



ISSN: 2072-7593  
ISSN (online): 2311-7036

Экспериментальная  
психология

---

Experimental Psychology  
(Russia)

**1** '21

2021 • Том 14 • № 1

---

# Экспериментальная психология

---

## Experimental Psychology (Russia)

Ежеквартальный научный журнал  
(основан в 2008 году)  
Quarterly scientific journal  
(founded in 2008)

Российская ассоциация экспериментальной психологии  
Russian Association of Experimental Psychology

ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический  
университет»  
Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE)

## СОДЕРЖАНИЕ



### ТЕМАТИЧЕСКАЯ РУБРИКА «ПСИХОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ»

<i>Барабанищikov В.А., Маринова М.М.</i>	
<b>Deepfake в исследованиях восприятия лица</b> .....	4
<i>Селиванов В.В.</i>	
<b>Психические состояния личности в дидактической VR-среде</b> .....	20
<i>Селиванов В.В., Сорочинский П.В.</i>	
<b>Механизмы и закономерности влияния образовательной виртуальной реальности на мышление человека</b> .....	29
<i>Аникина В.Г., Побокин П.А., Ивченкоva Ю.Ю.</i>	
<b>Применение технологий виртуальной реальности в преодолении состояния тревожности</b> ..	40
<i>Капустина В.Ю., Зикеева Е.А.</i>	
<b>Формирование учебной мотивации и мышления у студентов средствами виртуальной реальности</b> .....	51



### ПСИХОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ

<i>Чихман В.Н., Бондарко В.М.</i>	
<b>Оценка ориентации линий в зависимости от набора дополнительных изображений</b> .....	64



### ПСИХОЛОГИЯ МЫШЛЕНИЯ

<i>Епишин В.Е.</i>	
<b>Стратегии контроля неопределенности при решении прогностических задач</b> .....	80



### КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

<i>Деева Т.М., Козлов Д.Д.</i>	
<b>Формирование абстрактного знания при имплицитном усвоении схемы решения анаграмм</b> .....	95
<i>Агафонов А.Ю., Фомичева А.Д., Старостин Г.А., Крюкова А.П.</i>	
<b>Имплицитное запоминание последовательности временных интервалов</b> .....	108
<i>Бангура М.</i>	
<b>Механизмы обработки фигуральных выражений разных типов</b> .....	122



### ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

<i>Корнеев А.А., Захарова М.Н., Курганский А.В., Ломакин Д.И., Мачинская Р.И.</i>	
<b>Прогностическое значение электроэнцефалографических и нейропсихологических показателей состояния регуляторных функций мозга для оценки вероятности отклонений поведения у подростков</b> .....	135
<i>Берёзкин Д.В., Горбунов И.А.</i>	
<b>Особенности биоэлектрической активности коры головного мозга и нарушения мышления у детей с различными пограничными расстройствами резидуально-органического генеза</b> .....	151
<i>Туrowsкий Я.А., Гуреев А.П., Виткалова И.Ю., Попов В.Н., Вахтин А.А.</i>	
<b>Генетические особенности вариабельности сердечного ритма при работе с интерфейсами «человек—компьютер»</b> .....	172



### ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА

<i>Хрущев С.О., Выборных Д.Э., Рассказова Е.И., Тхостов А.Ш., Савченко В.Г.</i>	
<b>Увлеченность работой и благополучие при работе в клинике тяжелых соматических заболеваний: роль личностных особенностей у врачей-клиницистов и сотрудников лабораторий</b> .....	187
<i>Куравский Л.С., Юрьев Г.А., Златомрежев В.И., Грешников И.И., Поляков Б.Ю.</i>	
<b>Оценка действий экипажа самолёта по данным видеоокулографии</b> .....	204



### ОТ РЕДАКЦИИ

<b>Сообщение от редакции</b> .....	223
------------------------------------	-----

## CONTENTS



### THEMATIC HEADING "PSYCHOLOGY OF VIRTUAL REALITY"

*Barabanshikov V.A., Marinova M.M.*  
**Deepfake in Face Perception Research** ..... 4  
*Selivanov V.V.*  
**Mental States of a Personality in a Didactic VR Environment** ..... 20  
*Selivanov V.V., Sorochinsky P.V.*  
**Mechanisms and Regularities of Influence of Educational Virtual Reality on Human Thinking** ..... 29  
*Anikina V.G., Pobokin P.A., Ivchenkova J.Y.*  
**The Use of Virtual Reality in Overcoming the State of Anxiety** ..... 40  
*Kapustina V.Yu., Zikeeva E.A.*  
**Formation of Educational Motivation and Thinking in Students by Means of Virtual Reality** ..... 51



### PSYCHOLOGY OF PERCEPTION

*Chikhman V.N., Bondarko V.M.*  
**Estimation of Line Orientation Depends on the Set of Additional Images** ..... 64



### PSYCHOLOGY OF THINKING

*Epishin V.E.*  
**Uncertainty Control Strategies in Solving of Prognostic Tasks** ..... 80



### COGNITIVE PSYCHOLOGY

*Deeva T.M., Kozlov D.D.*  
**Acquisition of Abstract Knowledge in Implicit Learning of Anagram Solution Scheme** ..... 95  
*Agafonov A.Y., Fomicheva A.D., Starostin G.A., Kryukova A.P.*  
**Implicit Learning of the Time Interval Sequence** ..... 108  
*Bangura M.*  
**Mechanisms of Different Types of Figurative Expressions Processing** ..... 122



