOR ASSESSING THE STUDENTS' FUNCTIONAL STATE TO OPTIMIZE E-LEARNING AND ENSURE ITS SAFETY

V.A., Demareva, I.O. Konstantinova, M.E. Chugrova, Yu.A. Edeleva

**Summary.** *The relevance of the work is associated with the growing role of E-learning and with the need for objective methods to ensure its safety. The main purpose of the study is to formulate recommendations for optimizing the structure of the material in the electronic educational courses. To assess the perception of textual information by students, event-related telemetry technology and eye tracking technology were used. Based on the analysis of eye movements and heart rate variability when working with texts, we made the conclusions about the need for optimal distribution of students' cognitive load when learning in electronic educational environment.*

**Key words:** *functional state, E-learning, safety of the educational environment, eye tracking, heart rate variability, stress.*

### Введение

Неуклонное расширение интернет-пространства привело к переносу в эту сферу процесса обучения [1]. В результате существует необходимость мониторинга и оптимизации образовательных технологий для обеспечения эффективности и безопасности в виртуальной среде. Современные методы оценки функционального состояния человека позволяют удаленно получить объективные данные о субъективной сложности, стрессогенности и фазах работы с учебным материалом. Однако широкому применению психофизиологических подходов для экспертизы онлайн-обучения препятствует недостаточное количество исследований в области установления соответствий критериев оценки

эффективности виртуального и классического (аудиторного) образовательного процесса.

Актуальность данного исследования состоит в том, что в ходе эксперимента апробирована методика оценки функционального состояния, на основе которой можно получить объективную информацию об эффективности и безопасности обучения независимо от того, в какой форме (онлайн или классической) оно проводится.

### **Материалы и методы**

Общий дизайн исследования предполагал регистрацию variability ритма сердца (BPC) и движений глаз при работе с текстами (размещенными на экране монитора) на русском и английском языке.

Технология событийно-связанной телеметрии. Для сбора данных о динамике функционального состояния при работе с текстами проводилось непрерывное измерение сердечного ритма с помощью технологии событийно-связанной телеметрии. Технология обеспечивает мониторинг и анализ динамики BPC с учетом событийного контекста [2]. Персонализированный анализ динамики вегетативной регуляции проведен на основе спектральных показателей BPC. Методом динамического Фурье-анализа с окном 100 с и шагом 10 с вычислялись показатели: суммарная мощность спектра BPC – TP ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая адаптационный потенциал; мощность спектра в области частот от 0,04 до 0,15 Гц – LF ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая активность симпатической нервной системы по модуляции сердечного ритма; мощность спектра в области частот от 0,15 до 0,4 Гц – HF ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая активность парасимпатической нервной системы; отношение LF к HF – индекс вегетативного баланса (ИВБ), характеризующий напряжение регуляторных систем [3]. Выделение специфической для стресс-реакции динамики спектральных показателей BPC основано на положении трехкомпонентной теории нейрохимических механизмов развития экстремальных состояний [4]. Детектирование стресс-эпизодов проводилось на основе анализа динамики TP ( $\text{мс}^2$ ) и LF / HF.

Технология айтрекинга. Движения глаз регистрировались с использованием технологии айтрекинга по методу видеокулографии [5]. В работе использована установка *SMI iView X Hi-Speed 1250*. В экспериментах велась бинокулярная запись с частотой дискретизации 500 Гц, анализировались данные по левому глазу. Расстояние между монитором и глазами испытуемых составляло 75 см, размер монитора – 502 мм (37°) по горизонтали и 412 мм (30°) по вертикали. Разрешение экрана 1680 x 1050 px. Анализировалась динамика диаметра зрачка при работе с текстами на русском и английском языках.

Движения глаз и динамика ВРС зарегистрированы при чтении 14 текстов (7 – на русском, 7 – на английском) и поиске ответа на вопросы по ним («интервью») у 7 студентов-психологов. Проведена оценка значимости лингвистических и индивидуальных факторов по отношению к показателям ВРС в 6 контекстах: до айтрекинга («до ЕТ»), калибровка на ЕТ, чтение текста на русском языке, интервью по тексту на русском языке, чтение текста на английском языке, интервью по тексту на английском языке.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием дисперсионного и апостериорного анализа.

### **Результаты и их обсуждение**

#### **1. Связь изменения диаметра зрачка и динамики RR-интервалов.**

При анализе динамики показателя диаметра зрачка и динамики RR-интервалов, синхронизированных по времени, было выявлено, что увеличение диаметра зрачка согласуется с уменьшением длительности RR-интервалов. Таким образом, при начале чтения нового текста наблюдается расширение диаметра зрачка и уменьшение длительности RR-интервалов, что является биомаркерами активации симпатической нервной системы. Далее анализировались данные по показателю LF и диаметру зрачка, синхронизированные по времени. В качестве показателя для диаметра зрачка бралась разница между текущим значением диаметра зрачка и его средним значением.

На основании полученных результатов выделено 3 фазы работы с текстом:

1. Фаза «вработывания» – рост, а затем снижение симпатической активации и уменьшение диаметра зрачка до среднего значения;
2. Фаза «стабилизации» – стабильно низкие значения симпатической активации и диаметра зрачка;
3. Фаза «утомление» – срывы калибровки при айтрекинге и снижение адаптационного потенциала.

Опираясь на полученные объективные данные об общей динамике функционального состояния студентов при работе с онлайн-текстом, мы можем сформулировать некоторые рекомендации по оптимизации образовательного процесса для обеспечения его психологической и психофизиологической безопасности. Так, в целях увеличения фазы «стабилизации» и минимизации фазы «утомления», необходимо перераспределить когнитивную нагрузку студентов. При конструировании образовательного материала в онлайн-среде вначале необходимо давать задачи легкой и средней сложности, способные мобилизовать когнитивные функции и обеспечить быстрое включение в работу. Задачи, несущие основную смысловую нагрузку, должны подаваться в середине работы с текстовыми материалами, когда студенты готовы максимально эффективно воспринимать поступающую информацию. В конце работы рекомендуется внедрять легкие, не требующие высоких когнитивных затрат, упражнения.

## 2. Влияние языка текстов на показатели ВРС.

Установлено, что значимые эффекты фактора «язык» проявляются как при чтении, так и во время интервью ( $F(2, 108)=3,47; p=0,034$ ): при выполнении задач на английском языке наблюдается рост симпатической активации ( $p<0,001$ ), снижение активности парасимпатической нервной системы ( $p<0,001$ ), повышение уровня напряжения регуляторных систем (ИВБ) ( $p<0,001$ ).

Таким образом, работа студентов с текстами на иностранном языке сопровождается значительно большими напряжением и затратой внутренних резервов организма, чем работа с текстами на родном языке. Это необходимо



учитывать при планировании учебного процесса в целом и онлайн-занятий с использованием иноязычной литературы, в частности, для профилактики истощения функционального и эмоционального состояния студентов, в целях поддержания психологической и психофизиологической безопасности образовательной среды.

### 3. Оценка показателей ВРС в разных контекстах.

Максимальное напряжение регуляторных систем отмечается непосредственно до айтрекинга и в контексте калибровки. Это согласуется с данными о предтестовой мобилизации школьников при проверке знаний по общеобразовательным предметам [6]. Целевой контекст (лингвистическая задача) требует меньших энергетических затрат, чем контексты «до ЕТ» и «калибровка». Благодаря событийно-связанной телеметрии фиксировалась стрессогенность каждого из контекстов. Установлено, что в контексте «калибровка» эпизоды стресса проявлялись чаще, чем при решении лингвистических задач. Сравнительный анализ усредненных показателей стрессогенности целевых контекстов дал неожиданный результат: чаще всего стрессы возникали в интервью по содержанию текстов на русском языке.

Опираясь на эти данные, можно сказать, что ответы на вопросы по итогам восприятия текстовой информации связаны с определенными трудностями. И это может быть основанием для уделения большего внимания преподавателя тренировке навыка ответов на вопросы для снятия чрезмерного напряжения, угрожающего здоровью обучающихся, и формирования оптимального функционального состояния при решении данной когнитивной задачи. Таким образом, необходимо тщательно разрабатывать контрольные вопросы, внедряемые в онлайн-лекции.

## **Выводы**

1. Подача учебного материала в электронных образовательных курсах должна обеспечивать оптимальное распределение когнитивной нагрузки студентов: основная информация подается на фазе оптимальной работоспособно-

сти, чему предшествует включение в работу посредством задач легкой и средней степени сложности.

2. Работа с материалами на иностранных языках должна быть тщательно спланирована для предотвращения истощения функционального и эмоционального состояния студентов.

3. Необходимо уделять особое внимание тренировке навыка ответов на вопросы, так как эта задача может вызывать чрезмерное напряжение, которое угрожает здоровью обучающихся.

*Список литературы:*

1. Чекалина, Т.А., Тумандеева, Т.В., Максименко, Н.В. Основные направления и перспективы развития онлайн-обучения // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2018. № 3 (31). С. 44–52.

2. Polevaia, S., Parin, S., Eremin, E., Bulanov, N., Chernova, M., Parina, I., Chikov, M., Chernigovskaya, T. Event-related telemetry (ERT) technology for study of cognitive functions // International Journal of Psychophysiology. 2016. № 108. P. 87–88.

3. McCraty, R., Shaffer, F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk // Glob Adv Health Med. 2015. № 4 (1). P. 46–61.

4. Парин, С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект // Вестник Новосибирского государственного университета. 2008. № 2 (2). С. 118–135.

5. Подладчикова, Л.Н., Колтунова, Т.И., Самарин, А.И., Петрушан, М.В., Шапошников, Д.Г., Ломакина, О.В. Современные представления о механизмах зрительного внимания. Ростов на/Д.: Изд.-полиграф. комплекс КИБИ МЕДИА ЦЕНТР ЮФУ, 2017. 168 с.

6. Костромина, С.Н., Прокофьева, В.В., Гнедых, Д.С., Королева, М.Е. Психофизиологический мониторинг экзаменационного стресса у школьников // Психологические исследования. 2015. №. 43 [Электронный ресурс]. URL: <http://psystudy.ru/num/2015v8n43/1187-kostromina43> (дата обращения 02.02.2019).

**ИНДИВИДУАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД  
В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ВУЗА  
КАК ФАКТОР ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Е.Н. Дмитриева, Е.И. Левит

as well as health monitoring of both social work specialists and workers of the «human-to-human» sphere together with their professional longevity determination.

References:

1. Golubeva, N.A. Professional success and job satisfaction of the social worker / N.A. Golubeva // the Bulletin of KSU of N.A. Nekrasov. - 2011. - Vol. 17. - №. 4. – P. 244-248.
2. Nikiforova, N. V. Labour and workplace satisfaction as a marker of employee's social status / N.V. Nikiforova//Theory and practice of service: economy, social sphere, technologies. - 2012. - №. 4 (14). – P. 51-55.
3. Podprugina, V.V. The research of emotional sphere features among the social work specialists / V.V. Podprugina// the Bulletin of MSLU. - 2012. - Issue 7(640). – P. 87-94.
4. Tolochek, V.A. Occupational Psychology / VA. Tolochek - SPb: St. Petersburg, 2016. - 480 p.
5. Gebert, D. The risks of autonomy: empirical evidence for the necessity of a balance management in promoting organizational innovativeness / D. Gebert, S. Boerner, R. Lanwehr // Creativity and innovation management. - 2003. - Vol. 12. - № 1. - P. 41-49.

## THE EFFECTS OF LINGUISTIC TRAINING ON EYE MOVEMENTS DURING READING TEXTS IN L1 AND L2

*Demareva V.A.<sup>1</sup>, Polevaia S.A.<sup>1,2</sup>*

*Russia, Nizhny Novgorod,*

*<sup>1</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,*

*<sup>2</sup>Privolzhsky Research Medical University,*

*kaleria.naz@gmail.com*

### **Introduction.**

Within the framework of cognitive science, one of the important problems is the study of the text perception. This gives information about the methods of information coding based on the rules of a particular language. Studies of the eye movements' peculiarities when reading texts make it possible to learn more about the individual features of information processing, which also depend on the language proficiency level. It can be assumed that the presence of linguistic training with in-depth study of a foreign language (L2) makes the process of L2 reading less subjectively difficult.

### **Materials and methods.**

**Eye tracking.** We used the SMI iView X Hi – Speed 1250 setup, which records eye movements in the infrared range, and determines the gaze direction based on the displacement vector between the centers of the pupil and of the corneal highlight. The recording was carried out binocularly with a frequency of 500 Hz.

**Language proficiency estimation.** The test part of the State Exam was used to determine the proficiency level in Russian. Test General English, developed by a division of the Cambridge University Examination Board (University of Cambridge Local Examinations Syndicate), was used to determine the proficiency in English.

**Sample.** Students studying for a bachelor degree in Psychology (“psychology students”) - N = 10; students receiving professional linguistic education (“linguistic students”) - N = 22. The two groups did not differ in the level of knowledge of the Russian language, but the level of proficiency in English was significantly higher among students with linguistic training ( $p < 0.01$ ).

**Design.** At the first stage, the level of proficiency in Russian and English was assessed by the means of blank testing. On the second one, eye movements were recorded when working with a series of stimulus slides, containing the questions from the tests mentioned. The stimulus material consisted of 9 series of slides in Russian and 9 series of slides in English.

**Statistics.** Statistical processing of the results was carried out using ANOVA and correlation analysis.

**Results and discussion.** The results of ANOVA showed that when reading texts in Russian, the number of fixations and the line reading time is more for linguistic students than for psychology students (Fisher LSD;  $p < 0.001$ ). When reading texts in English, psychology students perform a smaller saccade amplitude (Fisher LSD;  $p < 0.05$ ), and the number of fixations (Fisher LSD;  $p < 0.001$ ) and pupil diameter along the X-axis (Fisher LSD;  $p < 0.05$ ) and Y-axis (Fisher LSD;  $p < 0.001$ ) are greater than that of linguistic students. It also turned out that when reading texts in Russian, the number of regressions for two groups of students does not differ, and when reading texts in English, psychology students perform more vertical regressions than linguistic students (Fisher LSD;  $p < 0.001$ ).

During a personalized analysis within two groups of students, some markers were revealed that most or all psychology students have but a majority of linguistic students do not have: 1) the line reading time in English is longer than in Russian (Fisher LSD;  $p < 0.001$ ); 2) the amplitude of saccades is greater when reading in Russian than when reading in English (Fisher LSD;  $p < 0.05$ ); c) the duration of fixations is longer when reading in English than when reading in Russian (Fisher LSD;  $p < 0.05$ ).

All this may indicate that the process of working with English texts was more subjectively difficult for students with a lack of professional language training.

The results of the correlation analysis indicate that the structure of the relationship between different ET indicators when reading texts in Russian is different for two groups of students: when reading texts in Russian, linguistic students have more positive correlations between different parameters of eye movements than psychology students. This may indicate the fact, that the study of L2 effects the process of working with L1 texts. Such results are consistent with the description of the neurophysiological mechanisms of the learning process within a systemic-evolutionary approach, namely, the proposition that the acquisition of new experience always includes the reorganization of the previous one.

### **Conclusion.**

Thus, the work reveals the following features of the influence of linguistic training on eye movements when reading texts in L1 (Russian) and L2 (English). Students who receive specialized linguistic education and have a higher level of L2 proficiency are distinguished by better speed characteristics of eye movements (less line reading time and larger amplitude of saccades) when working with texts in both L1 and L2.

*This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grants RFBR No. 18-013-01169, 18-413-520006, 18-013-01225.*



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Факультет социальных наук

**ПСИХОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ  
И СОЦИАЛЬНОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО  
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА**

**Всероссийская  
научно-практическая конференция**

*14–15 ноября 2019 г., Нижний Новгород*

Сборник статей

Нижний Новгород  
2019

УДК 316  
ББК 60.5  
С 77

**Р е ц е н з е н т ы:**

С.А. Гапонова — д. психол. н., профессор Приволжского института  
повышения квалификации ФНС России;  
Т.Н. Князева — д. психол. н., профессор, директор психологического  
консультативно-образовательного центра «Статус»;  
Ю.О. Плехова — д.э.н., профессор, зав. кафедрой правового обеспечения  
экономической и инновационной деятельности ИЭП ННГУ им. Н.И. Лобачевского

С 77

**Психология управления персоналом и социальное предпринимательство в условиях изменения технологического уклада.** Всероссийская научно-практическая конференция (14–15 ноября 2019 г., Нижний Новгород): сборник статей / под общей ред. проф. Л.Н. Захаровой, доц. М.В. Прохоровой. – Н. Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2019. – 675 с.

ISBN 978-5-91326-553-1

В сборнике представлены статьи на основе докладов, сделанных на пленарном заседании и секциях Всероссийской научно-практической конференции «Психология управления персоналом и социальное предпринимательство в условиях изменения технологического уклада» (14–15 ноября 2019 г., Нижний Новгород, ННГУ им. Н.И. Лобачевского).

В статьях отражены результаты научных исследований, позволяющие оценить историю, проблемы, состояние и перспективы психологии управления персоналом, организационной психологии, социального предпринимательства, цифровых технологий и психофизиологических исследований, подготовки кадров, основные векторы развития клиент-ориентированного бизнеса в современных условиях перехода к индустрии 4.0. Авторами являются как известные ученые, так и начинающие исследователи из 27 городов России, а также из Украины, Белоруссии, Азербайджана и Узбекистана.

Для исследователей, представителей бизнеса, промышленности и банковской сферы, специалистов государственного и муниципального управления, преподавателей, аспирантов и студентов, практических работников образовательных и социальных учреждений, общественных организаций.

ISBN 978-5-91326-553-1

УДК 316  
ББК 60.5

© Нижегородский госуниверситет  
им. Н.И. Лобачевского, 2019

3. Полевая С.А. Событийно-связанная телеметрия ритма сердца для персонализированного дистанционного мониторинга когнитивных функций и стресса в условиях естественной деятельности / С.А. Полевая, Е.В. Еремин, Н.А. Буланов, А.В. Бахчина, А.В. Ковальчук, С.Б. Парин // Современные технологии в медицине. — 2019.-том 11.-№1.-с. 109–115.

4. Щербатых Ю. В. Психология стресса и методы коррекции. — СПб.: Питер. — 2006. — 256 с.

5. Phillips A.C. Blunted cardiovascular reactivity relates to depression, obesity, and self-reported health. *Biol Psychol* 2011; 86(2): 106–113.

6. Thayer JF, Ahs F, Fredrikson M, Sollers JJ, Wager TD. 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.

## **ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ<sup>1</sup>**

*В.А. Демарева В.А., И.О. Зайцева, М.Е. Чугрова*

**Нижегородский государственный университет им. И.Н. Лобачевского**

Аннотация: Основной целью работы является формулирование рекомендаций для оптимизации структуры подачи материала в рамках электронных образовательных курсов. Для оценки восприятия текстовой информации обучающимися применялись технология событийно-связанной телеметрии и технология айтрекинга. На основании анализа движений глаз и вариабельности ритма сердца при работе с текстами сделаны выводы о необходимости оптимального распределения когнитивной нагрузки при обучении в электронной образовательной среде.

Ключевые слова: функциональное состояние, онлайн-обучение, безопасность образовательной среды, айтрекинг, вариабельность ритма сердца, стресс.

## **PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE FOR E-LEARNING PROCESS OPTIMIZATION**

**V.A. Demareva, I.O. Konstantinova, M.E. Chugrova**  
**Lobachevsky State University**

Summary: The main purpose of the study is to formulate recommendations for optimizing the structure of the material in the electronic educational courses. To assess the perception of textual

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты РФФИ № 18-013-01225, 18-413-520006, 18-013-01169.

information by students, event-related telemetry technology and eye tracking technology were used. Based on the analysis of eye movements and heart rate variability when working with texts, we made the conclusions about the need for optimal distribution of cognitive load when learning in electronic educational environment.

Keywords: functional state, E-learning, safety of the educational environment, eye tracking, heart rate variability, stress.