### PSYCHOPHYSIOLOGY

*Korneev A.A., Zakharova M.N., Kurgansky A.V., Lomakin D.I., Machinskaya R.I.*  
**Prognostic Value of Electroencephalographic and Neuropsychological Indicators of the State of Regulatory Functions of the Brain to Assess the Likelihood of Behavioral Abnormalities in Adolescents** ..... 135  
*Berezkin D.V., Gorbunov J.A.*  
**Features of Bioelectric Activity of the Cerebral Cortex and Thinking Disorders in Children with Various Borderline Disorders of Residual Organic Genesis** ..... 151  
*Turovskiy Ya.A., Gureev A.P., Vitkalova I.Yu., Popov V.N., Vakhtin A.A.*  
**Genetic Features of Dynamics of Heart Rate Variability at Work with Perspective Human-Computers Interfaces** ..... 172



### PSYCHOLOGY OF LABOR

*Khrushov S.O., Vybornykh D.E., Rasskazova E.I., Tkhostov A.Sh., Savchenko V.G.*  
**Engagement in Work and Well-being in a Clinic of Severe Somatic Diseases: the Role of Personal Features in Clinicians and Laboratory Employees** ..... 187  
*Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Greshnikov I.I., Polyakov B.Y.*  
**Assessing the Aircraft Crew Activity Basing on Video Oculography Data** ..... 204



### EDITORIAL

**Editorial message** ..... 223





# ДЕЕРФАКЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОСПРИЯТИЯ ЛИЦА

**БАРАБАНЩИКОВ В.А.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-0513>, e-mail: [vladimir.barabanschikov@gmail.com](mailto:vladimir.barabanschikov@gmail.com)*

**МАРИНОВА М.М.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8862-4007>, e-mail: [marinovamm@yandex.ru](mailto:marinovamm@yandex.ru)*

Излагается современный метод коллажирования изображений с заменой лиц Deepfake — продукт искусственного интеллекта (AI), с помощью которого можно создавать высококачественные реалистичные видеоролики с поддельным или замененным лицом, без явных следов манипуляций. На основе приложения DeepFaceLab (DFL) поэтапно описывается процесс создания видеоизображений «невозможного лица». Представлены результаты экспериментов по изучению закономерностей восприятия подвижного «невозможного лица» и их отличий в статике и динамике. В качестве стимульного материала выступили две модели виртуальных натурщиков с «невозможным лицом», сконструированные с помощью DFL: видеоизображения химерического лица, правая и левая стороны которого принадлежат разным людям и тэтчерезированное лицо, на котором области глаз и рта повернуты на 180°. Показано, что феномены восприятия «невозможного лица», зарегистрированные ранее в условиях статике (целостность восприятия раздвоенного изображения, эффекты distraction и инверсии), при экспозиции динамических моделей сохраняются и приобретают новое содержание. В отличие от коллажированных изображений оригинальные лица в статике и движении независимо от эгоцентрической ориентации оцениваются позитивно на уровне высоких значений. При всех тестируемых условиях пол виртуального натурщика определяется адекватно, воспринимаемый возраст переоценивается. Оценки эмоций виртуального натурщика по его видеоизображениям дифференцируются на основные (устойчивые) и дополнительные (меняющиеся) состояния, соотношение которых зависит от содержания конкретного эпизода. Технология синтеза изображений Deepfake существенно расширяет возможности психологического исследования межличностного восприятия. Использование цифровых технологий упрощает создание стимульных моделей «невозможного лица», необходимых для углубленного изучения репрезентаций внутреннего мира человека, и формирует потребность в новых экспериментально-психологических процедурах, отвечающих более высокому уровню экологической и социальной валидности.

**Ключевые слова:** IT-Deepfake, DeepFaceLab, межличностное восприятие, видеоизображение лица, невозможное лицо, виртуальный натурщик, динамика и статика выражений лица, химерическое лицо, тэтчерезированное лицо, целостность восприятия, динамический дистрактор, инверсионный эффект, привлекательность лица, базовые эмоциональные экспрессии.

---

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания Министерства просвещения РФ № 730000Ф.99.1.БВ09АА00006.

*Для цитаты:* Барабанщиков В.А., Маринова М.М. Deepfake в исследованиях восприятия лица // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 4—19. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000001>



# DEEFAKE IN FACE PERCEPTION RESEARCH

**VLADIMIR A. BARABANSCHIKOV**

*Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-0513>, e-mail: [vladimir.barabanshikov@gmail.com](mailto:vladimir.barabanshikov@gmail.com)

**MARIA M. MARINOVA**

*Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8862-4007>, e-mail: [marinovamm@yandex.ru](mailto:marinovamm@yandex.ru)

Presents the state-of-the-art Deepfake face replacement image collage method, an artificial intelligence (AI) product that can be used to create high-quality, realistic videos with a fake or replaced face, with no obvious signs of manipulation. Based on the DeepFaceLab (DFL) application, the process of creating video images of an “impossible face” is described step by step. The results of the experiments of studying the perception patterns of the moving “impossible face” and their differences in statics and dynamics are presented. The stimuli were two DFL-generated models of virtual sitters with impossible faces: a video image of a chimerical face, in which the right and left sides belong to different people, and a Tatchered face with the eyes and mouth areas rotated by 180°. It was shown that the phenomena of perception of the “impossible face”, registered earlier under static conditions (integrity of perception of the split image, distraction and inversion effect), are preserved and acquire a new content when dynamic models are exposed. In contrast to the collaged images, the original faces in statics and motion, regardless of egocentric orientation, are evaluated positively at the level of high values. Under all tested conditions the gender of the virtual sitter is determined adequately, the perceived age is overestimated. Estimates of the virtual sitter’s emotions from his video images are differentiated into basic (stable) and additional (changing) states, the ratio of which depends on the content of a particular episode. Deepfake image synthesis technology significantly expands the possibilities of psychological research of interpersonal perception. The use of digital technologies simplifies the creation of “impossible face” stimulus models necessary for in-depth study of representations of the human inner world, and creates a need for new experimental-psychological procedures corresponding to a higher level of ecological and social validity.

**Keywords:** IT-Deepfake, DeepFaceLab, interpersonal perception, video facial imaging, impossible face, virtual sitter, dynamic and static facial expressions, chimeric face, tethered face, perceptual integrity, dynamic distractor, inversion effect, facial attractiveness, basic emotional expressions.

---

**Funding.** The research was performed within the framework of the state order of the Ministry of Education of the Russian Federation №730000Ф.99.1.БВ09АА00006.

**For citation:** Barabanshikov V.A., Marinova M.M. Deepfake in Face Perception Research. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 4–19. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000001> (In Russ.).

## Введение

Современные компьютерные программы и технологии цифровой графики позволяют пользователям свободно оперировать с различными классами видеоизображений и создавать их модификации. В области психологии это ведет к развертыванию качественно нового уровня экспериментов, созданию наиболее подходящего стимульного материала, эффективного строя методических процедур, оригинальных способов обработки и анализа полученных данных.



Ярким примером подобных технологий является Deerfake\* — процедура синтеза изображений с использованием искусственного интеллекта (AI). Реализуется случай, когда на материале готовых изображений либо их фрагментов нейросеть собирает по пикселям новый ролик [13]. Программа, созданная в 2014 г. в Стэнфордском университете, используется для решения задач компьютерной графики в кино и игровой индустрии, рекламе, журналистике, корпоративном обучении, организации музейного пространства при проектировании зданий. Наибольшую популярность технология получила благодаря способности подменять внешность людей на фото и видео. В сценах из кинофильмов, ТВ-шоу, выступлений политиков и т. п. лица участников могут быть заменены любыми персонажами; возможны изменения возраста, пола, эмоционального состояния; создаются лица-аватары, которые в действительности не существуют. Конечный продукт применения технологии — дипфейки имеют высокие визуальные и акустические качества, затрудняющие распознавание подделки.

Психологическую науку лицо интересует как важный источник информации о мыслях, переживаниях, особенностях личности, намерениях человека, их проявлениях во вне, восприятии и понимании другими людьми. С этой точки зрения, Deerfake представляется технологией трансформации лица, обеспечивающей новые возможности изучения репрезентаций внутреннего мира человека.

Многие годы в психологии проводят исследования восприятия «невозможного лица» — коллажированных изображений, выполненных на основе элементов или частей, из которых лицо состоит или может состоять, но которые занимают «чужие» места, имеют необычную пространственную ориентацию, рассогласованное содержание или принадлежат разным людям. Разработаны стимульные модели (коллажи) «зеркального» лица, составленного из отдельных (правой либо левой) сторон лица и их реверсий, «композитные» и «химерические» лица, объединяющие в одном изображении верхнюю и нижнюю либо правую и левую половины лиц разных людей, «тэтчерезированное» лицо, содержащее перевернутые рот и глаза и др. [1; 11; 12; 15; 17; 19].

Искусственные объекты восприятия исходно противоречивы и обладают необычными свойствами. Воспринимая «невозможное лицо», наблюдатель попадает в проблемную ситуацию, требующую согласования непривычных пространственных свойств и отношений коллажированного изображения с личным опытом. Возникающие представления о человеке характеризуют взаимосвязь частей и целого в межличностном восприятии, роль эгоцентрической ориентации лица (отдельных частей), закономерности его персонификации, механизмы порождения образа натурщика.

Большинство исследований описываемого типа выполнено на материале статичных изображений человека: фотографий, портретов, рисунков, позволяющих путем коллажирования легко варьировать пространственные отношения лица и менять содержание его частей или элементов. На сегодняшний день этого недостаточно. Современный тренд науки о лице состоит в изучении подвижного, или «живого», лица, его изменений в реальном времени с учетом текущего контекста. Выражения подвижного лица характеризуют активность человека в целом, которая конституирует межличностную ситуацию и регулирует потоки субъект-субъектных трансакций [3]. Именно здесь оказываются полезными информационные технологии Deerfake и их аналоги, позволяющие изучать восприятие видеозображений «невозможного лица» с характеристиками, задаваемыми экспериментатором.

\* От англ. Deep learning и fake — подделка с помощью глубинного обучения.