*Введение.* Неуклонное расширение интернет-пространства привело к переносу в эту сферу процесса обучения [1]. В результате существует необходимость мониторинга и оптимизации образовательных технологий для обеспечения эффективности и безопасности в виртуальной среде. Современные методы оценки функционального состояния человека позволяют удаленно получить объективные данные о субъективной сложности, стрессогенности и фазах работы с учебным материалом. Однако широкому применению психофизиологических подходов для экспертизы онлайн-обучения препятствует недостаточное количество исследований в области установления соответствий критериев оценки эффективности виртуального и классического (аудиторного) образовательного процесса.

*Актуальность* данного исследования состоит в том, что в ходе эксперимента апробирована методика оценки функционального состояния, на основе которой можно получить объективную информацию об эффективности и безопасности обучения независимо от того, в какой форме (онлайн или классической) оно проводится.

*Материалы и методы.* Общий дизайн исследования предполагал регистрацию вариабельности ритма сердца (ВРС) и движений глаз при работе с текстами (размещенными на экране монитора) на русском и английском языке.

Технология событийно-связанной телеметрии. Для сбора данных о динамике функционального состояния при работе с текстами проводилось непрерывное измерение сердечного ритма с помощью технологии событийно-связанной телеметрии. Технология обеспечивает мониторинг и анализ динамики ВРС с учетом событийного контекста [2]. Персонафицированный анализ динамики вегетативной регуляции проведен на основе спектральных показателей ВРС. Методом динамического Фурье-анализа с окном 100 с и шагом 10 с вычислялись следующие показатели: суммарная мощность спектра ВРС – TP ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая адаптационный потенциал; мощность спектра в области частот от 0,04 до 0,15 Гц – LF ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая активность симпатической нервной системы по модуляции сердечного ритма; мощность спектра в области частот от 0,15 до 0,4 Гц – HF ( $\text{мс}^2$ ), характеризующая активность парасимпатической нервной системы; отношение LF к HF – индекс вегетативного

баланса (ИВБ), характеризующий напряжение регуляторных систем [3]. Выделение специфической для стресс-реакции динамики спектральных показателей ВРС основано на положении трехкомпонентной теории нейрохимических механизмов развития экстремальных состояний [4]. Детектирование стресс-эпизодов проводилось на основе анализа динамики TP ( $mc^2$ ) и LF/HF.

Технология айтрекинга. Движения глаз регистрировались с использованием технологии айтрекинга по методу видеокулографии [5]. В работе использована установка SMI iView X Hi-Speed 1250. В экспериментах велась бинокулярная запись с частотой дискретизации 500 Гц, анализировались данные по левому глазу. Расстояние между монитором и глазами испытуемых составляло 75 см, размер монитора – 502 мм ( $37^\circ$ ) по горизонтали и 412 мм ( $30^\circ$ ) по вертикали. Разрешение экрана 1680x1050 px. Анализировалась динамика диаметра зрачка при работе с текстами на русском и английском языках.

Движения глаз и динамика ВРС зарегистрированы при чтении 14 текстов (7 – на русском, 7 – на английском) и поиске ответа на вопросы по ним («интервью») у 7 студентов-психологов. Проведена оценка значимости лингвистических и индивидуальных факторов по отношению к показателям ВРС в 6 контекстах: до айтрекинга («до ET»), калибровка на ET, чтение текста на русском языке, интервью по тексту на русском языке, чтение текста на английском языке, интервью по тексту на английском языке.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием дисперсионного и апостериорного анализа.

Результаты и их обсуждение.

#### 1. Связь изменения диаметра зрачка и динамики RR-интервалов.

При анализе динамики показателя диаметра зрачка и динамики RR-интервалов, синхронизированных по времени, было выявлено, что увеличение диаметра зрачка согласуется с уменьшением длительности RR-интервалов. Таким образом, при начале чтения нового текста наблюдается расширение диаметра зрачка и уменьшение длительности RR-интервалов, что является биомаркерами активации симпатической нервной системы. Далее анализировались данные по показателю LF и диаметру зрачка, синхронизированные по времени. В качестве показателя для диаметра зрачка бралась разница между текущим значением диаметра зрачка и его средним значением.

На основании полученных результатов было выделено 3 фазы работы с текстом:

1. Фаза «вработывания» – рост, а затем снижение симпатической активации и уменьшение диаметра зрачка до среднего значения;



2. Фаза «стабилизации» – стабильно низкие значения симпатической активации и диаметра зрачка;

3. Фаза «утомление» – срывы калибровки при айтрекинге и снижение адаптационного потенциала.

Опираясь на полученные объективные данные об общей динамике функционального состояния студентов при работе с онлайн-текстом, мы можем сформулировать некоторые рекомендации по оптимизации образовательного процесса для обеспечения его психологической и психофизиологической безопасности. Так, в целях увеличения фазы «стабилизации» и минимизации фазы «утомления», необходимо перераспределить когнитивную нагрузку. При конструировании образовательного материала в онлайн-среде вначале необходимо давать задачи легкой и средней сложности, способные мобилизовать когнитивные функции и обеспечить быстрое включение в работу. Задачи, несущие основную смысловую нагрузку, должны подаваться в середине работы с текстовыми материалами, когда студенты готовы максимально эффективно воспринимать поступающую информацию. В конце работы рекомендуется внедрять легкие, не требующие высоких когнитивных затрат, упражнения.

## 2. Влияние языка текстов на показатели ВРС

Установлено, что значимые эффекты фактора «язык» проявляются как при чтении, так и во время интервью ( $F(2, 108)=3,47; p=0,034$ ): при выполнении задач на английском языке наблюдается рост симпатической активации ( $p<0,001$ ), снижение активности парасимпатической нервной системы ( $p<0,001$ ), повышение уровня напряжения регуляторных систем (ИВБ) ( $p<0,001$ ).

Таким образом, работа студентов с текстами на иностранном языке сопровождается значительно большим напряжением и затратой внутренних резервов организма, чем работа с текстами на родном языке. Это необходимо учитывать при планировании учебного процесса в целом и онлайн-занятий с использованием иноязычной литературы, в частности, для профилактики истощения функционального и эмоционального состояния обучающегося, в целях поддержания психологической и психофизиологической безопасности образовательной среды.

## 3. Оценка показателей ВРС в разных контекстах

Максимальное напряжение регуляторных систем отмечается непосредственно до айтрекинга и в контексте калибровки. Это согласуется с данными о предтестовой мобилизации школьников при проверке знаний по общеобразовательным предметам [6]. Целевой контекст (лингвистическая задача) требует

меньших энергетических затрат, чем контексты «до ЕТ» и «калибровка». Благодаря событийно-связанной телеметрии фиксировалась стрессогенность каждого из контекстов. Установлено, что в контексте «калибровка» эпизоды стресса проявлялись чаще, чем при решении лингвистических задач. Сравнительный анализ усредненных показателей стрессогенности целевых контекстов дал неожиданный результат: чаще всего стрессы возникали в интервью по содержанию текстов на русском языке.

Опираясь на эти данные, можно сказать, что ответы на вопросы по итогам восприятия текстовой информации связаны с определенными трудностями. И это может быть основанием для уделения большего внимания преподавателя тренировке навыка ответов на вопросы для снятия чрезмерного напряжения, угрожающего здоровью обучающихся, и формирования оптимального функционального состояния при решении данной когнитивной задачи. Таким образом, необходимо тщательно разрабатывать контрольные вопросы, внедряемые в онлайн-лекции.

*Выводы.* 1. Подача учебного материала в электронных образовательных курсах должна обеспечивать оптимальное распределение когнитивной нагрузки: основная информация подается на фазе оптимальной работоспособности, чему предшествует включение в работу посредством задач легкой и средней степени сложности.

2. Работа с материалами на иностранных языках должна быть тщательно спланирована для предотвращения истощения функционального и эмоционального состояния обучающихся.

3. Необходимо уделять особое внимание тренировке навыка ответов на вопросы, так как эта задача может вызывать чрезмерное напряжение, которое угрожает здоровью обучающихся.

### **Литература**

1. Чекалина Т.А. Основные направления и перспективы развития онлайн-обучения / Т.А. Чекалина, Т.В. Тумандеева, Н.В. Максименко // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2018. № 3 (31). С. 44-52.

2. Polevaia S. Event-related telemetry (ERT) technology for study of cognitive functions / S. Polevaia, S. Parin, E. Eremin, N. Bulanov, M. Chernova, I. Parina, M. Chikov, T. Chernigovskaya // International Journal of Psychophysiology. 2016. № 108. P. 87-88.

3. McCraty R. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk / R. McCraty, F. Shaffer // Glob Adv Health Med. 2015. № 4(1). P. 46-61.

4. Парин, С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект / С.Б. Парин // Вестник Новосибирского государственного университета. 2008. № 2(2). С. 118-135.

5. Подладчикова Л.Н. Современные представления о механизмах зрительного внимания / Л.Н. Подладчикова, Т.И. Колтунова, А.И. Самарин, М.В. Петрушан, Д.Г. Шапошников, О.В. Ломакина. Ростов н/Д: Издательско-полиграфический комплекс КИБИ МЕДИА ЦЕНТР ЮФУ, 2017. 168 с.

6. Костромина С.Н. Психофизиологический мониторинг экзаменационного стресса у школьников // Психологические исследования. 2015. №. 43 [Электронный ресурс] / С.Н. Костромина, В.В. Прокофьева, Д.С. Гнедых, М.Е. Королева. URL: <http://psystudy.ru/num/2015v8n43/1187-kostromina43> (дата обр.: 2.02.2019).

## **СОБЫТИЙНО-СВЯЗАННАЯ ТЕЛЕМЕТРИЯ РИТМА СЕРДЦА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТЫ С КЛИЕНТАМИ В ИНТЕРНЕТ-СРЕДЕ<sup>1</sup>**

*И.О. Зайцева, С.Б. Парин*

**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского**

Аннотация. В работе представлены возможности событийно-связанной телеметрии ритма сердца для развития дистанционного амбиентного мониторинга функционального состояния, стресс-факторов и стрессовых нагрузок в процессе психологической работы с клиентами в Интернет-среде. Представлен новый алгоритм объективной оценки эффективности и безопасности виртуальных психологических тренингов.

Ключевые слова: функциональное состояние, амбиентный мониторинг, телеметрия, Интернет-технологии, психологические тренинги.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ 18-413-52-0006 p\_a

# КОМПЛЕКСНОЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЕ В КОРРЕКЦИИ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЙ<sup>1</sup>

*А.И. Федотчев<sup>1</sup>, С.Б. Парин<sup>2</sup>, К.Н. Громов<sup>2</sup>, Л.В. Савчук<sup>3</sup>, С.А. Полевая<sup>3,2</sup>*

<sup>1</sup>Лаборатория механизмов рецепции Института биофизики клетки РАН

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

<sup>3</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет

Аннотация. Проведена экспериментальная проверка предположения о том, что комплексная обратная связь, использующая управляющие сигналы не только от ЭЭГ пациента, но и от ритма его сердцебиений, может привести к увеличению эффективности подавления стресс-индуцированных состояний. Как и предполагалось, в условиях комплексной обратной связи от биопотенциалов мозга и сердца выявлены достоверные позитивные эффекты в виде роста мощности альфа-ритма ЭЭГ, увеличения оценок самочувствия и настроения, а также снижения уровня эмоциональной дезадаптации испытуемых.

Ключевые слова: нейробиоуправление, интерфейс мозг-компьютер, комплексная обратная связь, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), вариабельность сердечного ритма (ВСР), коррекция состояния.

## INTEGRATED NEUROFEEDBACK IN CORRECTION OF STRESS-INDUCED STATES<sup>2</sup>

*A.I. Fedotchev<sup>1</sup>, S.B. Parin<sup>2</sup>, K.N. Gromov<sup>2</sup>, L.V. Savchuk<sup>3</sup>, S.A. Polevaia<sup>3,2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Reception Mechanisms, Institute of Cell Biophysics,  
Russian Academy of Sciences,

<sup>2</sup>National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,

<sup>3</sup>Privolzhsky Research Medical University

Annotation. An experimental verification of the assumption that complex feedback using control signals not only from the patient's EEG, but also from the rhythm of his heartbeats can lead to an increase in the effectiveness of the suppression of stress-induced states. As expected, in the context of complex feedback from the biopotentials of the brain and heart, significant positive effects were revealed in the form of an increase in the power of the EEG alpha rhythm, an increase in assessments of well-being and mood, as well as a decrease in the level of emotional maladaptation of the subjects.

Keywords: neurobiological control, brain-computer interface, integrated feedback, electroencephalogram (EEG), heart rate variability (HRV), correction of state.

В последнее время технологии нейроинтерфейсов, включая интерфейс мозг–компьютер и нейробиоуправление, становятся лечебным инструментом

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ № 18-013-01225а, 18-413-52-0006р\_а, 19-013-00095а.

<sup>2</sup> This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, RFBR grant No. 18-013-01225а, 18-413-52-0006r\_a, 19-013-00095а.

для множества психических и неврологических [1] расстройств, восстановления и улучшения нервных, когнитивных и поведенческих функций человека [2] Общей чертой этих технологий является их предельная персонализация через использование обратной связи от индивидуальных биоэлектрических характеристик пациента при организации лечебных воздействий [3]. Благодаря этому данная линия исследований полностью соответствует стратегическим направлениям развития отечественного здравоохранения, предполагающим переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения [Указ Президента РФ].

Анализ литературы показывает, что центральной проблемой технологий нейроинтерфейсов является проблема оптимальной организации сигналов обратной связи как важнейшего фактора, определяющего успешность нейробиоуправления.

Цель представленной работы заключалась в экспериментальной проверке данного предположения путем сравнительного анализа эффектов, наблюдаемых при отсутствии (контрольная серия) и введении дополнительного контура обратной связи от текущего ритма сердцебиений пациента (серия Ритм). С каждым из 16 испытуемых-добровольцев, находящихся в состоянии стресса в период экзаменационной сессии, проведено по 2 эксперимента. В одном из них (контрольная серия) испытуемым предъявляли музыкаподобные сигналы, плавно варьирующие по высоте тона и интенсивности в прямой зависимости от текущей амплитуды доминирующего у субъекта спектрального ЭЭГ компонента (альфа ЭЭГ осциллятора) и по тембру напоминающие звуки флейты, а также световые воздействия, получаемые в реальном времени путем прямой трансформации оцифрованной ЭЭГ в светодиодные мелькания. В другом эксперименте (серия Ритм) варьирование звуков флейты по высоте тона и интенсивности дополнялось введением звуковых сигналов от текущего ритма сердцебиений испытуемого.

В исследовании приняли участие 16 испытуемых в возрасте от 18 до 23 лет, студентов Нижегородского госуниверситета, находящихся в состоянии стресса в период экзаменационной сессии и добровольно согласившихся на 2 обследования. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. в Хельсинки, Финляндия и пересмотренной в октябре 2000 г. в Эдинбурге, Шотландия). От каждого испытуемого получено информированное согласие.

В начале каждого обследования для оценки психофизиологического состояния испытуемых проводился их краткий опрос и начальное тестирование с помощью теста «САН», в котором испытуемые дают оценку текущего самочув-

ствия, активности и настроения, и теста «УЭД», дающего возможность определять текущий уровень эмоциональной дезадаптации [4]. Затем устанавливали ЭЭГ-датчики (активный электрод в отведении Cz, референтный и заземляющий – на мочках ушей), оригинальную систему регистрации электрокардиограммы с on-line анализом показателей вариабельности сердечного ритма [5], фиксировали наушники и светодиодные очки, в затемненные линзы которых были вмонтированы красные светодиоды с мощностью, не превышающей 100 мкВт. Испытуемых просили сидеть спокойно с закрытыми глазами в течение всей процедуры.

Каждый эксперимент начинался с 30-секундной записи фоновой электрической активности мозга при диапазоне фильтрации ЭЭГ 2-32 Гц и частоте дискретизации сигналов 100 Гц, в ходе которой с помощью оригинальной модификации динамического спектрального анализа, основанного на быстрых преобразованиях Фурье, определялся доминирующий у данного испытуемого узкочастотный (0.4-0.6 Гц) спектральный компонент в диапазоне альфа-ритма (8-13 Гц) ЭЭГ. Затем на 10 мин включался рабочий режим, где испытуемым предъявлялись аудио-визуальные воздействия, формируемые на основе ЭЭГ. При этом текущая амплитуда выявленного ЭЭГ осциллятора преобразовывалась в музыкаподобные сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты и плавно варьирующие по высоте тона (диапазон 100-2000 Гц) и интенсивности (диапазон 0-40 дБ) в прямой зависимости от текущей амплитуды ЭЭГ осциллятора. Одновременно осуществлялись светодиодные воздействия в строгом соответствии с текущими значениями ЭЭГ испытуемого. Это достигалось путем нормирования оцифрованных значений ЭЭГ, при котором наибольшая отрицательная величина ЭЭГ сигнала соответствовала минимальному, а наибольшая положительная величина – максимальному свечению светодиодов.

В одном из двух обследований (серия Ритм) описанная экспериментальная процедура дополнялась введением в музыкаподобные воздействия, генерируемые на основе ЭЭГ, слабых (порядка 10 дБ) звуковых сигналов, формируемых системой регистрации электрокардиограммы и соответствующих текущему ритму сердцебиений испытуемого.

Оценка эффектов воздействий в контрольной (без дополнительного сердечного ритма) и экспериментальной (с введением сердечного ритма) сериях исследований проводилась путем сопоставления основных показателей, зарегистрированных перед началом и после воздействий (таблица 1).



Таблица 1. Средние значения (М), стандартные ошибки (m) и уровень различий Р показателей, зарегистрированных до и после воздействия в двух сериях экспериментов

Показа-тель	Контрольная серия			Серия «Ритм»		
	До	После	Р	До	После	Р
ЭЭГ-тета (отн. ед.)	268,3±21,3	260,7±18,5	0,901	290,2±18,4	272,5±14,2	0,454
ЭЭГ-альфа (отн. ед.)	237,8±11,3	260,2±11,2	0,125	<b>254,7±10,5</b>	<b>293,6±8,9</b>	<b>0,009</b>
ЧСС (уд/мин)	79,2±3,1	79,4±3,1	0,801	77,4±2,4	77,0±2,4	0,959
СВЧ-ВСР (отн. ед.)	7428±2413	7248±1359	0,948	6093±932	6119±922	0,865
СИ ВСР (отн. ед.)	0,42±0,06	0,40±0,06	0,848	0,516±0,06	0,44±0,04	0,370
САН-С (баллы)	4,48±0,25	4,87±0,30	0,244	<b>4,59±0,27</b>	<b>5,31±0,21</b>	<b>0,045</b>
САН-А (баллы)	4,44±0,24	4,10±0,29	0,393	4,41±0,23	4,43±0,21	0,954
САН-Н (баллы)	5,23±0,21	5,51±0,19	0,336	<b>4,86±0,33</b>	<b>5,58±0,26</b>	<b>0,048</b>
УЭД (баллы)	1,25±0,22	0,74±0,19	0,091	<b>0,94±0,19</b>	<b>0,41±0,15</b>	<b>0,015</b>

Примечание. Значимые различия показателей выделены жирным шрифтом

Данные таблицы 1 показывают, что под влиянием обеих лечебных процедур в ЭЭГ испытуемых происходили закономерные изменения: мощность тета-активности ЭЭГ под влиянием воздействий уменьшалась, а мощность альфа-активности ЭЭГ – увеличивалась. Наиболее выраженные и значимые изменения происходили в мощности альфа-ритма ЭЭГ в серии с введением дополнительного ритма. Под влиянием обеих лечебных процедур частота сокращений сердца (ЧСС) испытуемых практически не менялась. Небольшие разнонаправленные сдвиги отмечены в выраженности СВЧ ВСР: в контрольной серии без ритма она сокращалась, а при введении дополнительного ритма – наоборот, увеличивалась. Стресс-индекс под влиянием лечебных воздействий сокращался в большей степени в серии «Ритм». Можно также видеть, что в результате лечебных процедур происходили позитивные изменения в субъективных оценках состояния испытуемых: увеличивались показатели самочувствия и настроения в тесте САН, а также снижался уровень эмоциональной дезадаптации. Эти изменения были более выраженными и достоверными при введении в предъявляемые звуковые сигналы дополнительного ритма, соответствующего текущему ритму сердечных сокращений испытуемого.