Цель данной статьи состоит в том, чтобы: 1) описать метод, позволяющий произвольно менять пространственные отношения «живого» лица человека, включенного в процесс коммуникации (мы называем его коллажированием видеоизображений; 2) проиллюстрировать тип исследований «невозможного лица», выполняемого с помощью оригинальной технологии.

## I. Цифровое коллажирование видеоизображений лица

Для конструирования модели виртуального натурщика существует нейросетевое программное обеспечение DeepFaceLab (DFL) – система с открытым исходным кодом для создания дипфейков. Программа рассчитана как на пользователей без знаний о методах глубокого обучения, так и на опытных разработчиков, которые хотят улучшить имеющуюся базу. Последовательность генерации дипфейка состоит из трех основных этапов: извлечение, обучение и конвертация. На этапе извлечения нейросеть поочередно распознает, соотносит, сегментирует и извлекает все изображения лиц из исходного и целевого видеофайлов, генерируя будущую модель. Затем нейросеть обучается и интегрирует извлеченное лицо в целевое видеоизображение. На этапе конвертации система использует обученную модель подмены лица, которую в результате можно настраивать и регулировать самостоятельно, в зависимости от требуемых условий.

Ключевое преимущество DFL среди множества методов и программ по замене лиц состоит в том, что разработчики имеют доступ ко всему коду проекта, что позволяет воспроизводить результаты работы собственной и/или других моделей в своих проектах. Библиотека DeepFaceLab состоит из облегченной версии Keras фреймворка – Leras. В качестве дополнительных преимуществ Leras выступают:

- простой и гибко настраиваемый процесс сборки модели;
- более высокая скорость (в среднем на 20%) обучения моделей;
- возможность контролировать обработку тензоров на более низком уровне, чем это позволяет Keras [9; 14].

Программное обеспечение DeepFaceLab, а также примеры реализации дипфейков находятся по адресу интернет-страницы: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab>

Перед установкой DeepFaceLab стоит учесть системные требования, необходимые для корректной работы программного обеспечения.

Минимальные системные требования:

- ОС Windows 7 или выше (64 бит);
- процессор с поддержкой SSE-инструкций;
- оперативная память объемом не менее 2 Гб + файл подкачки;
- OpenCL-совместимая видеокарта (NVIDIA, AMD).

Рекомендуемые системные требования:

- процессор с поддержкой AVX-инструкций;
- оперативная память объемом не менее 8 Гб;
- видеокарта от производителя NVIDIA с объемом видеопамати не менее 6 Гб.

Выполнив переход по вышеуказанной ссылке, следует пролистать вниз до отображения таблицы под названием «Releases», в которой находятся источники загрузки актуальных версий DFL. Для работы под операционной системой Windows, как в нашем случае, потребуется перейти по второй ссылке из таблицы **Windows (Mega.nz)**, внутри которой будут доступны два установочных exe-файла:



1) DeepFaceLab\_NVIDIA\_build\_01\_04\_2021.exe (3.55 Gb) — версия программы для видеокарт NVIDIA высокого уровня производительности;

2) DeepFaceLab\_NVIDIA\_RTX2080Ti\_and\_earlier\_build\_01\_04\_2021.exe. (2.9 Gb) — версия программы для видеокарт NVIDIA RTX2080Ti и ниже.

Для запуска инструмента с использованием графических процессоров AMD следует зайти в папку «2020», которая находится внутри обозначенной выше ссылки для скачивания ПО, и загрузить оттуда версию DeepFaceLab 1.0.

DFL 2.0 работает с поддержкой CUDA Compute Capability 3.0, данная утилита доступна для скачивания: <https://developer.nvidia.com/cuda-downloads> (2.9 Gb) — после загрузки установочного файла формата .exe необходимо провести установку его компонентов, выбрав настройки по умолчанию.

Наша виртуальная модель создавалась и обучалась на базе видеокарты NVIDIA GeForce Asus TUF-RTX3090 с 24 Gb памяти с использованием DFL 2.0. Также было использовано следующее техническое оборудование: процессор Intel(R) Core(TM) i7-10700KF CPU @ 3.80Ghz, оперативная память 32 Gb, твердотельный накопитель Samsung SSD 970 EVO Plus 500Gb и OS Windows 10. Дальнейшее обсуждение процедуры создания дипфейка будет излагаться на примере цифрового коллажирования видеоизображения химерического лица.

Сконструированная нами модель виртуального натурщика содержала в себе частичное наложение изображений двух женских лиц, изъятых из видеоинтервью. На левую половину лица Натурщицы 1 (целевое видеоизображение) импортировалась аналогичная часть лица Натурщицы 2 (исходное видеоизображение) (рис. 1).

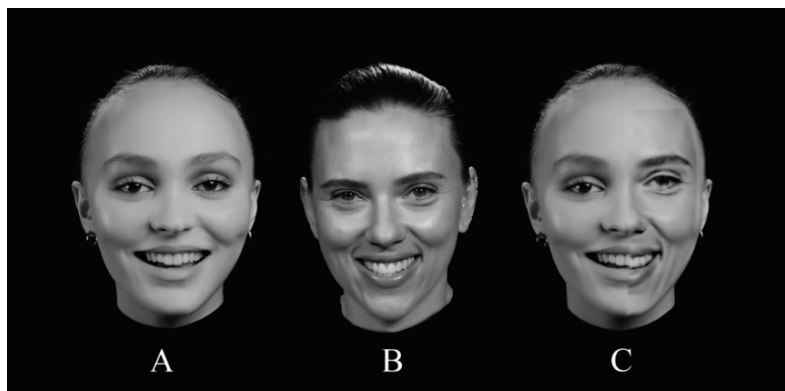


Рис. 1. Стимульные модели в прямом положении: А — оригинальный стоп-кадр с изображением Натурщицы 1 из целевого видео; В — оригинальный стоп-кадр с изображением лица Натурщицы 2 исходного видео; С — синтезированный стоп-кадр с изображением химерического лица

Программа DeepFaceLab 2.0 состоит из нескольких файлов .bat, которые в зависимости от этапа и типа задачи используются для создания дипфейка; они находятся в базовой папке «DeepFaceLab\_NVIDIA» вместе с двумя подпапками:

- «**internal**» — папка содержащая внутренние файлы для работы программы;
- «**workspace**» — папка рабочего пространства, в которой находятся тренировочные модели, видео, наборы данных и окончательные видеовыходы.

В DFL есть возможность использовать два набора данных, т. е. два видеоролика для последующей замены лиц с одного видео на другое.



Видеоматериалы формата .mp4 следует поместить в папку «workspace» и переименовать каждое видео в соответствии с требованиями:

- **data\_dst** – целевое видеоизображение, на которое будет наложено другое лицо;
- **data\_src** – исходное видеоизображение, содержащее лицо, которое будет наложено.

После всех проделанных манипуляций запускается команда: 2) **extract images from video data\_src** – данная функция извлекает кадры из исходного видео data\_src.mp4 и автоматически помещает их в подпапку «data\_src». Команда предполагает следующие настраиваемые параметры:

- **FPS** – частота кадров – по умолчанию (рекомендуется); если значение частоты кадров изменяется, например до 10 кадров в секунду, то это означает, что по итогу будет извлечено меньшее количество изображений, соотносимое с 10 кадрами в секунду);
- **JPG / PNG** – формат извлеченных кадров; формат не влияет на качество дипфейка, однако, вычислительная скорость работы при изъятии jpg выше, чем при изъятии формата png, по этой причине мы рекомендуем прописать команду «jpg».

На этом этапе и далее каждая функция, которая будет выполнена, в конце командной строки всплывшего окошка сообщит о завершении работы текстовой строкой «Done» и попросит для продолжения нажать любую клавишу.

Как только произойдет раскадровка data\_src, следует переход к пункту: 3) **extract images from video data\_dst FULL FPS** – это аналогичная команда для второго набора данных, но в отличие от предыдущей команды она без выбора со стороны пользователя извлекает все кадры из целевого видеофайла data\_dst.mp4 и помещает их в папку «data\_dst». Рекомендуется, как и в прошлом случае, для скорости работы извлекать кадры формата «jpg».

Проделанные шаги ведут к первому этапу подготовки исходного набора данных для дальнейшего машинного обучения. Он заключается в выравнивании граней и создании изображений лиц размером 512 × 512 из извлеченных кадров, находящихся внутри двух папок «data\_src» и «data\_dst». Для того, чтобы это сделать, следует запустить функцию: 4) **data\_src faceset extract** (рис. 2).

Существует несколько вариантов подготовки изображений; в число основных входят:

- 1) **data\_src faceset extract MANUAL** – ручное извлечение и самостоятельная отметка контрольных точек;
- 2) **data\_src faceset extract** – автоматическое извлечение с использованием встроенного алгоритма S3FD (рекомендуется).

Доступные опции:

– выбор зоны охвата извлечения лица в зависимости от типа модели, которую вы хотите обучить:

- a) full face (FF);
- b) whole face (WF);
- c) head (HEAD);

– выбор вычислительного процессора (графический или центральный).

В нашем случае для конструирования стимульной модели с «невозможным лицом» потребовалось выбрать зону охвата WF.

После извлечения запускается команда: 4.1) **data\_src view aligned result** – открывается внешнее приложение, позволяющее просмотреть содержимое папки «data\_src» и проверить ее изображения, удалив лишние, например, с наличием ложных срабатываний, неправильно выравненных исходных лиц и лиц других людей, которые не участвуют в создании модели.



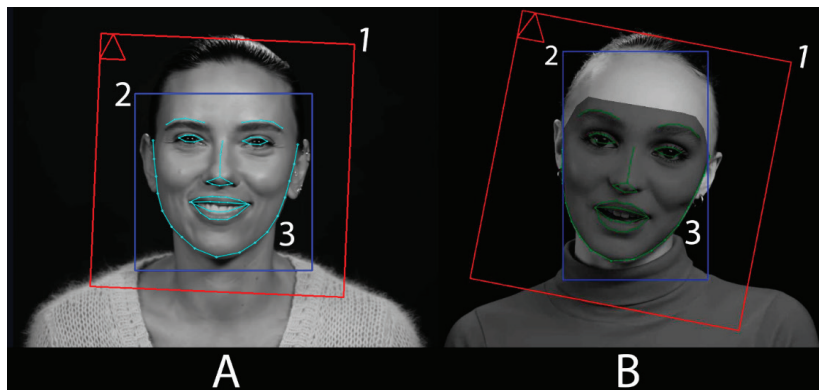


Рис. 2. Снимок экрана, демонстрирующий автоматическое обнаружение граней лица:  
А — обнаруженное лицо из исходного видео при помощи команды `data_src faceset extract MANUAL`;  
В — обнаруженное лицо из целевого видео при помощи команды `data_dst faceset extract`;  
1 и 2 — область поиска лица; 3 — ключевые точки, расположенные вокруг глаз, рта, носа, бровей и по контуру лица