Опрос испытуемых о субъективных ощущениях в ходе каждой лечебной процедуры показал, что часть обследуемых (3 из 16) не заметили каких-либо различий в акустических воздействиях, предъявленных в ходе двух процедур. Звуковые сигналы в контрольной серии, напоминающие плавно меняющиеся по высоте тона и интенсивности звуки флейты, вызывали у половины обследуемых своеобразные ощущения – от ориентировочных реакций и настороженности до ярких эмоциональных впечатлений. Большинство испытуемых (12 из 16) отметили, что введение сердечного ритма в предъявляемые звуковые воздействия способствует повышению их «музыкальности» и более позитивному восприятию. По данным субъективных отчетов после процедуры выявлено положительное отношение пациентов к проведенным лечебным сеансам, снижение уровня стресса и улучшение эмоционального состояния.

Полученные результаты свидетельствуют, что музыкальные нейроинтерфейсы после дополнительных исследований могут найти применение в широком спектре реабилитационных процедур, в кабинетах психологической разгрузки на производстве, в образовательных учреждениях для активизации познавательной деятельности человека и процессов его обучения, в военной и спортивной медицине, медицине катастроф, научных исследованиях.

### Литература

1. Каплан А.Я. Нейрофизиологические основания и практические реализации технологии мозг-машинных интерфейсов в неврологической реабилитации. Физиология человека. 2016; 42 (1): 118-127. doi: 10.7868/S0131164616010100.
2. Renton T., Tibbles A., Topolovec-Vranic J. Neurofeedback as a form of cognitive rehabilitation therapy following stroke: A systematic review. PLoS One. 2017. May 16;12(5):e0177290. doi: 10.1371/journal.pone. 0177290
3. Федотчев А.И., Парин С.Б., Полевая С.А., Великова С.Д. Технологии «интерфейс мозг-компьютер» и нейробиоуправление: современное состояние и перспективы клинического применения. Современные технологии в медицине. 2017. 9(1): 175-184. doi: 10.17691/stm2017.9.1.01.
4. Григорьева В.М., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека. Патент РФ № 2291720 С1. 20.01.2007.
5. Polevaya 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. – V. 11. – N 1. – P. 109–115. – <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.13>.



Министерство образования Республики Беларусь  
Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический  
университет имени Максима Танка»  
Национальная академия наук Республики Беларусь  
Республиканский институт высшей школы  
Белорусское общество психологов

# КОГНИТИВНЫЕ ШТУДИИ: ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ И СЛОЖНОСТЬ, КОГНИТИВНЫЕ ПРАКТИКИ

*Материалы VIII международной  
междисциплинарной  
конференции*

*Выпуск 8*

Научное электронное издание локального  
распространения

Минск  
БГПУ  
2019

УДК 159.99  
ББК 88.4  
К57

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

### **Рецензенты**

доктор психологических наук, профессор *Н.Т. Ерчак*;  
доктор психологических наук, профессор *Г.В. Лосик*;  
кандидат психологических наук, доцент *Н.В. Дроздова*

**Под редакцией *А.П. Лобанова, Н.П. Радчиковой***

**Когнитивные студии:** Эмерджентность и сложность, когнитивные практики:  
К 57 материалы VIII междунар. междисциплин. конф. Вып. 8 / Под ред. А.П. Лобанова,  
Н.П. Радчиковой. – Минск: БГПУ, 2019. – 545 с.

ISBN

В издании содержатся изложение результатов последних исследований в области когнитивной науки. Рассматриваются проблемы интеллекта и когнитивных процессов, философии и трансдисциплинарной методологии, а также вопросы прикладной когнитивистики

Адресуется аспирантам и студентам психологических факультетов, всем, кто не утратил интерес к познанию себя и своего окружения.

УДК 159.99  
ББК 88.4

ISBN

**БГПУ, 2019**



Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований  
Белорусский государственный педагогический университет  
Белорусское общество психологов  
Национальная академия наук Республики Беларусь  
Республиканский институт высшей школы



К 105-летию БГПУ

# КОГНИТИВНЫЕ ШТУДИИ

VIII  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО  
КОГНИТИВНОЙ НАУКЕ

## COGNITIVE STUDIES



16-18 МАЯ 2019  
Г. МИНСК УЛ. СОВЕТСКАЯ 18  
АУДИТОРИЯ 330

# ВЛИЯНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ НА РОДНОМ И ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ

*В.А. Демарева*

кандидат психологических наук

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Нижний Новгород, Россия

**Введение.** В рамках когнитивной науки одной из важных проблем является изучение восприятия текста, то есть, способов кодирования информации на основе правил конкретного языка [6]. Получение информации для реконструкции образов, закодированных в тексте, обеспечивается процессом чтения. Исследования особенностей движения глаз при чтении текстов позволяют получить сведения об индивидуальных особенностях обработки информации, в том числе - в зависимости от степени знания языка. Можно предположить, что наличие лингвистической профессиональной подготовки с углубленным изучением иностранного языка делает процесс чтения иноязычного текста менее субъективно сложным.

В пространстве параметров движений глаз при работе с текстами выделены следующие маркеры высокой субъективной сложности процесса чтения: увеличение продолжительность фиксации [8], увеличение числа регрессий (возвратных движений глаз) [2], более продолжительная фиксация слов, следующих за редким словом [2], а также увеличение количества низкоамплитудных саккад [2; 5]. Наиболее исследованными являются особенности движений глаз при чтении текстов на родном языке, но в последнее время появляется все больше работ, направленных на сопоставление специфики работы с текстами на нескольких языках.

Актуальным остается исследование взаимодействия субъективной сложности текста и структурных особенностей языка при чтении, поиск параметров, которые позволили бы разделять людей с низким и высоким уровнем владения иностранным языком, а также поиск новых критериев степени сложности восприятия текста и исследования, посвященные анализу движения глаз при чтении текстов на родном и иностранном языке.

Цель исследования – проанализировать влияние лингвистической профессиональной подготовки на движения глаз при чтении текстов на родном и иностранном языке. Достижение указанной цели предполагало анализ движений глаз при работе с текстами на русском и английском языке русскоязычными студентами, получающими и не получающими



специализированное лингвистическое образование с углубленным изучением английского языка.

**Материалы и методы исследования.**

*Технология айтрекинга (ET).* Применялась технология айтрекинга по методу видеокулографии. В работе использована установка SMI iView X Hi-Speed 1250, регистрирующая движения глаз в инфракрасном диапазоне излучения, определяющая направление взгляда, основываясь на векторе смещения между центрами зрачка и роговического блика – так называемая система «pupil–corneal reflex». Запись движений глаз велась бинокулярно с частотой 500 Гц.

*Определение уровня знания русского и английского языка.* Для определения уровня знания русского языка использовалась тестовая часть ЕГЭ, содержащая 24 вопроса. Для определения уровня знания английского языка использовался Test General English, разработанный подразделением экзаменационного совета Кембриджского университета (University of Cambridge Local Examinations Syndicate).

*Предварительный эксперимент.* Для выбора оптимальных структурно-пространственных характеристик стимульного материала была разработана его пробная версия, в которую вошли серии текстов с размерами шрифта 34, 64 и 84 pt. и с разным количеством слов в строке. В качестве текстов использовались вопросы указанных тестов на определение уровня знания русского и английского языка. Регистрация движений глаз велась при предъявлении добровольцам серий из четырех слайдов – табл. 1.

Таблица 1. - Состав одной серии стимульных слайдов.

№ слайда	Содержание	Задача
1	цифры от 1 до 4	посмотреть в порядке возрастания
2	тестовый вопрос	прочитать
3	варианты ответа и текст вопроса	выбрать правильный ответ
4	номера вариантов ответов	посмотреть на номер верного ответа

*Основной эксперимент.* Основной эксперимент состоял из двух этапов. На первом – оценивался уровень знания русского и английского языка посредством бланкового тестирования. На втором – регистрировались движения глаз при работе с сериями стимульных слайдов (аналогичных структуре, описанной в табл. 1), которые соответствовали выявленным на этапе предварительного эксперимента оптимальным структурно-пространственным характеристикам. Стимульный материал состоял из 9 серий слайдов на русском языке и 9 серий слайдов на английском языке.

**Выборка исследования.** *Предварительный эксперимент:* студенты, обучающиеся на бакалавриате по направлению «Психология» («студенты-психологи»),  $N=5$ . *Основной эксперимент:* студенты-психологи –  $N=10$ ; студенты, получающие профессиональное лингвистическое образование («студенты-лингвисты»), –  $N=22$ . Группы добровольцев не отличались по уровню знания русского языка, но уровень знания английского языка был значимо выше у студентов с лингвистической подготовкой ( $p<0,01$ ). Все добровольцы имели нормальное или скорректированное до нормального зрение.

**Обработка данных.** Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием дисперсионного, кластерного и корреляционного анализа.

### **Результаты исследования**

#### *Предварительный эксперимент*

1. Влияние размера шрифта на диаметр зрачка. На первом этапе анализировалось влияние размера шрифта на диаметр зрачка. Специфика просмотра слайда 1 могла быть обусловлена настройкой зрительной системы на новые условия, поэтому параметры движений глаз при работе с ним не учитывались в анализе. Результаты показали уменьшение диаметра зрачка по оси X при уменьшении размера шрифта с 84 pt до 64 pt и 34 pt (Fisher LSD,  $p<0,01$ ). Поскольку был выявлен эффект влияния размера шрифта на диаметр зрачка, на этапе основного эксперимента все стимульные слайды имели одинаковый размер шрифта – 44 pt.

2. Выбор оптимального количества строк. На втором этапе анализа результатов предварительного эксперимента изучалось влияние количества слов в строке на диаметр зрачка, длительность фиксаций и амплитуду саккад. Далее был проведен предварительный анализ движений глаз при чтении текста. Для него был выбран текст, содержащий три строки, которые состояли из 4, 7 и 7 слов, соответственно. Были выявлены эффекты, связанные с количеством слов в строке:

- Эффекты по отношению к диаметру зрачка ( $F=27.4$ ;  $p<0,01$ ). При увеличении количества слов в строке происходит увеличение диаметра зрачка по оси Y.

- Эффекты влияния количества слов в строке на продолжительности фиксаций ( $F=3.45$ ;  $p<0,05$ ). Продолжительность фиксаций при чтении строки, где количество слов равно 4, достоверно меньше продолжительности фиксаций при чтении строки, где количество слов равно 7. Подобный эффект отсутствует при чтении строк с одинаковым количеством слов.

Так как предварительный анализ показал эффекты, связанные с количеством слов в строке для строк, содержащих 4 и 7 слов, для предъявления

были использованы 9 заданий теста по русскому и 9 заданий теста по английскому языку, которые обязательно должны были содержать строки, состоящие из 4 и 7 слов.

### *Основной эксперимент*

3. Влияние уровня освоения английского языка на показатели айтрекинга. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что при чтении текстов на русском языке количество фиксаций и время чтения строки больше у студентов-лингвистов, чем у студентов-психологов (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ). При чтении текстов на английском – у студентов-психологов амплитуда саккад меньше (Fisher LSD;  $p < 0,05$ ), а количество фиксаций (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ) и диаметр зрачка по оси X (Fisher LSD;  $p < 0,05$ ) и по оси Y (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ) больше, чем у студентов-лингвистов. Также оказалось, что при чтении текстов на русском языке количество регрессий у двух групп студентов не отличается, а при чтении текстов на английском – студенты-психологи совершают больше вертикальных регрессий, чем студенты-лингвисты (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ).

При проведении персонифицированного анализа внутри групп студентов были выделены признаки, которые есть у большинства или у всех студентов-психологов, но отсутствуют у большинства студентов-лингвистов: 1) время чтения строки на английском языке больше, чем на русском (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ); 2) амплитуда саккад больше при чтении на русском языке, чем при чтении на английском (Fisher LSD;  $p < 0,05$ ); в) продолжительность фиксаций больше при чтении на английском языке, чем при чтении на русском (Fisher LSD;  $p < 0,05$ )

Далее был проведен кластерный анализ по параметрам ET (продолжительность фиксаций при чтении на русском языке; амплитуда саккад при чтении на русском языке; время чтения строки на русском языке; продолжительность фиксаций при чтении на английском языке; амплитуда саккад при чтении на английском языке; время чтения строки на английском языке) при чтении текстов на русском и английском языке студентами двух групп (метод K-средних). Было получено 2 кластера:

1 кластер – значения параметров ET при чтении текстов студентами-лингвистами;

2 кластер – значения параметров ET при чтении текстов студентами-психологами и одним студентом-лингвистом.

Доля верных ответов на вопросы Test General English у добровольцев из 1-го кластера больше ( $p < 0,01$ ).

Далее с помощью модуля Descriptive Statistics были получены диапазоны значений по параметрам ET для двух кластеров, после чего был определен кластер каждого добровольца по его индивидуальным показателям ET. Оказалось, что распределение по диапазонам первого кластера имеет  $S=1$  и

$R=0,73$ , а распределение по диапазонам второго кластера -  $S=1$  и  $R=0,7$ . Следовательно, чтобы определить к какой группе относится конкретный доброволец, лучше использовать диапазоны второго кластера.

На следующем этапе был проведен корреляционный анализ (по критерию Спирмена) между показателями ЕТ при чтении текстов на русском и английском языке студентами психологами и лингвистами.

Групповой анализ данных при чтении студентами-психологами текстов на русском языке показал наличие связи между: временем чтения строки и продолжительностью фиксации ( $R^2=0,42$ ); временем чтения строки и количеством фиксации ( $R^2=0,87$ ); диаметром зрачка по оси X и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,87$ ). При чтении на английском были выявлены связи между: диаметром зрачка по оси X и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,93$ ); амплитудой саккад и количеством фиксации ( $R^2=-0,42$ ); амплитудой саккад и временем чтения строки ( $R^2=-0,39$ ); временем чтения строки и количеством фиксации ( $R^2=0,84$ ). Таким образом, у группы студентов-психологов при чтении текстов на английском языке проявилось большее число корреляций между параметрами ЕТ, чем при чтении на русском языке.

Групповой анализ данных при чтении студентами-лингвистами текстов на русском языке показал наличие связи между: продолжительностью фиксации и количеством фиксации ( $R^2=0,36$ ); временем чтения строки и количеством фиксации ( $R^2=0,97$ ); количеством фиксации и диаметром зрачка по оси X ( $R^2=0,53$ ); количеством фиксации и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,45$ ); временем чтения строки и продолжительностью фиксации ( $R^2=0,54$ ); временем чтения строки и диаметром зрачка по оси X ( $R^2=0,46$ ); временем чтения строки и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,4$ ); диаметром зрачка по оси X и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,89$ ). При чтении на английском были выявлены связи между: амплитудой саккад и временем чтения строки ( $R^2=-0,48$ ); временем чтения строки и количеством фиксации ( $R^2=0,95$ ); диаметром зрачка по оси X и диаметром зрачка по оси Y ( $R^2=0,9$ ). Таким образом, при чтении текстов на русском языке у студентов-лингвистов наблюдается больше положительных корреляций, чем у студентов-психологов.

Далее была проведена оценка связи параметров ЕТ с успешностью ответов на вопросы тестов у психологов и лингвистов. При ответах на вопросы теста по русскому языку у студентов психологов диаметр зрачка по оси X (Fisher LSD;  $p<0,001$ ) и количество регрессий (Fisher LSD;  $p<0,001$ ) значимо меньше при чтении вопросов, на которые дан неверный ответ, а у лингвистов при их чтении количество фиксации (Fisher LSD;  $p<0,001$ ), время чтения строки (Fisher LSD;  $p<0,001$ ) и количество регрессий (Fisher LSD;  $p<0,001$ ) значимо больше, а диаметр зрачка значимо меньше (Fisher LSD;  $p<0,001$ ).

При ответах на вопросы теста по английскому языку у студентов психологов количество вертикальных регрессий больше при чтении вопросов, на которые дан неверный ответ (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ), а у лингвистов при их чтении диаметр зрачка по оси Y меньше (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ), а количество вертикальных регрессий (Fisher LSD;  $p < 0,001$ ) и фиксаций (Fisher LSD;  $p < 0,05$ ) больше.

**Обсуждение результатов.** Исследование влияния структуры текста на параметры движений глаз показало, что при увеличении размера шрифта происходит увеличение диаметра зрачка, что обусловлено настройкой оптической системы глаза. При увеличении количества слов в строке происходит увеличение продолжительности фиксаций и увеличивается диаметр зрачка, что может быть связано с активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы и процессом мобилизации [4].

У студентов-психологов при чтении текстов на русском языке мобилизация происходит при чтении вопросов, на которые они дают верный ответ, что выражается в увеличении диаметра зрачка и в увеличении количества регрессий, а при чтении на английском – она происходит при чтении вопросов, на которые они дают неверный ответ, что выражается также в увеличении количества регрессий. Студенты-лингвисты как на русском, так и на английском языке более тщательно читают вопросы, на которые дают неверные ответы, что выражается в увеличении количества регрессий, фиксаций, времени чтения строки (только в русском языке) и уменьшении диаметра зрачка, что может быть связано с активацией парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и процессов селективного внимания [7].

Оказалось, что у студентов-психологов амплитуда саккад и диаметр зрачка больше при чтении текстов на русском языке, а продолжительность фиксаций, их количество, время чтения строки, количество вертикальных регрессий и доля эксплицитных фиксаций больше при чтении текстов на английском языке. Все это может указывать на то, что процесс работы с текстом на английском языке был более субъективно сложен для студентов с отсутствием профессиональной языковой подготовки [2]. Также при чтении на английском языке количество фиксаций, регрессий и диаметр зрачка значимо больше у студентов-психологов, а амплитуда саккад – значимо больше у студентов-лингвистов, что свидетельствует о том, что данные показатели действительно могут рассматриваться как маркеры субъективной сложности восприятия текста.

Результаты проведенного корреляционного анализа свидетельствуют о том, что структура связи между разными показателями ET при чтении текстов на русском языке различна у двух групп студентов. Это согласуется с полученными ранее результатами о влиянии уровня знания английского языка

на распределение фиксаций при чтении низкочастотных слов на русском языке [3]. Это может свидетельствовать о факте искажения, вносимом изучением второго (английского) языка на процесс работы с текстом на родном (русском) языке. Такие результаты согласуются с описанием нейрофизиологических механизмов процесса научения в системно-эволюционном подходе, а именно с положением о том, что приобретение нового опыта всегда включает реорганизацию предыдущего [1].

**Заключение.** Таким образом, проведенная работа позволяет выделить следующие особенности влияния лингвистической профессиональной подготовки на движения глаз при чтении текстов на русском и английском языке. Студенты, получающие специализированное лингвистическое образование и обладающие более высоким уровнем знания иностранного языка, отличаются лучшими скоростными характеристиками движений глаз (меньшее время чтения строки и большая амплитуда саккад) при работе с текстами как на родном, так и на иностранном языке.

*Работа выполнена при поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
гранты РФФИ № 18-013-01169, 18-413-520006, 18-013-01225.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, Ю. И. Научение и память: традиционный и системный подходы / Ю. И. Александров // Журнал высшей нервной деятельности. — 2005. — №. 55(6). — С. 842–860.
2. Величковский, Б. М. Когнитивная наука. Основы психологии познания в 2 т. Том 2: учебник для бакалавриата и магистратуры / Б. М. Величковский. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 386 с.
3. Демарева, В. А. Влияние частотности слов на распределение фиксаций при чтении текстов на русском и английском языке у студентов с разным уровнем владения английским языком / В. А. Демарева, Е. А. Созинова, М. Е. Королева, А. В. Бахчина, С. А. Полевая // Психологические исследования. — 2015. — Т. 8. — № 43. — URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2015v8n43/1188-demareva43.html>
4. Bradley, M. The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation / M. Bradley, L. Miccoli, M. Escrig, P. Lang // Psychophysiology. — 2008. — V. 45(4). — P. 602–607.
5. Heller, D. Eye movements in reading: Are two eyes better than one? / D. Heller, R. Radach // Current Oculomotor Research Physiological and Psychological Aspects. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. — P. 341-348.



6. Massaro, D. W. Models of integration given multiple sources of information / D. W. Massaro, D. Friedman // *Psychological Review*. – 1990. – V. 97(2). – P. 225–252.
7. McCraty, R. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk / R. McCraty, F. Shaffer // *Glob Adv Health Med*. – 2015. – V. 4(1). – P. 46–61.
8. Vitu, F. About regressive saccades in reading and their relation to word identification / F. Vitu, G. W. McConkie, D. Zola // *Eye guidance in reading and scene perception*. – Oxford, England: Elsevier, 1998. – P. 13–56.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ТРОИЦКИЙ ИНСТИТУТ ИННОВАЦИОННЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ТРИНИТИ)

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ НЕЙРОИНФОРМАТИКИ

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

---

# **XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

## **НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2019**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

### **ЧАСТЬ 1**

- **ЛЕКЦИЯ ПО НЕЙРОИНФОРМАТИКЕ**
- **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**
- **ПРИКЛАДНЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ**
- **НЕЙРОБИОЛОГИЯ И НЕЙРОБИОНИКА**
- **КОГНИТИВНЫЕ НАУКИ И ИНТЕРФЕЙС “МОЗГ-КОМПЬЮТЕР”**
- **НАУЧНЫЕ ТРУДЫ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

МОСКВА  
2019

## КОГНИТИВНЫЕ НАУКИ И ИНТЕРФЕЙС «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»

С. А. ПОЛЕВАЯ<sup>1,3</sup>, Н. А. БУЛАНОВ<sup>2</sup>, С. Б. ПАРИН<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики», Москва

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет

им. Н.И. Лобачевского

p453383@mail.ru

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СКРИНИНГА, ДИАГНОСТИКИ И ЦИФРОВОГО ОТОБРАЖЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ \*

В рамках концепции цифровой психофизиологии рассматриваются современные интернет-ориентированные компьютерные технологии, обеспечивающие объективный мониторинг текущего состояния когнитивных функций, а также скрининг, диагностику и коррекцию когнитивных нарушений. Дана краткая характеристика функциональных возможностей Web-платформы ArWay.ru, разработанной с участием авторов для этих целей, и приводятся примеры ее апробации и использования.

**Ключевые слова:** когнитивные функции, мониторинг, скрининг, диагностика, реабилитация, Web-платформа ArWay.ru.

#### Введение

В современной неврологии и нейропсихологии широко используются методы диагностики и коррекции когнитивных функций, основанные на традиционных подходах. Эти методы предполагают присутствие активного эмоционального и мотивационного компонента как у специалистов- неврологов, так и у их пациентов. При наличии этих условий пациент вовлекается в выполнение диагностических задач и реабилитационных процедур. Однако такой подход имеет целый ряд существенных недостатков. Во-первых, он полностью зависит от профессиональной квалификации, когнитивных и аффективных ресурсов и текущего функционального статуса человека-эксперта и, соответственно, подвержен искажениям сугубо субъективного свойства. Во-вторых, при этом традиционном подходе чрезвычайно ограничено простран-

---

\* Данная работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проекты № 18-013-01225\_a, 18-413-520006\_p\_a, 19-013-00095\_a.

ство признаков, описывающих структуру индивидуальной когнитивной системы пациента. В-третьих, для данного подхода характерна чрезвычайно низкая точность детектирования признаков нарушений в когнитивной сфере. Таким образом, очевидно, что в рамках принятых клинических стратегий отсутствует возможность для объективного цифрового картирования и контролируемой оптимизации когнитивных функций. Это существенно снижает эффективность диагностики когнитивных нарушений и реабилитации пациентов с такими нарушениями.

### **Современное состояние вопроса**

В последние годы появились возможности для значительного прорыва в обсуждаемой области. Компьютерные технологии, включая технологии виртуальной реальности и соответствующий программный инструментарий, позволяют объективизировать диагностику когнитивных нарушений и сделать более прицельными способы их коррекции [1]. В основе этих технологий лежат базовые принципы физических измерений, заключающиеся в сравнении объекта с эталоном, в качестве которого при измерениях свойств субъективного когнитивного пространства человека можно рассматривать информационные объекты и событийные контексты виртуальной компьютерной среды.

Таким образом, процедура измерения сводится к формализованным оценкам ошибок распознавания, управления или воспроизведения виртуальных эталонов. Результатом этих измерений становятся цифровые когнитивные карты, дающие объективное отображение когнитивной системы конкретного человека в широком диапазоне параметров когнитивного процесса [2, 3].

На сегодняшний день созданы локальные и интернет-ориентированные программные инструменты для когнитивной диагностики и реабилитации (Wikium.ru, Lumosity.com, Cognifit.com, Platform.apway.ru и др.). Они обеспечивают объективные измерения и различные виды тренировки внимания, памяти, восприятия, быстродействия, гибкости по отношению к виртуальным объектам в различных событийных контекстах [4–5]. Как правило, тестирование проводится по отношению к визуальным объектам разной семантики (геометрические фигуры, буквы, слова, предметные изображения, лица с разнообразной эмоциональной экспрессией) в ограниченном наборе событийных контекстов. Особенность этих программных инструментов заключается в том, что событийные контексты обеспечивают выполнение заданий по узнаванию, поиску и сравнению визуальных образов [7–9]. При этом происходит измерение разных типов ошибок распознавания, времени реакции, психофизических порогов обнаружения и различения (дифференциальных и нижних абсолютных порогов). Базовыми моделями для реализации тестов являются тест Струпа, методика Вундта, тест «Фигуры Готтшальдта» и подобные им психофизические методики в разных модификациях.

Как правило, в современных компьютерных диагностико-реабилитационных тренажерах реализация тестов осуществляется в форме увлекательных компьютерных игр. При этом обязательным элементом всех тренажеров является обратная связь с цифровой оценкой тренируемых функций и отображением истории тренировок в форме временной диаграммы оценок. Спортивный и игровой азарт мотивирует пользователя к продолжительным занятиям на когнитивных тренажерах, что увеличивает ресурсы для сбора диагностических данных и реабилитационных мероприятий. Однако при каждой игре актуализируется множество когнитивных процессов, что, напротив, затрудняет дифференциальную диагностику и коррекцию поврежденного когнитивного модуля.

Альтернативой когнитивным тренажерам, массово представленным в открытом Интернет-пространстве, служит экспертная система, расположенная на web-платформе ArWay ([platform.arway.ru](http://platform.arway.ru)), разработанная в Приволжском исследовательском медицинском университете (Н. Новгород), Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского и Высшей школе экономики (Москва). Она обеспечивает возможности для цифрового картирования когнитивных функций в широком пространстве признаков и предоставляет удобный интерфейс для конструирования оригинальных пользовательских тестов [10]. К настоящему времени на платформе размещено более 350 сценариев, позволяющих проводить измерения отдельных когнитивных модулей в трех целевых контекстах: сенсомоторная активность по широкому набору визуальных признаков и объектов; поиск объекта; ассоциации разномодальных информационных образов.

Так, в среде ArWay, на базе оригинальной авторской модели теста «компьютерная кампиметрия» [11], создана уникальная инфраструктура для реализации тестирования функции выделения визуальных объектов из фона. В сценариях тестов, построенных по этой модели, могут использоваться визуальные объекты с различной семантикой (буквы, слова, предметные изображения, геометрические фигуры), локализованные в разных зонах экрана. Перед пользователем сначала ставится задача проявить фигуру на цветовом фоне, указать на пиктограмму этой фигуры, а затем снова спрятать фигуру. Одна и та же последовательность событий для разных оттенков фона позволяет построить психофизическую функцию цветоразличения, которая является цифровой картой субъективного цветового пространства и отображает особенности цветоразличения данного конкретного пользователя. Данная методика располагает разнообразным функционалом и, например, открывает возможность для инструментальной диагностики зрительной объектной агнозии независимо от речевых и мнестических функций.

В основу теста сенсомоторной активности положен классический метод измерения сенсомоторной реакции. Однако анализ связи между сенсорными

и моторными событиями принципиально 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 (векторные изображения, картинки, текст); определять целевые стимулы, место расположения стимулов на экране, время экспозиции для каждого стимула, межстимульный интервал, фон рабочей области, задержку перед началом испытания. Таким образом, «конструктор» платформы ArWay.ru позволяет создавать большое разнообразие сценариев для изучения простой и сложной сенсомоторной активности. В совокупности показатели данного теста позволяют определить степень сохранности отделов головного мозга, особенности распознавания цвета, уровень сенсомоторной интеграции, ресурсы пространственного и селективного внимания, способность к обучению и прогнозированию.

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 выдаёт информацию о количестве ошибок в каждом контексте и среднем времени решения задачи в каждом контексте. На основании этих показателей делается вывод об уровне когнитивного контроля, эффективности обработки вербальной и цветовой информации, а также об уровне стрессоустойчивости при ментальном стрессе.

Отличительной особенностью когнитивной платформы ArWay.ru является то, что каждый тест на ней может быть оптимизирован для актуализации отдельных когнитивных модулей и обеспечивать как построение персональных цифровых когнитивных карт, так и формирование на их основе индивидуальных программ когнитивных тренировок. Необходимо признать, что существенным недостатком этой технологии на настоящем уровне реализации является недостаточно удобный пользовательский интерфейс для обратной связи и дистанционного мониторинга процесса реабилитации.

В целом на сегодняшний день созданы технологические предпосылки для объективизации когнитивной диагностики и реабилитации. Разрабатываются шаблонные цифровые карты по базовым признакам информационных объектов (пространственные, временные, количественные, качественные) и базовым когнитивным процессам (выделение признаков, идентификация и классификация объектов, селективное внимание, принятие решений) для основных нейропсихологических нарушений. Уникальные возможности по

персонализированной цифровизации когнитивной системы пока слабо реализованы. Однако следует признать, что происходит активное движение в этом направлении.

### Результаты

В настоящее время интернет-платформы, предоставляющие когнитивные тренажеры, успешно опробованы в клинике, например, для диагностики и реабилитации пациентов с деменцией, для постинсультной реабилитации больных с очаговыми нарушениями мозга [12], а также для восстановления когнитивных функций у онкологических больных после прохождения химиотерапии [13]. Кроме того, они многократно демонстрировали широкие возможности для мониторинга состояния когнитивных функций при решении сложных, а иногда и экстремальных когнитивных задач. Интернет-платформа ArWay.ru была успешно апробирована при мониторинге динамики когнитивных функций у школьников и студентов в процессе обучения, у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, у сотрудников силовых структур и в других контекстах. В качестве примера приведем результаты экспериментального исследования особенностей когнитивной и вегетативной сферы у переводчиков синхронистов, выполненного нами под руководством профессора Т.В. Черниговской в рамках гранта РФФИ 16-06-00501\_а в 2016–2018 годах.

В экспериментах приняли участие 33 испытуемых. Экспериментальную группу («профи») составили 22 лингвиста, прошедших специальное обучение синхронному переводу и имеющих опыт в этой сфере деятельности (17 женщин и 5 мужчин, возраст – от 20 до 34 лет). В контрольной серии ( $n = 11$ , 8 женщин и 3 мужчин в том же возрастном диапазоне) участвовали лица, владеющие иностранным языком, но не имеющие навыков синхронного перевода. В процессе эксперимента все испытуемые выполняли сложные профессиональные задачи по синхронному переводу докладов участников Всемирного экологического форума с иностранного (английского и немецкого) языка на русский и обратно (с русского на иностранный), а также выполняли тестовые задания по повтору текстов. До и после выполнения профессиональных задач переводчики проходили психофизиологические тесты, размещенные на платформе ArWay: компьютерную кампиметрию, тест на простую сенсомоторную активность и тест Струпа. Для субъективной оценки функционального состояния использовали проективный тест на уровень эмоциональной дезадаптации (УЭД) [14].

Проведенное до и после выполнения лингвистических заданий психофизиологическое тестирование позволило выявить ряд особенностей динамики когнитивно-аффективной сферы при синхронном переводе. Так, по результатам проективного теста УЭД в экспериментальной группе было зарегистрировано незначительное, но статистически значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение уровня эмоциональной дезадаптации после решения лингвистических



задач, тогда как в контрольной группе эти изменения были статистически не достоверны. В обеих группах по тесту компьютерной кампиметрии не удалось обнаружить существенных изменений в уровне дифференциальных порогов цветоразличения, что позволяет говорить об относительной стабильности базового функционального состояния. При выполнении простого сенсорного теста синхронные переводчики как до, так и, особенно, после решения лингвистических задач проявили статистически значимо меньшую скорость реакции, но зато существенно большую ( $p < 0,01$ ) точность, что позволяет говорить о высоком уровне когнитивного контроля у них по сравнению с контрольной группой.

Данная ситуация подтвердилась и в тесте Струпа (таблица 1). Этот компьютеризированный тест, имитирующий когнитивный конфликт, на наш взгляд, является адекватной экспериментальной моделью сложных когнитивных нагрузок, позволяющей воспроизводить различные варианты взаимодействия информационных образов: как их консолидацию (физиологический аналог – облегчение в нейронных модулях), так и конкуренцию (в нейронных сетях – окклюзия).

Таблица 1

**Средняя по группам продолжительность решения задач теста Струпа до и после выполнения лингвистических заданий (с, М±m)**

ЭТАП	ГРУППА	mono	color	True Text	True Color
до	«профи»	1016,96 ±248,70	930,62 ±185,63*	1175,48 ±373,01*	1158,04 ±410,01*
	контроль	1264,68 ±534,20	1071,35 ±251,29*	1369,26 ±464,02*	1264,68 ±534,20
после	«профи»	985,87 ±241,22	921,50 ±191,15*	1149,45 ±390,36*	1127,19 ±471,37*
	контроль	1356,71 ±894,80	1147,83 ±714,67*	1453,95 ±845,00	1486,52 ±889,63*

\* - достоверные ( $p < 0,05$ ) различия показателей с задачей «mono»

Характерно, что как в группе профессиональных переводчиков, так и в группе «контроль» до и после выполнения лингвистических заданий проявляется выраженный эффект консолидации: при идентичности вербального и сенсорного образов цвета (задача color, цвет букв соответствует смыслу слова) уменьшается время принятия решения относительно задачи с черно-белыми названиями цветов (задача mono).

Межгрупповые отличия во взаимодействии разномодальных образов цвета обнаруживаются в задачах с когнитивным конфликтом: у профессио-

нальных переводчиков до и после лингвистических заданий проявляется эффект конкуренции: при рассогласовании вербальных и сенсорных образов (цвет букв слова не соответствует смыслу слова) увеличивается время принятия решения относительно задачи с черно-белыми названиями цвета (задача mono), то есть затрудняется выбор решения как по смыслу слова (задача True text), так и по цвету букв (задача True color); в группе «контроль» до и после лингвистических задач проявляется инверсия эффектов конкуренции: до лингвистических заданий затрудняется выбор по смыслу слова (задача true text), то есть сенсорный образ тормозит реализацию вербального образа; после же лингвистических заданий затрудняется выбор по цвету букв, то есть вербальный образ тормозит реализацию сенсорного образа. Эти результаты позволяют высказать предположение, что в контрольной группе после выполнения лингвистических задач происходит усиление вербальных образов, на фоне ослабления активности сенсорных образов.

### **Заключение**

Таким образом, разработанные в последние годы Интернет-ориентированные компьютерные технологии позволяют не только регистрировать объективные показатели текущего функционального состояния когнитивных функций, но и выявлять устойчивые маркеры их нарушений и формировать эффективные программы когнитивной реабилитации. Дополнительные возможности в этом направлении предоставляет Интернет-ориентированная технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца, позволяющая в реальном режиме времени регистрировать и анализировать показатели вегетативного обеспечения когнитивных процессов и оценивать взаимосвязь этих показателей с уровнем когнитивной сложности когнитивных задач [15]. В перспективе новые принципы формализованного описания индивидуальных когнитивных систем могут привести к пересмотру сложившейся классификации когнитивных нарушений и созданию принципиально новых моделей когнитивной диагностики и реабилитации [16].

### *Список литературы*

1. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание: успехи когнитивных наук. Москва : Наука; 2008. 293 с.
2. Morrison G.E., Simone C.M., Ng N.F., Hardy J.L. Reliability and validity of the NeuroCognitive Performance Test, a web-based neuropsychological assessment // Front. Psychol. 2015. V. 6. P. 1652.
3. Jiang T. Brainnetome: a new-ome to understand the brain and its disorders // Neuroimage. 2013. V. 80. P. 263–272.
4. Feenstra H.E.M., Murre J.M.J., Vermeulen I.E., Kieffer J.M., Schagen S.B. Reliability and validity of a selfadministered tool for online neuropsychological testing: the Amsterdam Cognition Scan // J. Clin. Exp. Neuropsychol. 2018. V. 40, N 4. P. 253–273.

5. Fliessbach K., Hoppe C., Schlegel U., Elger C.E., Helmstaedter C. NeuroCogFX — a computer-based neuropsychological assessment battery for the follow-up examination of neurological patients // Fortschr. Neurol. Psychiatr. 2006. V. 74, N 11. P. 643–650.
6. Guimarães B., Ribeiro J., Cruz B., Ferreira A., Alves H., Cruz-Correia R., Madeira M.D., Ferreira M.A. Performance equivalency between computer-based and traditional pen-and-paper assessment: a case study in clinical anatomy. // Anat. Sci. Educ. 2018. V. 11. N 2. P. 124–136.
7. Tsotsos L.E., Roggeveen A.B., Sekuler A.B., Vrkljan B.H., Bennett P.J. The effects of practice in a useful field of view task on driving performance // Journal of Vision. 2010. V. 10, N 7. P. 152–152.
8. Crabb D.P., Fitzke F.W., Hitchings R.A., Viswanathan A.C. A practical approach to measuring the visual field component of fitness to drive // Br. J. Ophthalmol. 2004. V. 88, N 9. P. 1191–1196.
9. Edwards J.D., Vance D.E., Wadley V.G., Cissell G.M., Roenker D.L., Ball K.K. Reliability and validity of useful field of view test scores as administered by personal computer // J. Clin. Exp. Neuropsychol. 2005. V. 27, N 5. P. 529–543.
10. Полевая С.А., Мансурова (Ячмолина) Ю.О., Ветюгов В.В., Федотчев А.И., Парин С.Б. Особенности когнитивных функций и их вегетативного обеспечения при нарушениях эндогенной опиоидной системы // XX Международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика–2018». М: НИЯУ МИФИ. 2018. Ч. 2. С. 162–170.
11. Полевая С.А., Парин С.Б., Стромкова Е.Г. Психофизическое картирование функциональных состояний человека. // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / под ред. Барабанщикова В.А. Москва : Изд-во «Институт психологии РАН». 2010. С. 534–538.
12. Shatil E., Mikulecká J., Bellotti F., Bureš V. Novel television-based cognitive training improves working memory and executive function // PLoS One. 2014. V. 9, N 7. e101472.
13. Bray V.J., Dhillon H.M., Bell M.L., Kabourakis M., Fiero M.H., Yip D., Boyle F., Price M.A., Vardy J.L. Evaluation of a web-based cognitive rehabilitation program in cancer survivors reporting cognitive symptoms after chemotherapy // J. Clin. Oncol. 2017. V. 35, N 2. P. 217–225.
14. Григорьева В.Н., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека / Патент РФ 2291720. 2007.
15. Poleyva 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. V. 11, N 1. P. 109–115.
16. Полевая С.А., Рунова Е.В., Некрасова М.М., Федотова И.В., Бахчина А.В., Ковальчук А.В., Шишалов И.С., Парин С.Б. Телеметрические и информационные технологии в диагностике функционального состояния спортсменов // Современные технологии в медицине. 2012. Т. 4, № 4. С. 94–98.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ТРОИЦКИЙ ИНСТИТУТ ИННОВАЦИОННЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ТРИНИТИ)

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ НЕЙРОИНФОРМАТИКИ

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

---

# **XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

## **НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2019**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

### **ЧАСТЬ 1**

- **ЛЕКЦИЯ ПО НЕЙРОИНФОРМАТИКЕ**
- **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**
- **ПРИКЛАДНЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ**
- **НЕЙРОБИОЛОГИЯ И НЕЙРОБИОНИКА**
- **КОГНИТИВНЫЕ НАУКИ И ИНТЕРФЕЙС “МОЗГ-КОМПЬЮТЕР”**
- **НАУЧНЫЕ ТРУДЫ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

МОСКВА  
2019



## НЕЙРОБИОЛОГИЯ И НЕЙРОБИОНИКА

**И.В. НУЙДЕЛЬ<sup>1,3</sup>, А.В. КОЛОСОВ<sup>1,3</sup>, С.А. ПОЛЕВАЯ<sup>1,2</sup>,  
В.Г. ЯХНО<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

<sup>2</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет

<sup>3</sup>Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

s453383@mail.ru

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ АЛЬФА-РИТМА ЭЭГ ПРИ РИТМИЧЕСКОЙ ФОТОСТИМУЛЯЦИИ В ПРОЦЕССЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ\***

В работе представлены нейроинформационные решения проблемы персонализации нейробиоуправления [1]. Вычислительные эксперименты показали эффективность феноменологической математической модели элементарной таламокортикальной ячейки для описания динамики альфа-ритма ЭЭГ при ритмической фотостимуляции в процессе нейробиоуправления. Дано обоснование возможности применения модели в качестве адаптивного симулятора индивидуальных ритмических паттернов ЭЭГ, обеспечивающего генерацию персонализированных протоколов нейробиоуправления для оптимизации функций мозга.