Следующая команда: **4.2) `data_src sort`** — содержит алгоритмы сортировки, упрощающие отбор нежелательных, смазанных лиц или лиц с артефактами в изображении; доступно 15 опций:

- `blur` (размытие);
- `motion_blur` (размытие в движении);
- `face yaw direction` (направление движения лица);
- `face pitch direction` (направление наклона лица);
- `face rect size in source image` (размер прямоугольника лица в исходном изображении);
- `histogram similarity` (подобие гистограммы);
- `histogram dissimilarity` (несходство гистограммы);
- `brightness` (яркость);
- `hue` (оттенок);
- `amount of black pixels` (количество черных пикселей);
- `original filename` (исходное имя файла);
- `one face in image` (одно лицо на изображении);
- `absolute pixel difference` (абсолютная разница пикселей);
- `best faces` — (лучшие лица);
- `best faces faster` (лучшие лица (быстро)).

В процессе создания нашей версии виртуальной модели мы смогли выявить наиболее эффективные алгоритмы сортировки, используемые в следующем порядке: `best faces` → `blur` → `histogram similarity` → `original filename`.

После отбора изображений запускается команда: **5) `data_dst faceset extract + manual fix`** — автоматическое извлечение граней + ручная корректировка либо: **5) `data_dst faceset extract`** — только автоматическое извлечение (рекомендуется).

В этих командах шаги те же, что были проделаны ранее с исходным набором данных. При первом знакомстве с программой мы также советуем использовать автоматическое извлечение, так как данная опция эффективно справляется самостоятельно и не расходует



много времени в отличие от ручной подготовки, для которой также требуются высокие вычислительные мощности компьютера.

После завершения задачи экстракции следует очистить папку «data\_dst» от нежелательных изображений так же, как это было сделано в предыдущих шагах. Для этого запускается соответствующая команда: **5.1) data\_dst view aligned results**, — где будут показаны результаты экстракции, после этого активируется команда: **5.2) data\_dst sort**, — как и в случае с исходным набором лиц, этот инструмент позволяет сортировать все выровненные лица в папке «data\_dst», чтобы легче найти неправильно выровненные лица, ложные срабатывания и т. д. На этом этапе предварительной подготовки заканчивается.

Следующий этап — обучение модели **XSeg и маркировки лиц**. XSeg — это встроенный в DFL инструмент для ручного маскирования целого лица или его частей. Также данный инструмент используется для того, чтобы избежать наличия различных артефактов на итоговом видео, таких как волосы на лице или руки, перекрывающие заменяемое лицо. В нашем случае мы используем этот инструмент для разметки правой половины, на которую будет накладываться соответствующая часть лица другой натурщицы (рис. 3).

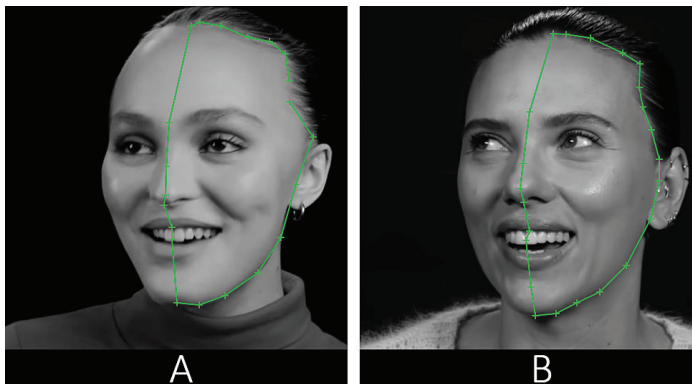


Рис. 3. Снимок экрана с изображением лиц натурщиц из интерфейса XSeg, с поворотом головы и соответствующим выделенным фрагментом половины лица: А — натурщица из целевого видео; В — натурщица из исходного видео

Предварительно обученной встроенной модели XSeg не существует. Необходимо создать свою собственную модель или воспользоваться теми, которые уже были «натренированы» другими пользователями и находятся в свободном доступе.

Спадающие на лицо волосы, руки у лица или другие различные предметы, являются помехами для тренировки накладываемой маски. В зависимости от того, насколько целевое и исходное видео перегружены, зависит количество отметок ключевых точек. Опытным путем мы выяснили, что при первом обучении модели целесообразно сделать минимум 20—30 маркировок вручную, иначе натренированная модель (маска) может содержать в себе различные артефакты и ненужные детали, либо может выглядеть неестественно.

XSeg работает со всеми типами изображений лиц, такими как FF, WF и HEAD, что представляет возможность полного контроля замены частей лица.