**Ключевые слова:** модель таламо-кортикальной системы, нейроинтерфейс, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), нейробиоуправление, ритмы мозга.

#### **Введение**

Задачей сегодняшнего дня является персонализированный подход к медицинской диагностике, исследованиям и оказанию медицинской помощи [2]. Для развития этого актуального направления необходимо развитие симуляторов сложных систем, позволяющих наглядно продемонстрировать наличие взаимных связей, прямых и обратных, между диагностической информацией, например сигналами электроэнцефалограммы (ЭЭГ) или электрокардиограммы (ЭКГ), и информационными маркерами состояния обследуемого человека (например, объективными, полученными в результате измерений, и субъективными данными, полученными в результате опроса, его психофи-

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты РФФИ № 18-013-01225 А, 19-013-00095 А, 18-413-520006 р-а) и Министерства образования и науки РФ (проект №14.Y26.31.0022).



зического состояния). Технологии «интерфейс мозг–компьютер» [3] и нейробиоуправление направлены для достижения именно этой цели. В основе технологий лежат методы модуляции активности мозга с помощью сигналов обратной связи от биопотенциалов мозга, в частности от собственных ритмических процессов человека, а именно его электроэнцефалограммы (ЭЭГ), что и является нейробиоуправлением [4, 5]. В работе продемонстрированы возможности математической модели элементарной таламокортикальной ячейки для описания частотно-временных откликов мозга на ритмическое аудиовизуальное воздействие. Задача настоящей работы – обработка и воспроизведение эффектов динамики сигнала ЭЭГ, которые наблюдаются в ходе биоуправления; разработка примера симулятора сложной системы преобразования сигналов человеком.

Как преобразуется сигнал в обрабатывающей информации таламокортикальной системе? Что произойдет, если в систему подать частотно-модулированный сигнал с линейно увеличивающейся частотой?

В данной работе проведены вычислительные эксперименты по моделированию ситуации, когда внешний сигнал с частотными характеристиками входного сигнала управляет выходным сигналом системы. Это модель биоуправления [1].

### Описание нейронных модулей модели

В экспериментальных нейрофизиологических исследованиях выявлено, что взаимосвязанные нейрональные модули: кора, ретикулярные ядра таламуса, специфический таламус – играют важную роль в процессах обработки информации.

Взаимодействующие звенья таламокортикальной цепи определяют архитектуру феноменологической модели таламокортикальной ячейки.

В реальности структура одного нейронного модуля состоит из ансамблей пирамидных нейронов и тормозных интернейронов коры (Cortex), нейронов специфических таламических ядер (специфические ядра, Thalamus) и тормозных нейронов ретикулярного ядра таламуса (неспецифические ядра Thalamus reticular nucleus, NRT), связанных между собой.

Схема межмодульного взаимодействия показана на рис.1 [6]. Треугольниками на схеме показаны возбуждательные, а кружками – тормозные связи между модулями. Стрелка в нижней части рисунка – сенсорный вход в таламус.

Таламус – сложное полифункциональное образование, включающее релейные ядра, где переключается афферентация от органов чувств в соответствующие области коры больших полушарий. То есть в специфических (сенсорных, или релейных) ядрах таламуса происходит синаптическое переключение сенсорной информации с аксонов восходящих афферентных путей на следующие, конечные нейроны, отростки которых идут в соответствующие



сенсорные проекционные области коры больших полушарий. Например, специфическим ядром зрительной сенсорной системы является латеральное колленчатое тело (ЛКТ, LGN), имеющее прямые связи с затылочными (зрительными) проекционными областями коры больших полушарий [6].

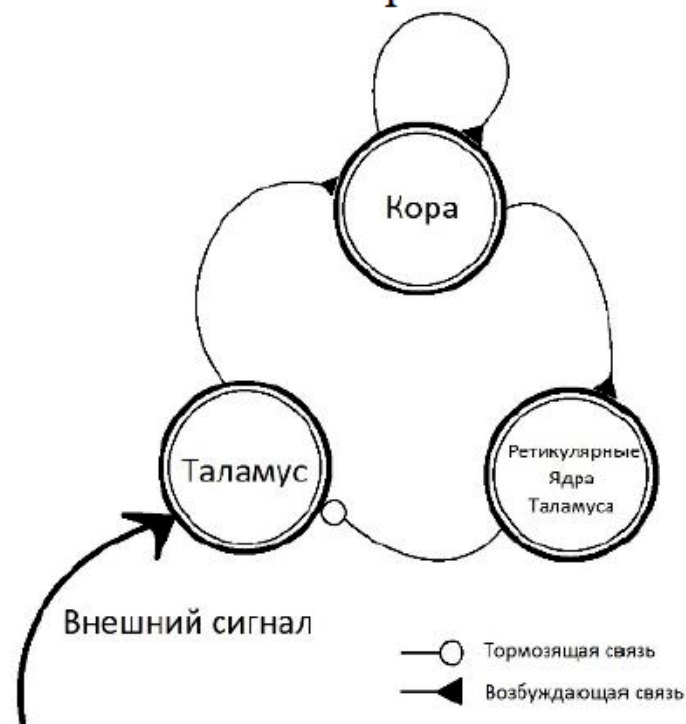


Рис. 1. Схема функциональных связей между подсистемами в таламокортикальной ячейке

В нормальных условиях функционирования в таламокортикальной системе происходит следующее: 1) Внешний сигнал активирует вначале нейроны специфического (релейного) ядра таламуса 2) По таламокортикальному пути возбуждение поступает в кору, причем корковые пирамиды связаны с тормозными интернейронами, которые могут определенным образом модулировать их активность. 3) Дальнейшее распространение возбуждения происходит по нисходящим корково-таламическим путям к специфическому и ретикулярному ядрам таламуса. 4) Последнее связано с релейным ядром таламуса тормозными связями и может прерывать поступление возбуждения из специфического таламического ядра в кору.

Ретикулярное ядро таламуса является своеобразными воротами для сенсорной информации, поступающей в кору. Оно не имеет прямого выхода на кору. Вместе с тем оно получает входы от коры и других ядер таламуса и, по видимому, выполняет функцию внутриталамического регулятора.

Тормозное влияние ретикулярных ядер таламуса заканчивает «строб» активности, во время которого, например, происходит выделение признака исходного сенсорного сигнала в коре головного мозга человека и животных; за ним следует период неактивности.

В результате после прохождения входного сигнала через таламокортикальную систему на коре формируется прерывистое, стробированное представление исходного сенсорного сигнала.

В работе рассматривается сосредоточенная модель функционирования таламокортикальной системы без учета строения внутренних структурных



модулей системы: таламическое специфическое ядро; тормозное ретикулярное неспецифическое ядро таламуса, кора, связанная с ядрами таламуса [7].

Так как все внешние входы коры связаны с таламическими структурами, на модели проведены расчёты сигналов и их спектров в случае частотной модуляции таламического сигнала внешним сигналом с линейно возрастающей частотой.

Входной сенсорный сигнал является частотно-модулированным сигналом (в психофизическом эксперименте он аналогичен инфракрасному высокочастотному модулированному сигналу по отношению к собственной частоте сигнала ЭЭГ). Сигнал от переменной коры аналогичен интегральному биоэлектрическому сигналу ЭЭГ.

### **Протокол нейробиоуправления**

Резонансное нейробиоуправление с двойной обратной связью на базе ПАК «BioFeedBack2» проводится по гибриднему протоколу: Фон – до/после: 2 мин. запись фоновой вертексной ЭЭГ: активный электрод – Cz, заземляющий и референтный электроды на мочках ушей; сканирование по частоте – 210 с: воздействие импульсным инфракрасным излучением с сальтаторно нарастающей частотой от 8 до 14 Гц, шаг по частоте – 0,1 Гц, шаг по времени – 3 с и музыкаподобным звуковым сигналом, тональность и громкость которого определяется пиковой амплитудой в спектре текущей ЭЭГ в диапазоне 8–14 Гц. Характеристическое время обратной связи – 10 мс, точность по частоте 0,2–0,4 Гц. В звуковой сигнал добавлены периодические шумовые импульсы, предъявляемые с частотой, соответствующей фоновой ЧСС [1, 5].

В ходе эксперимента мерцающая (с линейно увеличивающейся частотой) инфракрасная лампа была направлена на закрытые глаза испытуемого. ЭЭГ испытуемого снимается до воздействия на него импульсным инфракрасным излучением, в процессе воздействия и после воздействия. Далее производится построение динамического спектра сигнала.

В норме динамический спектр таламокортикальной ЭЭГ человека имеет вид, показанный на рис. 2. справа. Различиями для каждого отдельного испытуемого являются лишь основная собственная частота альфа-ритма в диапазоне от 8 до 12 Гц и ширина спектрального размытия вокруг неё.

Рис. 2. показывает, что, находясь под внешним воздействием, таламокортикальная система испытуемого работает в режиме вынужденных колебаний в течение определенного интервала времени. Этот интервал появляется в момент, когда частота внешнего сигнала выше собственной частоты таламокортикальной системы и существует до того, как частота внешнего сигнала становится настолько большой, что испытуемый воспринимает сигнал как постоянный с амплитудой, равной средней величине периодического сигнала. Этот динамический режим соответствует вынужденным колебаниям заполнения с автоколебательной огибающей и очень хорошо виден на ЭЭГ при «наложении» на неё формы внешнего сигнала.



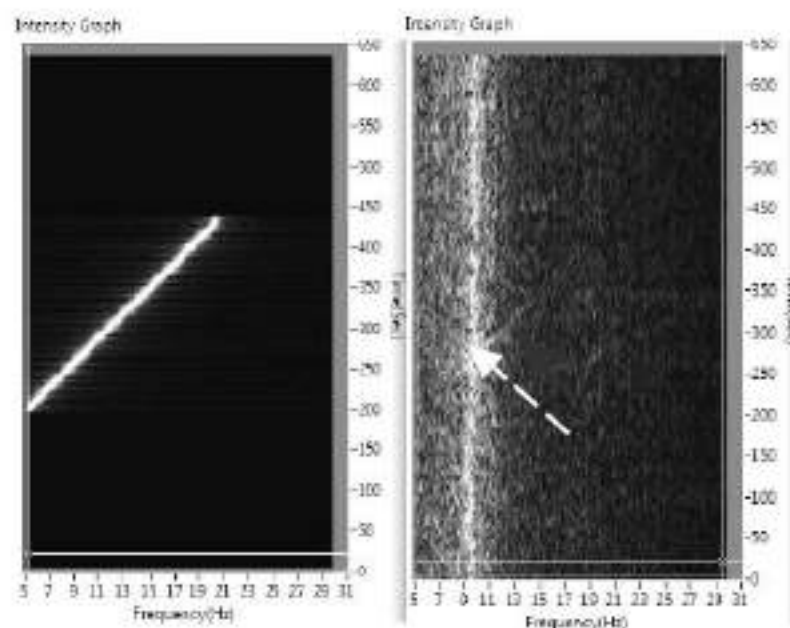


Рис. 2. Динамические спектры для внешнего инфракрасного сигнала с линейно возрастающей частотой (слева) и для соответствующей таламокортикальной ЭЭГ одного из испытуемых (справа). Частоты отложены на горизонтальной оси, время отложено на вертикальной оси

### Результаты

Для расчетов использована ранее разработанная феноменологическая модель элементарной таламокортикальной ячейки [7], включающая в себя взаимодействующие модули, соответствующие таким нейронным модулям мозга, как таламус, кора и ретикулярные ядра таламуса.

Феноменологическая модель элементарной таламокортикальной ячейки, соответствующая схеме на рис. 1, описывается системой дифференциальных уравнений (1) – (3) для моделирования обработки внешнего сигнала между таламусом, корой и ретикулярными ядрами таламуса:

$$\frac{dU_1}{dt} = -\frac{U_1}{\tau_1} + k_1 \cdot F_1[-T_1 + k_{ex} U_{ex} + k_{13} U_{13}], \quad (1)$$

$$\frac{dU_2}{dt} = -\frac{U_2}{\tau_2} + k_2 \cdot F_2[-T_2 + k_{21} U_1 + k_{22} U_2], \quad (2)$$

$$\frac{dU_3}{dt} = -\frac{U_3}{\tau_3} + k_3 \cdot F_3[-T_3 + k_{32} U_2], \quad (3)$$

где  $U_1; U_2; U_3$  – усредненная активность нейронов выбранных участков таламуса, коры и ретикулярных ядер таламуса соответственно;  $\tau_i$  – характерное время затухания активности в соответствующих нейронных ансамблях;  $k_i$  – амплитуда генерации импульсной активности соответствующими нейронными ансамблями;  $T_i$  – усредненные величины для порогов возбуж-



дения соответствующих нейронных ансамблей;  $U_{\text{вх}}$  – входной сигнал, поступающий на таламус;  $k_{ij}$  – коэффициенты взаимной связи между подсистемами в таламо-кортикальной ячейке;  $F_i[\ ]$  – ступенчато-образные функции, крутизна которых характеризует разброс величин порогов около усредненных значений в рассматриваемом ансамбле (другое название: функции энергообеспечения), в квадратных скобках – аналог постсинаптического потенциала (ПСП) на мембранах соответствующих ансамблей нейронов.

В данной работе из всех параметров менялась только величина внешнего сигнала  $U_{\text{вх}}$ . Численные значения параметров:  $k_i = 1, i = 1, 2, 3$ ;  $\tau_i = 1, i = 1, 2, 3$ ;  $T_1 = 0$ ;  $T_2 = 0.5$ ;  $T_3 = 0.5$ ;  $k_{\text{ex}} = 1$ ;  $k_{13} = 1$ ;  $k_{21} = 1$ ;  $k_{22} = 0$ ;  $k_{32} = 1$ . Использовалась плавно меняющаяся функция энергообеспечения

$$F_i \left[ 0.5 + 0.5 \cdot \tanh(20 \cdot [\ ]) \right].$$

Для  $U_{\text{вх}}$  был взят сигнал, представленный на рис. 3а, который аналогичен экспериментальному: частота осциллирующей части линейно возрастает.

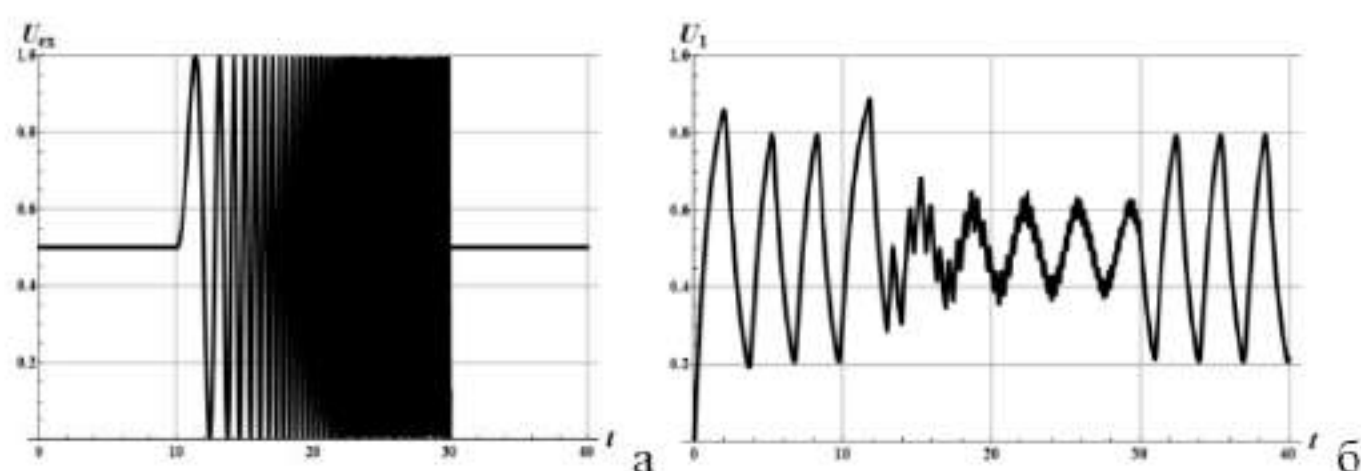


Рис. 3. а – временная форма внешнего сигнала в модели; б – отклик таламуса на внешний сигнал с линейно возрастающей частотой

Отклик таламуса ( $U_1$ ) для такого типа внешнего сигнала проиллюстрирован на рис. 3б. Рис. 3 демонстрирует три состояния системы: перед внешним воздействием, в процессе внешнего высокочастотного воздействия и после воздействия. Все состояния характеризуются собственной частотой таламо-кортикальной системы, которая зависит от средней величины внешнего сигнала [7].



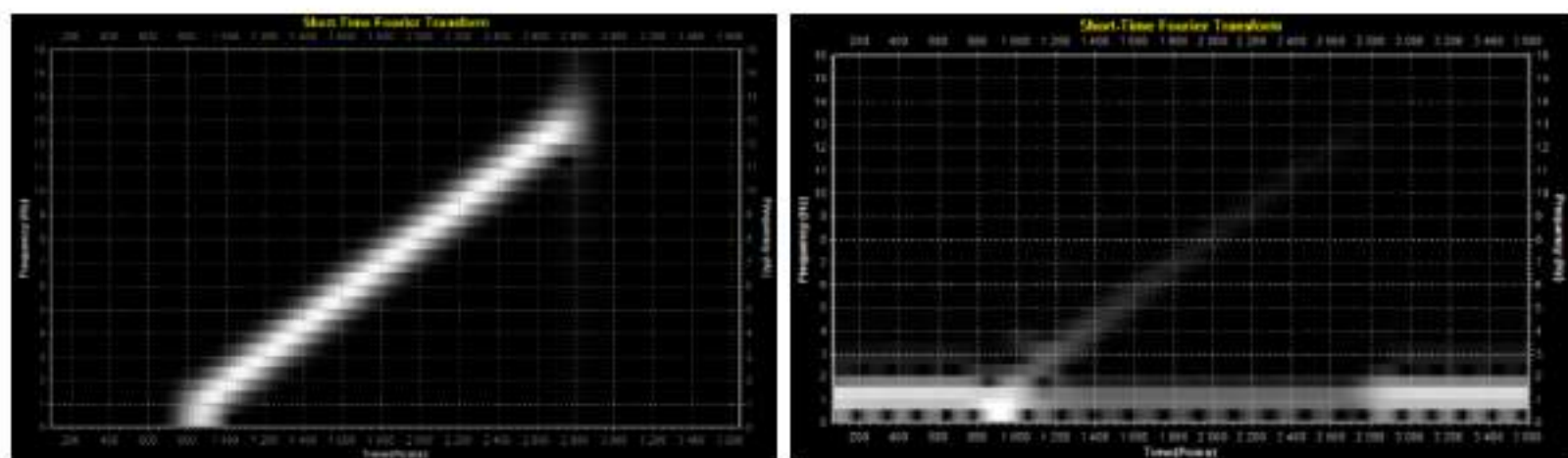


Рис. 4. а – динамический спектр внешнего сигнала ( $U_{\text{вх}}$ ); б – динамический спектр таламического сигнала ( $U_1$ ). Частоты отложены на вертикальной оси, время отложено на горизонтальной оси

«Высокочастотное воздействие» означает, что частота внешнего сигнала существенно больше собственной частоты таламокортикальной ячейки. Кроме того, приведем динамические спектры для обоих (внешнего и таламического) сигналов, которые изображены на рис. 5а и рис. 5б соответственно.

### Выводы

Целью данной работы являлось обоснование применения феноменологической математической модели элементарной таламокортикальной ячейки для описания частотно-временных откликов реальной таламокортикальной системы, т.е. различных модуляций альфа-ритма. Так как частотное поведение реального сигнала ЭЭГ и поведение модельного сигнала сходны, представляется возможным предсказывать изменение базового альфа-ритма внешним воздействием, для которого известны параметры таламокортикальной системы. Эта информация позволит совершенствовать существующие процедуры биоуправления с обратной связью, способствующие активизации познавательной деятельности человека. Путём проведения комплекса тренировок удаётся управлять частотой альфа-ритма (нейробиоуправление) таким образом, что у испытуемых по объективным показателям психофизиологической диагностики происходит усиление когнитивной деятельности, а, по их субъективным оценкам, улучшается самочувствие в целом [8, 9].

Для дальнейших исследований в психофизическом эксперименте и на модели интересно рассмотреть реализацию «противоположного» динамического режима: вынужденных колебаний огибающей таламического отклика и автоколебаний заполнения под воздействием внешнего сигнала низкой частоты по сравнению с собственной частотой таламокортикальной системы.

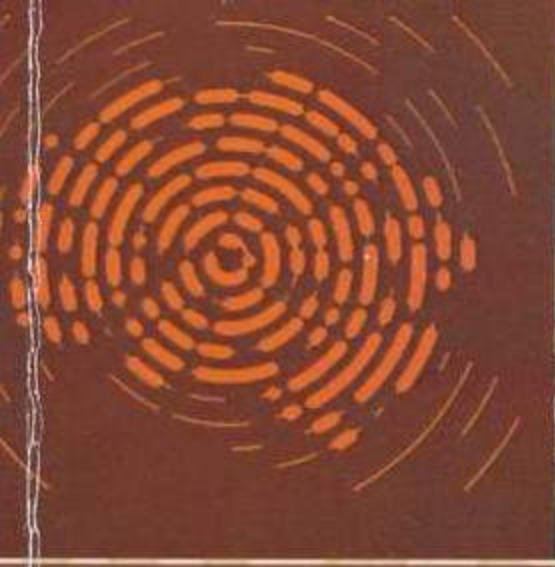
В работе продемонстрирован нейроинформационный подход к персонализированному управлению ритмами мозга. На модели проиллюстрирован персонализированный подход к медицинской диагностике, исследованиям и оказанию медицинской помощи: на феноменологической модели таламокортикальной ячейки удастся воспроизводить индивидуальные особенности сложной системы обработки информации.

Авторы выражают благодарность А.А. Тельных (ИПФ РАН, Нижний Новгород) за программное обеспечение Signal-Spectrum View, которое было использовано для построения динамических спектров сигналов.

*Список литературы*

1. Федотчев А.И., О Сан Чжун, Бондарь А.Т., Семёнов В.С., Современные возможности и подходы к активизации когнитивной деятельности и процессов обучения у человека. Монография. Пушино: ИБК РАН, 2017. 114 с.
2. Hammond D. C. (2011) What is Neurofeedback: An Update, *Journal of Neurotherapy*, 15:4,305-336, doi: 10.1080/10874208.2011.623090
3. Miranda R.A., Casebeer W.D., Hein A.M., Judy J.W., Krotkov E.P., Laabs T.L., Manzo J.E., Pankratz K.G., Pratt G.A., Sanchez J.C. Darpa-funded efforts in the development of novel brain–computer interface technologies. *J. Neurosci. Methods*. 2015; 244:52–67. doi: 10.1016/j.jneumeth.2014.07.019.
4. Федотчев А.И., Парин С.Б., Полевая С.А., Великова С.Д. Технологии «интерфейс мозг-компьютер» и нейробиоуправление: современное состояние и перспективы клинического применения. *Современные технологии в медицине*. 2017; 9(1): 175-184. doi: 10.17691/stm2017.9.1.01.
5. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Бахчина А.В., Парин С.Б., Полевая С.А., Радченко Г.С. Музыкально-акустические воздействия, управляемые биопотенциалами мозга, в коррекции неблагоприятных функциональных состояний // *Успехи физиологических наук*. 2016; 47(1): 67-79.
6. Coulter D. A. (1997). *Thalamocortical Anatomy and Physiology*. In Engel, Jr., J. and Pedley, T.A., editors, *Epilepsy: A Comprehensive Textbook*, pages 341-351, Philadelphia. Lippincott-Raven.
7. Колосов А. В., Нуйдель И. В., Яхно В. Г. Исследование динамических режимов в математической модели элементарной таламокортикальной ячейки // *Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика*. 2016 Т. 24, вып. 5. С. 72-83. doi: 10.18500/0869-6632-2016-24-5-72-83
8. Bondar A., Shubina L. Nonlinear reactions of limbic structure electrical activity in response to rhythmical photostimulation in guinea pigs. *Brain Research Bulletin*, V. 143, October 2018, Pages 73-82. doi:10.1016/j.brainresbull.2018.10.002
9. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Бахчина А.В., Григорьева В.Н., Катаев А.А., Парин С.Б., Полевая С.А., Радченко Г.С. Трансформация ЭЭГ осцилляторов пациента в музыкалоподобные сигналы при коррекции стресс-индуцированных функциональных состояний // *Современные технологии в медицине* 2016; 8(1): 93-98. doi: 10.17691/stm2016.8.1.12.





# Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2019

ТРУДЫ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ



Нижний Новгород  
2019



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной физики Российской академии наук  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Национальный исследовательский университет ВШЭ  
Сургутский государственный университет ХМАО-Югры  
Приволжский исследовательский медицинский университет  
Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований  
Российская ассоциация нейроинформатики  
ООО «Медуза»

# НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ – 2019

ТРУДЫ  
VI ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Нижний Новгород  
ИПФ РАН  
2019



УДК 159.9.07(063)  
ББК 88.25я431  
Н49

Издано по решению редакционно-издательского совета  
ФИЦ «Институт прикладной физики РАН»

Ответственные редакторы  
доктор физико-математических наук **В.А. Антонец**,  
доктор биологических наук **С.Б. Парин**,  
доктор физико-математических наук **В.Г. Яхно**

Редакционная коллегия  
*Н.Н. Кралина, И.В. Нуйдель, С.А. Полевая*

Н49 **Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2019** : труды VI Всероссийской конференции / Федер. исслед. центр Ин-т приклад. физики РАН [и др.] ; отв. ред. В.А. Антонец, С.Б. Парин, В.Г. Яхно. – Нижний Новгород : ИПФ РАН, 2019. – 234 с. + 10 с. аннот.

ISBN 978-5-8048-0092-6

Сборник содержит доклады VI Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2019» (Нижний Новгород, 23–27 сентября 2019 г.). Конференция посвящена текущему состоянию, перспективам и новым возможностям экспериментальных исследований и формализованного описания когнитивных процессов, а также проблемам создания симуляторов живых систем.

В сборник включены доклады по следующим темам: механизмы и модели адаптивных и ментальных процессов в когнитивных системах; подходы и инструменты для исследования функциональной динамики живых и технических когнитивных систем; прикладные вопросы моделирования и регистрации когнитивных процессов.

УДК 159.9.07(063)  
ББК 88.25я431



# Цифровое психофизиологическое картирование: поиск маркеров синдрома дефицита внимания с гиперактивностью у детей

С.А. Полевая<sup>1,3</sup>, Л.В. Савчук<sup>1,3</sup>, А.И. Федотчев<sup>2</sup>, К.К. Селиверстова<sup>3</sup>, С.Б. Парин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Институт биофизики клетки РАН, Пушкино, Московская область

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) является самой частой причиной нарушений поведения, трудностей обучения, школьной дезадаптации. СДВГ – одно из наиболее распространенных расстройств у детей и подростков. Он встречается примерно у 5 % детей [1, 3, 5, 10], а также у 3–6 % взрослых [6]. СДВГ привлекает интерес в связи с высокой распространенностью и социальной значимостью проблемы. Диагностика СДВГ до сих пор основывается на результатах наблюдения, носит субъективный и ситуативный характер, обладает низкой специфичностью, чувствительностью и надежностью [2, 7, 8]. Актуально развитие цифровых методов картирования психофизиологического статуса и поиск объективных маркеров СДВГ [9].

В нашей работе реализовано цифровое картирование психофизиологического статуса СДВГ на основе интеграции показателей сенсомоторной активности и параметров вегетативной регуляции, связанной с сенсомоторными событиями.

## Методы

Для цифровизации психофизиологического статуса применена технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца [4]. Тесты сенсомоторной активности (СМА) выполнялись на базе веб-платформы для управляемой активации когнитивных модулей ([platform.arway.ru](http://platform.arway.ru), ПИМУ). Для мониторинга вариабельности ритма сердца и режимов вегетативной регуляции использовался интернет-сервис КОГНИТОМ ([cogni-m.ru](http://cogni-m.ru), НИГУ им. Н.И. Лобачевского).

У каждого ребенка проведен мониторинг вариабельности ритма сердца (ВРС) при выполнении четырех тестов, задающих разный уровень сложности когнитивной нагрузки.

Тест 1. Стандартная оценка внимания и активности. Компьютерный вариант теста Тулуз-Пьерона.

Тест 2. Уровень сложности 1. Простая сенсомоторная активность. Название шаблона на веб-платформе Arway: ADHD – простая. Описание теста: предлагается фиксировать нажатием на кнопку момент появления на экране предметного изображения. Для активации пространственного внимания введена неоднозначность по пространству. В качестве стимулов используются контурные изображения кошки и мыши. Последовательно предъявляется 20 стимулов с постоянным межстимульным интервалом (2 с) и постоянным вре-

менем экспозиции (200 мс) в пяти положениях на мониторе компьютера (центр, верхний и нижний правые и левые углы). Регистрируется время сенсомоторной реакции (СМР), количество ошибок, тип ошибки (пропуск события, лишнее нажатие).

Тест 3. Уровень сложности 2. Сложная сенсомоторная активность. Название шаблона на веб-платформе Arway: ADHD – сложная. Описание теста: предлагается фиксировать нажатием на кнопку момент появления на экране целевого предметного изображения. Для активации пространственного внимания введена неоднозначность по пространству. В качестве стимулов используются контурные изображения кошки и мыши. Целевой стимул – изображение мыши. Последовательно предъявляются 20 стимулов с постоянным межстимульным интервалом (2 с) и постоянным временем экспозиции (200 мс) в пяти положениях на мониторе компьютера (центр, верхний и нижний правые и левые углы). Регистрируется время сенсомоторной реакции, количество ошибок, тип ошибки (пропуск события, нажатие на нецелевой стимул, лишнее нажатие).

Тест 4. Уровень сложности 3. Сложная сенсомоторная активность. Название шаблона на веб-платформе Arway: ADHD – съедобное/несъедобное. Описание теста: предлагается фиксировать нажатием на кнопку момент появления на экране целевого предметного изображения. Целевая функция связана с определением свойств изображаемого объекта. Для активации пространственного внимания введена неоднозначность по пространству. В качестве стимулов используются изображения: рыба, груша, яблоко, крокодил, орел, кот. Целевой стимул – изображения съедобных объектов. Последовательно предъявляются 30 стимулов с постоянным межстимульным интервалом (1,5 с) и постоянным временем экспозиции (300 мс) в пяти положениях на мониторе компьютера (центр, верхний и нижний правые и левые углы). Регистрируется время сенсомоторной реакции, количество ошибок, тип ошибки (пропуск события, нажатие на нецелевой стимул, лишнее нажатие).

Режим вегетативной регуляции, связанный с сенсомоторной активностью, определялся по спектральным показателям ВРС: TP ( $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ) – активность центрального контура управления ритмом сердца и адаптационный потенциал; HF ( $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ) – активность парасимпатической нервной системы; LF ( $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ) – активность симпатической



нервной системы; ИВБ – индекс вегетативного баланса, характеризующий напряжение регуляторных систем.

Статистическая обработка: непараметрические критерии (критерий Манна – Уитни), ANOVA (метод повторных измерений), корреляционный анализ (непараметрический критерий Спирмена).

### Результаты

В исследовании приняло участие 33 ребенка в возрасте от 5 до 11 лет: 11 детей с СДВГ и 22 ребенка без диагноза (контроль). Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. в Хельсинки, Финляндия и пересмотренной в октябре 2000 г. в Эдинбурге, Шотландия). От законного представителя каждого ребенка получено информированное согласие.

Специфические особенности сенсомоторной активности у детей с СДВГ проявляются в увеличении времени СМР в задачах разного уровня сложности по отношению к любым стимулам. При этом продолжительность моторной реакции соответствует возрастной норме, что может свидетельствовать об искажениях в когнитивном модуле функциональной системы, обеспечивающей сенсомоторную активность (рис. 1, 2).

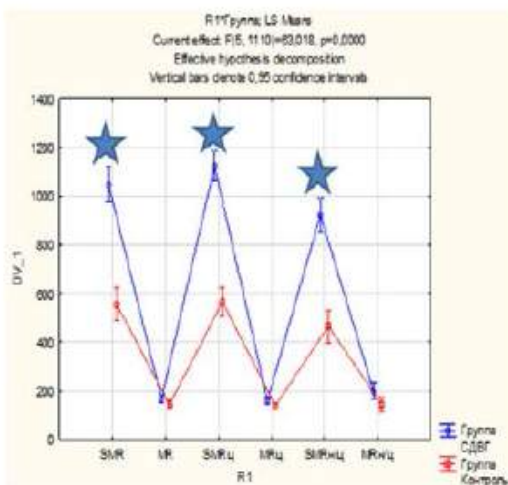


Рис. 1. Время сенсомоторной и моторной реакций (среднее, на целевые и нецелевые стимулы) в группах СДВГ и контрольной для шаблона «ADHD – сложная»

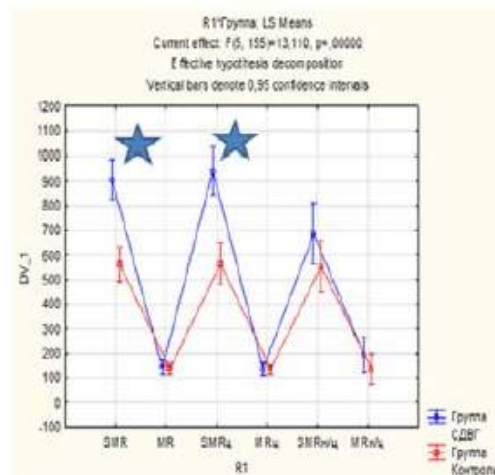


Рис. 2. Время сенсомоторной и моторной реакций (среднее, на целевые и нецелевые стимулы) в группах СДВГ и контрольной для шаблона «ADHD – съедобное/несъедобное»

Особенности психофизиологического статуса при СДВГ проявились в структуре ошибок: при сравнении с контролем больше пропусков целевых стимулов и двойных нажатий на стимулы, что может быть связано с нарушением баланса процессов возбуждения и торможения (рис. 3, 4).

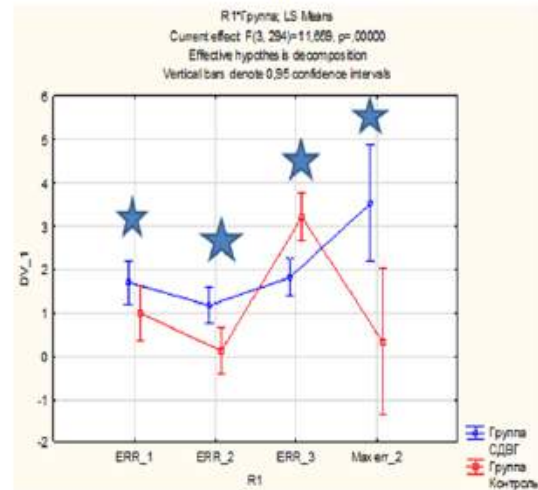


Рис. 3. Количество и характер совершаемых ошибок в группах СДВГ и контрольной для шаблона «ADHD – сложная» (ERR\_1 – пропуск целевого стимула; ERR\_2 – двойное нажатие; ERR\_3 – выбор нецелевого стимула)

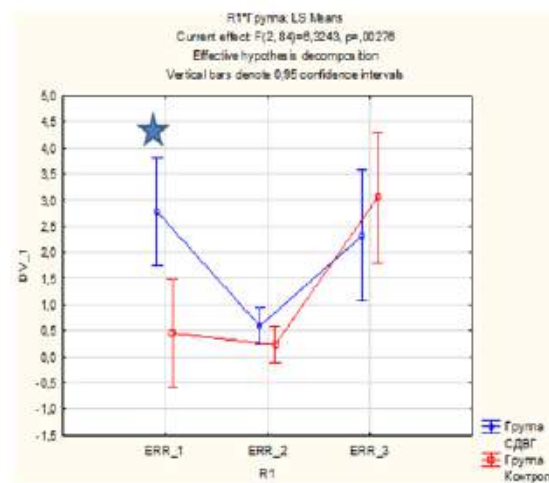


Рис. 4. Количество и характер совершаемых ошибок в группах СДВГ и контрольной для шаблона «ADHD – съедобное/несъедобное» (ERR\_1 – пропуск целевого стимула; ERR\_2 – двойное нажатие; ERR\_3 – выбор нецелевого стимула)

Корреляционный анализ позволил выявить специфические особенности связей между показателями СМА при СДВГ (рис. 5):

- в контекстах без семантической нагрузки (шаблоны «ADHD – простая», «ADHD – сложная») проявляется избыточное количество сильных связей;
- в контексте с семантической нагрузкой (шаблон «ADHD – съедобное/несъедобное») – редукция связей.

Для вегетативного обеспечения СМА у детей с СДВГ характерна редукция центрального контура регуляции ритма сердца, значимое снижение мощности низкочастотных и высокочастотных компонентов спектра ВРС, повышение напряжения регуляторных систем (рис. 6), сокращение количества значимых корреляций между показателями СМА и ВРС.