Шаги, необходимые для предварительного обучения: **5.XSeg) data\_dst mask — edit** — команда, вызывающая интерфейс XSeg для пометки конечных границ;





**5.XSeg) data\_dst mask – fetch** – копирует грани, содержащие полигоны XSeg, в папку «align\_xseg». Может использоваться для сбора помеченных лиц, и их повторного участия в будущих тренингах по модели XSeg.

**5.XSeg) data\_dst mask – remove** – удаляет помеченные полигоны XSeg из извлеченных кадров, если нужно полностью переобучить модель.

Для data\_src требуется проделать аналогичны функции.

После завершения вышеописанных действий, запускается функция обучения модели – **5.XSeg) train** (рис. 4).

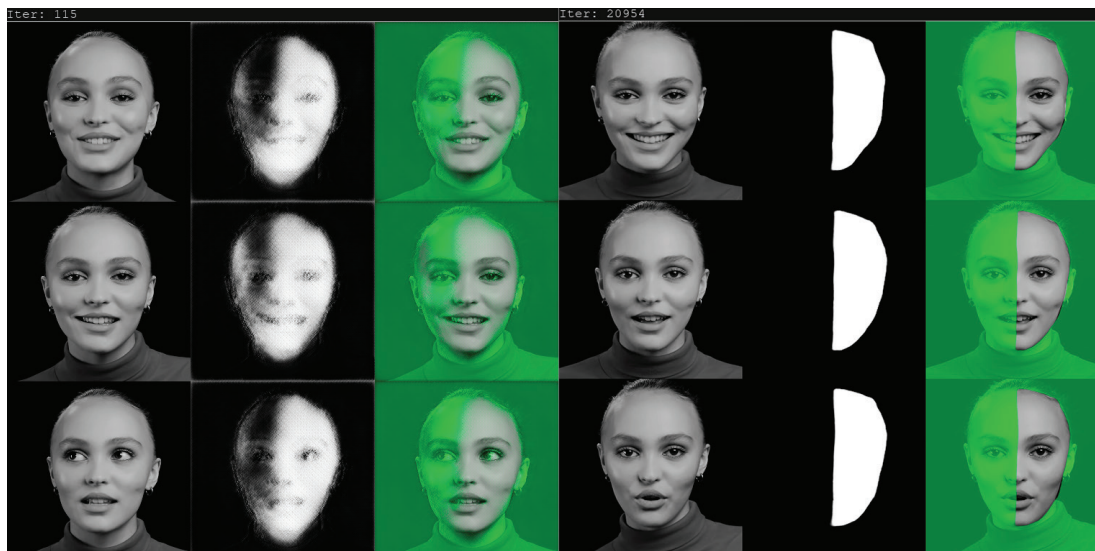


Рис. 4. Снимок экрана, демонстрирующий окно с процессом обучения XSeg и улучшение качества маски в зависимости от количества итераций: изображение слева – 115 итераций, изображение справа – 20954 итерации

Данный этап обучения проходит сравнительно быстро. Рекомендуется каждые 20 тыс. итераций сохранять прогресс и переключаться на функцию **5. XSeg) data\_dst mask – edit** для того, чтобы проконтролировать прогресс обучения. При несоответствии результатов требуется снова вручную отмечать новые полигоны на тех кадрах, которые по каким-либо причинам не устраивают. После редактирования полигонов функция тренировки запускается вновь, количество итераций не обнуляется, а остается с сохраненным прогрессом и продолжает обучение. Рекомендуемое итоговое количество итераций на данном этапе для корректной работы маски – 80–100 тыс.

После завершения тренировки XSeg маски должны быть интегрированы в процесс машинного обучения с помощью запуска команды **5. XSeg) data\_dst trained mask – apply** – это заменит маски, созданные по умолчанию при первом извлечении лиц, на маски, сгенерированные обученной моделью XSeg.

*Примечание:* существуют маски, которые генерируются при первичном извлечении, но они не так эффективны, как маски от XSeg, так как они не распознают артефакты или препятствия на лице модели, в отличие от тренированных масок XSeg. С их помощью можно определить, какая область лица является самим лицом, а что является фоном или дефектом. По этой причине рекомендуется применять XSeg для любых обучаемых моделей.



Применив и сохранив все настройки XSeg следует переход к основному этапу машинного обучения. В настоящее время доступны 2 модели:

1) **SAEHD** (требуется от 6Gb видеопамати): автокодер высокой четкости и качества для высокопроизводительных графических процессоров с не менее 6 Gb видеопамати. Полностью регулируемый;

2) **Quick96** (требуется от 2 до 4 Gb видеопамати): простой режим, предназначенный для графических процессоров низкого уровня с 2–4 Gb видеопамати. Содержит в себе следующие фиксированные параметры:

- разрешение изображений лица  $96 \times 96$  пикселей;
- профиль только анфас.

Quick96 рекомендуется только для видеокарт начального уровня и для новых пользователей, которые хотят протестировать набор данных и получить быстрый результат. В нашем исследовании мы поочередно применяли оба метода машинного обучения. Так, для создания модели химерического лица с использованием упрощенного метода Quick96 понадобилось 25 часов машинного обучения и свыше 1 млн итераций, чтобы получить приемлемый результат. Для того, чтобы получить более качественный результат, при помощи продвинутого способа обучения SAEHD, нам понадобилось свыше 45 часов непрерывного машинного обучения и 200 тыс. итераций. Невзирая на меньшее количество итераций, качество наложенной маски выглядит намного лучше – сравнительный результат представлен на рис. 5, где заметны более плавный переход граней наложенного лица, четкость и детальность морщин, зубов, волосков бровей, передается блеск в глазах из целевого видео.