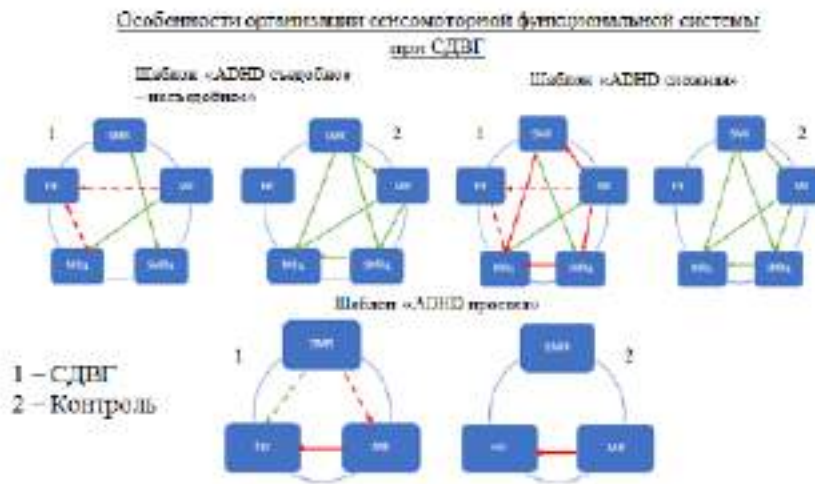
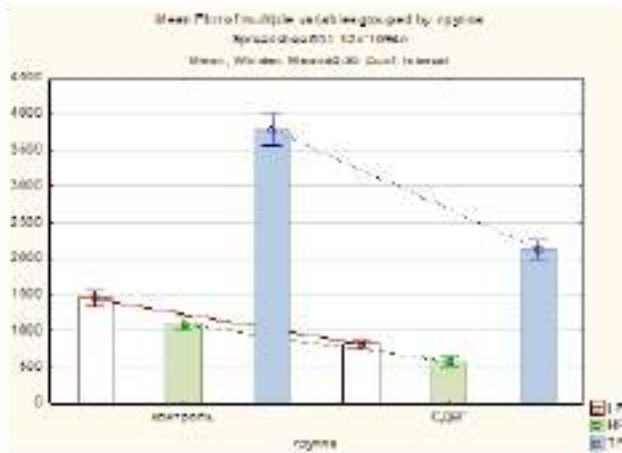


Рис. 5. Характер связей между показателями СМА в группах СДВГ и контрольной для трех шаблонов: «ADHD – простая»; «ADHD – сложная»; «ADHD – съедобное/несъедобное»

А



Б

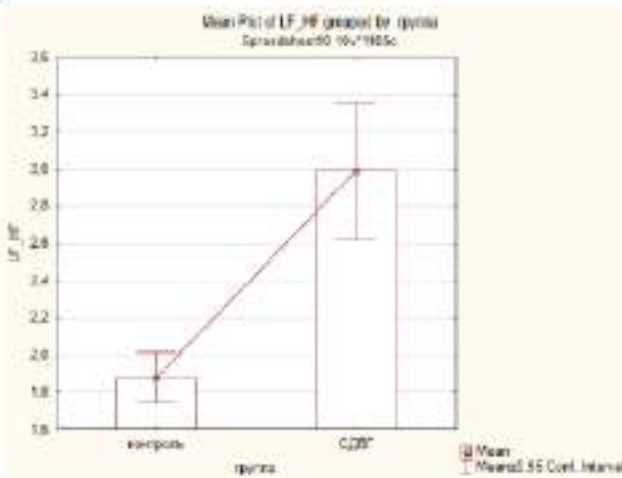


Рис. 6. Особенности вегетативного обеспечения СМА при СДВГ

### Заключение

Цифровая карта психофизиологического статуса на основе интеграции показателей сенсомоторной активности и событийно-связанных параметров вегетативной регуляции может стать эффективным инструментом для повышения специфичности, чувствительности и надежности диагностики СДВГ у детей.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 18-013-01225\_а, 18-413-520006\_р\_а, 19-013-00095\_а).

### Литература

1. *Абимлава Е.Ф., Набойченко Е.С.* Этиология, патогенез и клинические проявления синдрома дефицита внимания и гиперактивности в различные периоды онтогенеза // Педагогическое образование в России. 2016. Вып. 1. С. 183–187.
2. *Заваденко Н.Н., Суворинова Н.Ю.* Результаты фармакотерапии синдрома дефицита внимания и гиперактивности: оценка с применением нейропсихологических методов // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014. Т. 114, вып. 9. С. 19–24.
3. *Илюхина В.А., Кривоцатова М.Н., Манжосова Г.В.* Особенности мозговых механизмов регуляции уровня бодрствования, сформированности познавательных функций и приспособительных реакций у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности и здоровых сверстников // Физиология человека. 2011. Т. 37, № 2. С. 25–39.
4. *Полевая С.А., Еремин Е.В., Буланов Н.А., Бахчина А.В., Ковальчук А.В., Парин С.Б.* Событийно-связанная телеметрия ритма сердца для персонализированного дистанционного мониторинга когнитивных функций и стресса в условиях естественной деятельности // Современные технологии в медицине. 2019. Т. 11, вып. 1. С. 150–154.
5. *Федотчев А.И., Земляная А.А., Полевая С.А., Савчук Л.В.* Синдром дефицита внимания с гиперактивностью и современные возможности его лечения методом нейробиоуправления // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. Т. 116, вып. 5. С. 98–101.
6. *Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю., Яковенко Е.А., Никиткина И.С., Анисимова Т.И.* Синдром дефицита внимания у взрослых: клинические, психофизиологические проявления и терапия // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013. Т. 113, вып. 8. С. 38–41.
7. *Barkley R.A.* Executive functions. What they are, how they work, and why they evolved may. N.Y. : Guilford Publications, 2012. 244 p.
8. *Efron D.* Attention-deficit/hyperactivity disorder: the past 50 years // J. Paediatr. Child Health. 2015. V. 51, № 1. P. 69–73.
9. *Thayer J.F., Ahs F., Fredrikson M., Sollers J.J. 3rd, 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. V. 36, № 2. P. 747–756.
10. *Thomas R., Sanders S., Doust J., Beller E., Glasziou P.* Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis // Pediatrics. 2015. V. 135. P. 994–1001.



# Цифровое психофизиологическое картирование: особенности сенсомоторной активности при очаговых нарушениях мозгового кровообращения

С.А. Полевая<sup>1</sup>, М.М. Циркова<sup>2</sup>, Н.А. Тельных<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В настоящее время существует множество фактов, которые свидетельствуют, что простая и сложная сенсомоторная активность может быть связана с целым рядом различных анатомических и функциональных источников. В классической нейропсихологии существует арсенал тестовых игр, провоцирующих разнообразные варианты сенсомоторной активности для диагностики локализации и объема нарушений мозгового кровообращения. Достоинством этих методов является активная эмоционально-мотивационная компонента, обеспечивающая вовлечение человека в диагностико-реабилитационные процедуры (тренировки). Важнейшими недостатками является ограниченное пространство признаков для описания структуры индивидуальной когнитивной системы, низкая точность детектирования, существенные искажения оценок, связанные с когнитивно-аффективным статусом эксперта. В рамках принятых клинических стратегий отсутствует возможность для объективного цифрового картирования и контролируемой оптимизации когнитивных функций.

Благодаря развитию компьютерных технологий, технологий виртуальной реальности и программного инструментария открылись уникальные возможности для объективизации диагностики и повышения эффективности коррекции когнитивных функций [1]. Созданы технологические предпосылки для реализации по отношению к когнитивной системе человека базового принципа физических измерений: сравнение подобного с подобным, объекта с эталоном. В качестве эталонов для измерения свойств субъективного когнитивного пространства можно рассматривать информационные объекты и событийные контексты виртуальной компьютерной среды. В таком случае процедура измерения может быть сведена к формализованным оценкам ошибок распознавания, управления или воспроизведения виртуальных эталонов. Результатом измерений станут цифровые когнитивные карты, дающие объективное отображение когнитивной системы конкретного человека в широком диапазоне параметров когнитивного процесса [2–4].

Цель нашей работы состоит в развитии методов цифровизации когнитивных функций и поиск маркеров нарушения мозгового кровообращения по данным психофизиологического тестирования на интернет-платформе.

## Методы

Для цифрового картирования когнитивных функций в широком пространстве признаков при-

менены интерактивные сценарии сенсомоторной активности, реализованные на веб-платформе для когнитивных тренировок Arway (platform.arway.ru), разработанной в ПИМУ. К настоящему времени на платформе размещено 350 сценариев, позволяющих проводить измерения отдельных когнитивных модулей в 3 целевых контекстах: сенсомоторная активность по широкому набору визуальных признаков (простая, сложная); поиск объекта; ассоциации разномодальных информационных образов. Каждый тест на когнитивной платформе может быть оптимизирован для актуализации отдельных когнитивных модулей и обеспечивать как построение персональных цифровых когнитивных карт, так и формирование на их основе индивидуальных программ когнитивных тренировок.

Для цифровизации сенсомоторных модулей с учетом семантики информационных образов и уровня сложности поиска решений применены 3 сценария (шаблона):

1) сценарий простой сенсомоторной активности по отношению к стимулам разной семантики: буквы, геометрические фигуры, предметные изображения;

2) сценарий сложной сенсомоторной активности по отношению к тем же стимулам;

3) тест Stroop, обеспечивающий количественную оценку вербально-сенсорных ассоциаций с когнитивным конфликтом.

У 15 пациентов неврологической клиники с очаговыми нарушениями мозгового кровообращения и 15 условно здоровых студентов измерены 10 параметров сенсомоторной активности и 8 параметров теста Stroop.

Статистическая обработка: непараметрические критерии (критерий Манна – Уитни), ANOVA (метод повторных измерений), корреляционный анализ (непараметрический критерий Спирмена).

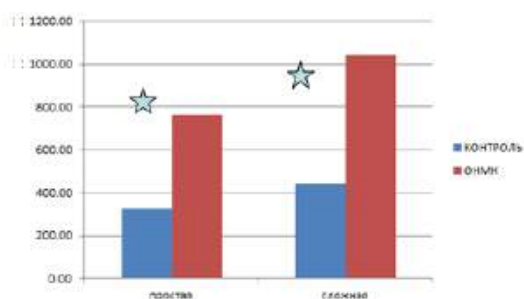
## Результаты

Установлено, что при разных уровнях сложности задачи время сенсомоторной реакции и продолжительность моторной реакции у пациентов с нарушениями мозгового кровообращения больше, чем у здоровых (рис. 1). Для всех вариантов семантики время сенсомоторной реакции и продолжительность моторной реакции у пациентов с нарушениями мозгового кровообращения больше, чем у здоровых. В 2 раза чаще проявляется ошибка класса «двойное нажатие» на один стимул.



А

### ВРЕМЯ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ



Б

### ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ

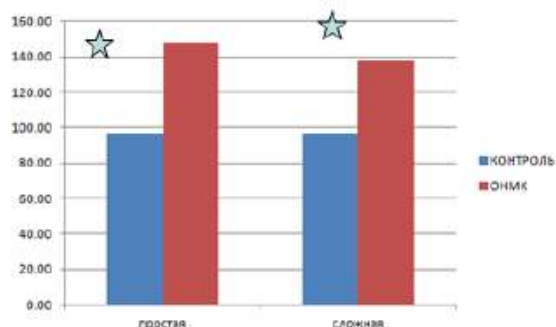


Рис. 1. Особенности сенсомоторной активности при разных уровнях сложности задачи

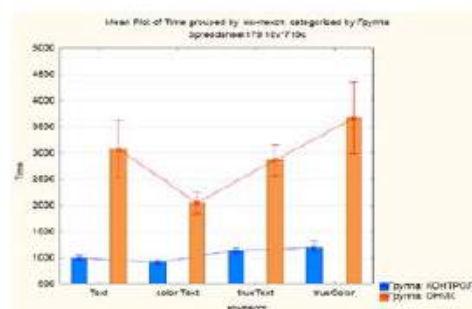
Во всех контекстах теста Stroop при ОНМК затруднены вербально-сенсорные отношения; при когнитивном конфликте резко снижена активность цветового сенсорного образа (рис. 2).

#### Заключение

При разных уровнях сложности задачи и для разных вариантов семантики стимулов время сенсомоторной реакции у пациентов с нарушениями мозгового кровообращения больше, чем у здоровых. У пациентов с нарушениями мозгового кровообращения снижена функция когнитивного контроля и затруднены вербально-сенсорные отношения. Показатели сенсомоторной активности в

простых и сложных контекстах могут быть использованы в качестве маркеров нарушения мозгового кровообращения.

А



Б

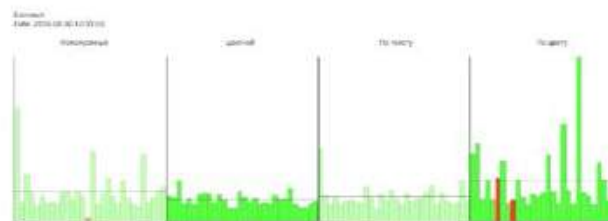


Рис. 2. Особенности функции когнитивного контроля и вербально-сенсорных отношений при очаговых нарушениях мозгового кровообращения

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 18-013-01225\_a, 18-413-520006\_p\_a, 19-013-00095\_a).

#### Литература

1. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание. Успехи когнитивных наук. М.: Наука, 2008. 293 с.
2. Morrison G.E., Simone C.M., Ng N.F., Hardy J.L. Reliability and validity of the NeuroCognitive Performance Test, a web-based neuropsychological assessment // *Frontiers in Psychology*, 2015. 6:1652; doi:10.3389/fpsyg.2015.01652.
3. Hardy J.L., Nelson R.A., Thomason M.E., Sternberg D.A., Katovich K., Farzin F., Scanlon M. Enhancing cognitive abilities with comprehensive training: A large, online, randomized, active-controlled trial // *PLoS ONE*. 2015. 10(9): e0134467; doi:10.1371/journal.pone.0134467.
4. Jiang T. Brainnetome: a new-ome to understand the brain and its disorders // *Neuroimage*, 2013. 80: 263–272.



Международная научно-практическая конференция

**ЗДОРОВЬЕ КАК РЕСУРС: V. 2.0**



Международная  
научно-практическая  
конференция

# **ЗДОРОВЬЕ КАК РЕСУРС: V. 2.0**

26–27 сентября 2019 г.  
Нижний Новгород

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Администрация Нижегородской области  
Администрация г. Нижнего Новгорода  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»  
Межрегиональная общественная организация «Академия Гуманитарных Наук»

**Международная научно-практическая конференция**  
**«ЗДОРОВЬЕ КАК РЕСУРС: V. 2.0»**

**26–27 сентября 2019 г.**

Нижний Новгород  
2019 г.

УДК 316  
ББК 60.5  
3 46

Р е ц е н з е н т ы :

*Бикметов Евгений Юрьевич*

доктор социологических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента и маркетинга Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, Россия

*Боссонг Хорст*

доктор наук, профессор, декан факультета образовательных наук университета Дуйсбург-Эссен, Германия

3 46 **Здоровье как ресурс: V. 2.0** / Под общей редакцией проф. З.Х. Саралиевой. – Н.Новгород: Изд-во НИСОЦ, 2019. – 923 с.

ISBN 978-5-93116-209-6

В сборнике представлены материалы научных исследований, обсуждавшихся на заседаниях международной научно-практической конференции «Здоровье как ресурс: V. 2.0» (26–27 сентября 2019 г., г. Нижний Новгород, ННГУ им. Н.И. Лобачевского).

Сборник предназначен для исследователей, преподавателей, аспирантов и студентов, практических работников социальных учреждений и общественных организаций.

В рамках конференции проведены:

- круглый стол «Качество жизни лиц с дисфункциями опорно-двигательного аппарата и проблемы их реабилитации»;
- аспирантская школа «Социально-политические процессы в условиях глобализации». Тема «Личность в профессии». Ключевые спикеры: президент Нижегородской государственной консерватории им. М.И. Глинки, профессор кафедры хорового дирижирования, Народный артист РФ, Заслуженный деятель искусств РСФСР, Академик Академии Гуманитарных наук Э.Б. Фертельмейстер; доктор политических наук, профессор, директор Института международных отношений и мировой истории Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского М.И. Рыхтик; доктор исторических наук, профессор, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского З.Х. Саралиева.

ISBN 978-5-93116-209-6

© Издательство НИСОЦ, 2019 г.

8. Постановление Правительства РФ от 8 декабря 2017 г. № 1492 “О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов”. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71729300/> (дата обращения: 27.08.19).

9. Ортезы нового поколения. [Электронный ресурс]. URL: <https://westmedgroup.ru/ortezy-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 27.08.19).

10. Применение современных технологий с целью совершенствования наружной иммобилизации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.senikitin.ru/literature/immobilise-new-tech.html> (дата обращения: 27.08.19).

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ:  
ТЕЛЕМЕТРИЯ, ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИИ  
ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ\***

**PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF REHABILITATION:  
TELEMETRY, INTERNET TECHNOLOGY, VIRTUAL REALITY  
TECHNOLOGY**

**С.А. Полевая**

*Приволжский исследовательский медицинский университет,  
Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского*

**С.Б. Парин**

*Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского*

**М.Г. Воловик**

*Приволжский исследовательский медицинский университет*

**М.М. Циркова**

*Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского*

**S.A. Polevaya**

*Privolzhsky Research Medical University,  
Lobachevsky University*

**S.B. Parin**

*Lobachevsky University*

**M.G. Wolowick**

*Privolzhsky Research Medical University*

**M.M. Tsirkova**

*Lobachevsky University*

Представлены уникальные возможности телеметрии и компьютерных технологий для контролируемой оптимизации диагностико-реабилитационного процесса. Благодаря достижениям цифровой психофизиологии может быть

---

\* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №.18-013-01225, 18-413-520006, 19-013-00095.



создана принципиально новая инфраструктура для непрерывного мониторинга и персонализированного управления реабилитационным процессом не только в клинике, но и в условиях повседневной жизни.

The work presents the unique capabilities of telemetry and computer technology for the controlled optimization of the diagnostic and rehabilitation process. Thanks to the achievements of digital psychophysiology, a fundamentally new infrastructure can be created for continuous monitoring and personalized management of the rehabilitation process not only in the clinic, but also in everyday life.

*Ключевые слова:* мониторинг, диагностика, информационно-телекоммуникационные технологии, когнитивные функции, телеметрия, технологии виртуальной реальности

*Keywords:* monitoring, diagnostics, information and telecommunication technologies, cognitive functions, telemetry, virtual reality technologies

Современные информационно-телекоммуникационные технологии являются источником мощных ресурсов для преодоления рисков и ограничений на всех этапах реабилитации функциональных систем. Благодаря телеметрии, Интернет-технологиям и технологиям виртуальной реальности обеспечивается объективизация диагностики и повышение эффективности коррекции функций «тела», «разума» и «мозга» не только в клинике, но и в условиях повседневной жизни. Уникальные решения для высокотехнологичной реабилитации найдены в рамках конвергенции естественнонаучных и гуманитарных компетенций на базе лаборатории «Цифровой психофизиологии» ЦИР ННГУ.

*Событийно-связанная телеметрия ритма сердца для дистанционного мониторинга функционального состояния и картирования стрессов*

Автоматизированная экспертная система принципиально нового типа – событийно-связанная телеметрия (cogni-nn.ru) обладает 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 [1].

Технология удовлетворяет следующим требованиям: безопасность и удобство для использования в обычной повседневной жизнедеятельности человека; мобильность, то есть отсутствие ограничений в подвижности и удаленности источника сигнала от блока приема сигнала; максимально низкое энергопотребление датчиков; устойчивость к внешним помехам; детектирование и прогноз опасных состояний в режиме реального времени. Сенсорный модуль технологии реализован на основе беспроводных сенсорных сетей.

Виртуальный модуль технологии – интернет-приложение StressMonitor обеспечивает визуализацию физиологических данных. Экспертный модуль поддерживает детектирование экстремальных изменений сердечного ритма и картирование стресс-эпизодов. Таким образом, организован сенсорный канал для дистанционного непрерывного контроля состояния сердечнососудистой системы, эмоционального статуса и двигательной активности человека-носителя датчиков. Автоматически детектируются стресс-эпизоды и определяется место, время и стрессогенные события. Детектирование стресса основано на положениях трехкомпонентной теории нейрохимических механизмов стресса [2].

### *Интернет-технологии для цифрового отображения когнитивных функций*

Традиционная диагностика когнитивных функций имеет низкую эффективность из-за полного отсутствия методологии и инструментария для объективизации. Нейропсихологические методики утратили диагностическую значимость, но очень эффективны для восстановления коммуникативных функций. Существующие в настоящее время локальные и Интернет-ориентированные программные инструменты для диагностики и реабилитации (Lumosity.com, Cognifit.com, Wikium.ru, platform.apway.ru и др.) успешно обеспечивают измерение и тренировки восприятия, памяти, внимания, быстродействия, гибкости по отношению к визуальным объектам в разнообразных событийных контекстах. В большинстве компьютерных диагностико-реабилитационных тренажеров тесты реализованы в форме увлекательных компьютерных игр. Игровой и спортивный азарт мотивирует к продолжительным занятиям на когнитивных тренажерах. Однако каждая игра актуализирует множество когнитивных процессов, затрудняя дифференциальную диагностику и коррекцию поврежденного когнитивного модуля.

Для точного картирования и направленной оптимизации когнитивных модулей предназначена Интернет-ориентированная компьютерная технология (platform.apway.ru), разработанная в Приволжском исследовательском медицинском университете (Н. Новгород). Она обеспечивает возможность для цифрового картирования когнитивных функций в широком пространстве признаков и предоставляет удобный интерфейс для конструирования оригинальных пользовательских тестов [3]. К настоящему времени на платформе размещено 350 тестов для актуализации отдельных когнитивных модулей, что обеспечивает построение персональных цифровых карт и формирование индивидуальных программ когнитивных тренировок. Новые принципы формализованного описания индивидуальных когнитивных систем могут привести к пересмотру классификации когнитивных нарушений и

созданию принципиально новых моделей когнитивной диагностики и реабилитации.

*Технологии виртуальной реальности для восстановления моторных и когнитивных функций*

Виртуальная реальность (VR) – это генерированное с помощью анимационных компьютерных программ и отображаемое на экране окружающее пространство, максимально приближённое к действительному. Погруженный в виртуальную среду пациент может участвовать в виртуальных событиях: перемещаться, манипулировать с виртуальными предметами и даже наблюдать свои действия со стороны.

VR используют в промышленности и дизайне, архитектуре и туризме, маркетинге и рекламе, спорте и военном деле, образовании и медицине. С помощью VR в настоящее время лечат (или пытаются лечить) некоторые формы эпилепсии, различные фобии и тревожные расстройства, депрессии, посттравматическое стрессовое расстройство, бессонницу, болевые синдромы (в частности, при ожоговых поражениях), зуд, аутизм, болезни Паркинсона и Альцгеймера, рассеянный склероз и многое другое.

VR с самого начала зарекомендовала себя как эффективный метод нейрореабилитации, основанный на фундаментальных механизмах физиологии движения, установленных классиками отечественной физиологии Н.А. Бернштейном и П.К. Анохиным. Изменяя двигательное задание, мы можем влиять на отдельные параметры движения и ход его выполнения в целом, добиваясь необходимого двигательного ответа и тем самым тренируя недостающие координационные компоненты у больных.

Использование мультисенсорной тренировки в виртуальной среде для физической реабилитации было предложено в 1982 г. австралийскими физиотерапевтами J. Carr и R.A. Shepherd. В основе метода физической реабилитации лежит активное переобучение больного двигательным функциям взамен утраченных в результате неврологических нарушений. Этот метод начали применять и в российской нейрореабилитации.

Основные положения теории активного переобучения следующие:

- тренировка больного в среде, максимально приближённой к реальной;
- больной должен получать объективную информацию о ходе и качестве выполнения задания, то есть иметь обратную связь для осознанной корректировки выполнения двигательных актов;
- больной должен быть заинтересован в результате реабилитации и активно вовлечен в процесс.

Мировой опыт применения виртуальных технологий в комплексе реабилитационных мероприятий доказал возможность повышения эффективности восстановительного лечения и сокращения его сроков.

#### *Заключение*

Телеметрия, Интернет-технологии, технологии виртуальной реальности открывают новые возможности для объективизации и контролируемой оптимизации диагностико-реабилитационном процесса. Благодаря достижениям цифровой психофизиологии может быть создана принципиально новая инфраструктура для непрерывного мониторинга и персонализированного управления реабилитационным процессом не только в клинике, но и в условиях повседневной жизни.

#### *Список литературы*

1. Polevaya 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>.

2. 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., <http://stm-journal.ru/ru/numbers/2014/4>.

3. Tikhomirov G.V., Konstantinova I.O., Cirkova M.M., Bulanov N.A., Grigoryeva V.N. Visual object agnosia in brain lesions (review) // *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(1): 46–53, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.05>.

## **САМОРЕАБИЛИТАЦИЯ ПОСЛЕ ВЫСОКОЙ АМПУТАЦИИ SELF-REHABILITATION AFTER HIGH AMPUTATION**

**Н.Г. Степанов**

*Отделение гнойной хирургии Городской клинической больницы №5,  
г. Нижний Новгород*

**N.G. Stepanov**

*Department of purulent surgery of City Clinical Hospital №5,  
Nizhny Novgorod*

После высокой ампутации на уровне голени и бедра перед пациентом возникает ряд социальных проблем. Системы реабилитации для них нет. Полученные по телефону данные от пациентов и их родственников, их анализ позволили нам представить конкретные рекомендации и предложения, которые улучшат качество жизни пациентов после высокой ампутации.

---

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ АКАДЕМИЙ НАУК (МААН)  
СОЮЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ СТРАН СНГ  
ФЕДЕРАЦИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ БИОХИМИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ (FEBS)  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО БИОХИМИКОВ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОЛОГОВ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД  
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
ИНСТИТУТ ИММУНОФИЗИОЛОГИИ

---



## II ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

VI СЪЕЗД ФИЗИОЛОГОВ СНГ

VI СЪЕЗД БИОХИМИКОВ РОССИИ

IX РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ «БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ»

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

*Под редакцией*

*Р.И. Сепиашвили, В.А. Ткачука, А.Г. Габимова,  
А.И. Григорьева, В.Т. Иванова, М.А. Островского*

Сочи – Дагомыс, Россия  
1–6 октября 2019

УДК 57  
ББК 28я43  
В87



Под редакцией Р.И. Сепиашвили, В.А. Ткачука, А.Г. Габиева,  
А.И. Григорьева, В.Т. Иванова, М.А. Островского

В87 **II ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**  
**◆ VI СЪЕЗД ФИЗИОЛОГОВ СНГ**  
**◆ VI СЪЕЗД БИОХИМИКОВ РОССИИ**  
**◆ IX РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ «БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ»**  
(Сочи, Дагомыс, 1–6 октября 2019).  
**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ. Том 1.** – М.: Издательство «Перо», 2019. – с.198

ISBN 978-5-00150-519-8 (Общ.)

ISBN 978-5-00150-520-4 (Т.1.)

### Содержание

<b>Ю.В. Наточин</b> <i>Физиология: современность и классика</i>	<b>3</b>
<b>М.В. Угрюмов</b> <i>Новая парадигма борьбы с нейродегенеративными заболеваниями на основе интегративной физиологии, превентивной и трансляционной медицины</i>	<b>6</b>
<b>А.Д. Ноздрачев</b> <i>Полиמודальная интероцептивная сенсорная система</i>	<b>11</b>
<b>М.А. Островский</b> <i>Молекулярная физиология зрения: родопсин</i>	<b>15</b>
<b>С.В. Медведев</b> <i>Скрытые звенья мозговых систем</i>	<b>18</b>
<b>О.В. Бухарин</b> <i>Инфектология: от И.И. Мечникова – до наших дней</i>	<b>21</b>
<b>М.Н. Хоменко</b> <i>Вклад академика О.Г. Газенко в становление авиационной и космической физиологии, биологии и медицины</i>	<b>28</b>
<b>Тезисы докладов</b>	<b>30</b>
<b>Авторский указатель</b>	<b>193</b>

Сборник научных трудов включает материалы актовых и пленарных лекций, симпозиальных докладов, выступлений на заседаниях круглых столов и стендовых докладов, представленных на VI Съезде физиологов СНГ, VI Съезде биохимиков России и IX Российском симпозиуме «Белки и пептиды», которые прошли в рамках II Объединенного научного форума в Сочи–Дагомысе, 1–6 октября 2019 года. Тематика представленных докладов охватывает актуальные разделы физиологии, биоорганической химии, биотехнологии, молекулярной биологии и смежных дисциплин.

Книга рассчитана не только на специалистов, работающих в разных областях биомедицинских наук, но и на студентов, аспирантов, преподавателей и научных работников, интересующихся проблемами наук о жизни.

ISBN 978-5-00150-519-8 (Общ.)

ISBN 978-5-00150-520-4 (Т.1.)



УДК 57  
ББК 28я43  
© Союз физиологических обществ стран СНГ, 2019  
© Российское общество биохимиков и молекулярных биологов, 2019  
© Коллектив авторов, 2019



«Реакор» с возможностью БОС, ООО НПКФ «Медиком МТД» Таганрог). Психофизиологический статус оценивали с помощью компьютерной программы «ЭФФЕКТОН» (ООО «Эффектон», Москва) до и после пролонгированного тренинга. Анализировали простую и сложную зрительно-моторную реакции; показатели времени и точности сложной зрительно-моторной реакции в стрессорных условиях дефицита времени; объем и интенсивность внимания; показатели зрительной памяти, ситуативную тревожность и нервно-психическое напряжение. Показано, что пролонгированное влияние БОС-процедуры способствует увеличению правильных ответов на фоне повышения скорости реакции в условиях дефицита времени, что наряду с повышенной активацией объясняется улучшением дифференцировочного торможения и оптимизацией нервных процессов. Выявлено, что БОС-тренинг влияет на повышение показателей внимания. Уровень ситуативной тревожности и нервно-психического напряжения уменьшается, что свидетельствует о снижении напряжения регуляторных процессов в ЦНС. Полученные результаты свидетельствуют об оптимизации соотношения процессов возбуждения и торможения, а также уменьшении гиперактивности мозга. Улучшаются механизмы устранения избыточного сенсорного потока и подавления лишних сенсорных входов.

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦНС ПРИ ИГРОВОЙ И ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ

**А. И. Рабаданова, З.А. Тайгибова**

*Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия*

Проведено исследование по выявлению паттернов ЭЭГ при различных формах нехимической зависимости (проблемные гемблеры и интернет-зависимые). В исследовании приняло участие 77 человек, в возрасте от 18 до 25 лет. Степень интернет- и игровой зависимости была выявлена с использованием опросника К. Янга и теста «Канадский показатель проблемного гемблинга», соответственно. Для проведения стационарных ЭЭГ исследований использовали электроэнцефалограф – анализатор ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03». Характерной особенностью ЭЭГ покоя в группах аддиктов является повышение относительной мощности медленноволновой активности, которая представлена диффузно по всей коре больших полушарий, причем, в обеих экспериментальных группах показатели спектральной мощности дельта- и тета- активности сравнительно одинаковые. Отличительной особенностью у лиц с интернет-зависимостью является снижение спектральной мощности альфа-ритма и усиление мощности бета1- и бета2- активности, тогда как у гемблеров наблюдается увеличение мощности альфа-ритма, тогда как бета1- и бета2- активность менее выражена. Результаты исследований свидетельствуют об активации дисцефальных синхронизирующих структур мозга у гемблеров и указывают на невротическое состояние тревожного типа. При интернет-зависимости обнаружено преобладание спектральных характеристик бета-ритма, свидетельствующее об усилении влияний со стороны стволовых десинхронизирующих образований мозга и указывающее на невротическое состояние напряженного типа. Характерной особенностью ЭЭГ как при игровой, так и при интернет-зависимости является преимущественное доминирование функциональной активности правого полушария.

## ОСОБЕННОСТИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА

**Н.А. Рябчикова, Б.Х. Базиан, Е.В. Дамянович, Л.А. Чигалейчик**

*Научный центр неврологии РАМН, Москва, Россия*

Болезнь Паркинсона (БП) – это серьезное нейродегенеративное заболевание нервной системы, проявляющееся в нарушении двигательной активности и когнитивных процессов, сопровождающееся саккадическими движениями глаз. Функциональное и анатомическое перекрытие мозговых путей и структур, таких, как, в частности, лобные, теменные области коры, базальные ганглии, обеспечивает как планирование, программирование и принятие решений так и управление генерацией саккад с другой. Поскольку управление и контроль движениями глаз осуществляются многими уровнями мозга, саккадическая деятельность может использоваться как отражение динамических процессов в мозге при изучении различных форм когнитивной деятельности, в том числе прогнозирования человеком событий. В настоящем исследовании регистрация саккад показала, что среднее количество саккад по всем испытуемым в состоянии спокойного бодрствования составило за все время их регистрации  $21,2 \pm 3$ , а среднее количество саккад/сек составило 0,12. Среднее количество саккад, произведенное испытуемыми при выполнении остальных двух тестов ( $142,4 \pm 27,9$  и  $195,3 \pm 36,7$ ) и саккад/сек (соответственно  $0,63 \pm 0,09$  и  $0,70 \pm 0,11$ ) достоверно отличается от таковых при спокойном бодрствовании ( $p < 0,05$ ), т.е. по мере усложнения прогностической задачи среднее количество саккад, а также саккад/сек от теста 1 к тесту 3 достоверно увеличивается. Результаты, полученные при воспроизведении последовательностей элементов после решения всех тестов, показывают аналогичную картину с той лишь разницей, что здесь среднее число саккад и саккад/сек меньше, чем таковые при решении прогностической задачи. В обоих случаях также по мере усложнения тестов происходит достоверное увеличение общего количества ошибок при прогнозировании и воспроизведении –  $1,7 \pm 0,3$ ,  $4,0 \pm 1,1$  и  $7,8 \pm 1,4$  соответственно в тестах 1, 2. Используемая нами методика «Прогнозис 2.5» позволяет определять когнитивные нарушения уже на ранних стадиях БП, которые не всегда обнаруживаются другими методами. Однако если увеличение числа ошибок при усложнении тестов является естественным и ожидаемым фактом, то увеличение числа саккад не является таковым. Скорее всего, эти два факта не связаны друг с другом причинно-следственными связями.

## ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ У ДЕТЕЙ С СДВГ

**С.А. Полевая<sup>1</sup>, Л.В. Савчук<sup>2</sup>, А.И. Федотчев<sup>3</sup>, К.К. Селиверстова<sup>2</sup>, К.Н. Громов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет; <sup>2</sup> Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород; <sup>3</sup> Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Россия*

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) привлекает к себе значительный интерес в связи с высокой распространенностью (5% детского населения, 3–6% популяции взрослых) и социальной значимостью проблемы. Диагностика СДВГ основывается на клинических критериях с низкой чувствительностью и надежностью. Актуально развитие методов для



объективизации диагностики и повышения эффективности коррекции на основе знаний о физиологических механизмах нарушений. Цель нашего исследования – определить особенности вегетативного обеспечения сенсомоторной активности (СМА) при СДВГ. В исследовании приняли участие 33 ребенка в возрасте от 5 до 11 лет: 11 – группа «СДВГ»; 22 – группа «Контроль». Для мониторинга режимов вегетативной регуляции и стрессовых нагрузок при выполнении комплекса тестов на простую и сложную сенсомоторную активность (web-платформа Arway, platform.arway.ru, ПИМУ) использовалась технология событийно-связанной телеметрии (cogni-nn.ru, ННГУ им. Н.И. Лобачевского). Оценивалась связь между показателями СМА (время сенсомоторной реакции (СМР), продолжительность моторной реакции (МР), количество ошибок разного типа) и спектральными показателями вариабельности ритма сердца в контексте СМА. Выявлены специфические особенности СМА у детей с СДВГ, проявляющиеся в увеличении СМР, при этом продолжительность моторной реакции соответствует возрастной норме, что может свидетельствовать об искажении в когнитивном модуле функциональной системы. Для вегетативного обеспечения СМА детей с СДВГ характерна редукция центрального контура регуляции, значительное снижение мощности низкочастотных и высокочастотных компонентов спектра ВРС, повышение индекса симпато-вагусного баланса, сокращение количества значимых корреляций между показателями СМА и ВРС. Однако у СДВГ достоверно сильнее связь между продолжительностью моторной реакции в тесте на простую сенсомоторную активность с мощностью низкочастотных компонентов в спектре событийно-связанной ВРС. Полученные данные свидетельствуют, что параметры вегетативного обеспечения сенсомоторной активности можно рассматривать как высокоспецифичные и надежные объективные маркеры СДВГ. *Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, гранты №18-013-01225\_a, 18-413-520006\_p\_a, 19-013-00095\_a.*

## АНАЛИЗ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВОСЬМИЦВЕТОВОГО ТЕСТА ЛЮШЕРА

Ю.П. Игнатова, И.И. Макарова, А.В. Аксёнова, К.А. Страхов, П.И. Булдакова

*Тверской государственной медицинской университет, Тверь, Россия*

Восприятие цвета, по мнению Л.Н. Собчик (2009), опосредовано субъективным опытом индивида и реакцией диэнцефальной области, ведущей в работе автономной нервной системы. Для изучения психоэмоциональных особенностей в зависимости от преобладания тонуса симпатического и парасимпатического отделов был использован модифицированный тест Люшера. В исследовании приняли участие 49 студенток Тверского ГМУ в фолликулярную фазу менструального цикла. Респонденты были разделены по вегетативному балансу (ВБ) на две группы в зависимости от их вегетативно-эмоционального состояния. В группе девушек с тропотропной активностью (ТА) среднее значение показателя суммарного отклонения (СО) значительно меньше в сравнении с теми, у которых преобладает эрготропная активность (ЭА) ( $13,11 \pm 0,83$  и  $23,77 \pm 0,85$  соответственно). Чем меньше СО, тем состояние человека ближе к эталону нервно-психического благополучия, что свидетельствует об активности, энергичности, уверенности в себе и позитивной установке к деятельности. Среднее значение вегетативного коэффициента (ВК), характеризующего энергетический баланс организма, у девушек с ТА свидетельствует об оптимальной мобилизации физических и психических ресурсов ( $1,15 \pm 0,08$ ). Нагрузки соответствуют их возможностям. В группе с ЭА ВК отражает установку на оптимизацию расходования сил, умеренную потребность в восстановлении и отдыхе. Энергетический потенциал вполне достаточен для успешной деятельности ( $0,42 \pm 0,03$ ). Корреляционный анализ Спирмена выявил значимую прямую связь ВБ и показателя работоспособности ( $r=0,85$ ). Работоспособность повышается с увеличением эрготропных влияний. Цветовые предпочтения показывают значимые отличия между средними значениями показателя стресса (ПС) в обследуемых группах. У девушек с преобладанием ТА наблюдается тенденция к стрессу, в то время как в группе с доминированием ЭА величина ПС соответствует его проявлению. Для обследуемых обеих групп характерна сбалансированность личностных свойств. У девушек с ЭА отмечается заинтересованность окружением, тогда как при ТА – выражена тенденция к сосредоточенности на собственных проблемах. Таким образом, методика цветовых выборов помогает определить психическое состояние и личностные особенности обследуемых.

## ФАКТОР ГОЛОСА ПРИ ВОСПРИЯТИИ КОНКУРИРУЮЩИХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ШКОЛЬНИКАМИ С РАЗЛИЧНЫМ ТОНУСОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

В.О. Еркудов<sup>1</sup>, Е.А. Огородникова<sup>2</sup>, А.П. Пуговкин<sup>1</sup>, И.В. Сергеев<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет МЗ РФ; <sup>2</sup>Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

Исследование направлено на выявление связи восприятия одного из базовых параметров речи – голоса, участвующего в идентификации и передаче психоэмоционального состояния диктора и интонации в условиях преобладания тонуса симпатической или парасимпатической системы у слушателей. Задача представляется актуальной в свете важности проблемы слухового анализа сложной акустической сцены с выделением целевого диктора и распознаванием его речи в условиях образовательной среды. С точки зрения усвоения учебной информации ее значимость многократно возрастает в контексте все большей визуализации процессов обучения и коммуникации с помощью цифровых технологий. Целью данной работы является оценка взаимосвязи преобладания тонуса симпатической или парасимпатической нервной системы, определяемого по параметрам вариабельности сердечного ритма (ВСР) и слухового восприятия речи в условиях сложной сцены. Обследовано 44 подростка обоего пола от 13 до 16 лет. Испытуемым были зарегистрированы основные показатели ВСР и оценивались характеристики слухового восприятия речи посредством выделения и распознавания целевых слов, произнесенных сначала женским, а затем мужским голосом. При распознавании слов, произнесенных женским голосом, число правильных ответов у детей преобладанием тонуса симпатической системы составило 96%, парасимпатической – 87%. При распознавании слов, произнесенных мужским голосом, оно было одинаковым у детей с преобладанием и симпатической и парасимпатической нервной систем – по 88%. В работе обсуждаются возможные биологических и социальных факторы, обуславливающих полученный в работе результат. Кроме этого, показана эффективность использования комбинированного подхода с регистрацией показателей вегетативного реагирования и психофизического тестирования при распознавании в условиях сложной акустической сцены.