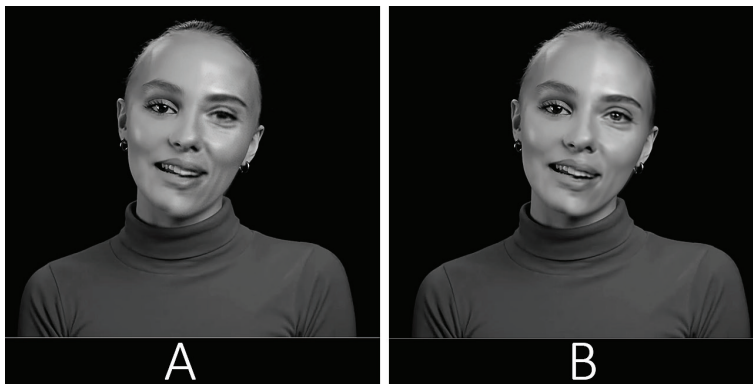


Рис. 5. Виртуальная модель натурщицы, правая сторона лица которой принадлежит другой девушке: А – обученная модель в упрощенном режиме Quick96, свыше 1 млн. итераций, 25 часов обучения; В – обученная модель в продвинутом режиме SAEHD, около 200 тыс. итераций, 45 часов обучения

Для обеих моделей обучения есть общее правило – чем больше количество итераций, тем качественнее итоговый результат.

После проверки всех настроек и выбора подходящей модели обучения, в соответствии с техническими возможностями и личными требованиями, запускается одна из моделей машинного обучения: **6) SAEHD** или **6) Quick96**.

Поскольку Quick96 не настраивается, всплывающее окно команд покажет только один вопрос: что использовать при обучении – ресурсы CPU (центральный процессор) или GPU (графический процессор)? Однако SAEHD предоставляет больше возможностей для гибких настроек.



Следующий этап заключается в редактировании обученной модели на видеовыходе, для этого запускается функция **7) merged Quick96** или **7) merged SAEHD** в зависимости от предыдущего выбора. После этого всплывает окно командной строки с текущими настройками, а также окно предварительного просмотра, в котором показаны все элементы управления, необходимые для работы интерактивного слияния.

Функции, которые могут быть применены в конвертере — смена натренированных масок, цвет накладываемого фрагмента, увеличение или уменьшение резкости, размытие граней наложенного лица, растушевка, размытие в движении, масштабирование изученного лица (больше/меньше), увеличение или уменьшение глубины цвета и т. д. Все настройки являются сугубо индивидуальными, так как каждая модель имеет свои уникальные характеристики — от цвета кожи до технического качества самого изображения.

После того, как произойдет объединение и конвертация всех лиц, будет создана папка под названием «merged», внутри нее находится подпапка «data\_dst», содержащая все кадры, а также подпапка «merged\_masked», которая содержит кадры наложенной маски.

Последний этап — преобразовать весь вышеописанный набор обратно в видео и объединить с исходной звуковой дорожкой из файла data\_dst.mp4.

Для этого потребуется запустить одним из предложенных файлов .bat, которые используют FFmpeg для объединения всех кадров в одно видео следующих форматов: avi, mp4, lossless mp4 или lossless mov:

- 8) merged to avi;
- 8) merged to mov lossless;
- 8) merged to mp4 lossless;
- 8) merged to mp4.

Мы советуем объединять видео в формат mp4, так как это самый оптимальный вариант по качеству видеопотока и скорости конвертации.

После выполнения всех пунктов должны появиться два файла: первый файл с именем result.xxx, (xxx — формат выбранного видео), который, собственно, и считается дипфейком; и второй файл — result\_mask.xxx. Второй файл можно импортировать в программу для видеомонтажа и использовать полученный результат в качестве маски для дальнейшего улучшения замененного лица, не затрагивая остальную часть видео.

Необходимо отметить, что, с точки зрения цели психологического исследования, дипфейк не обязательно должен обладать высокими качественными характеристиками. Стимульной моделью может стать любой промежуточный результат цифрового коллажирования и его последующая модификация.

## II. Оценки видеоизображений «невозможного лица»

В серии экспериментов авторы статьи изучали закономерности восприятия подвижного «невозможного лица» и их отличия от восприятия статичных стимульных моделей. С помощью цифрового коллажирования были сконструированы видео-модели химерического и тэтчерезированного лица, которые в определенном порядке демонстрировались студентам московских вузов [4; 5; 6; 7; 8].

Подвижное химерическое лицо создавалось на основе объединения видеороликов с участием двух актрис, дающих интервью перед камерами. Исходные изображения приводились к единому формату, а на левую половину молодой актрисы (20 лет) накладывалась соответствующая часть поверхности лица актрисы более старшего возраста (35 лет).



Верхняя половина лица объединенного видеоизображения не имела выраженной границы, нижняя — включала небольшое рассогласование поверхностей — излом, играющий роль дистрактора (рис. 6).

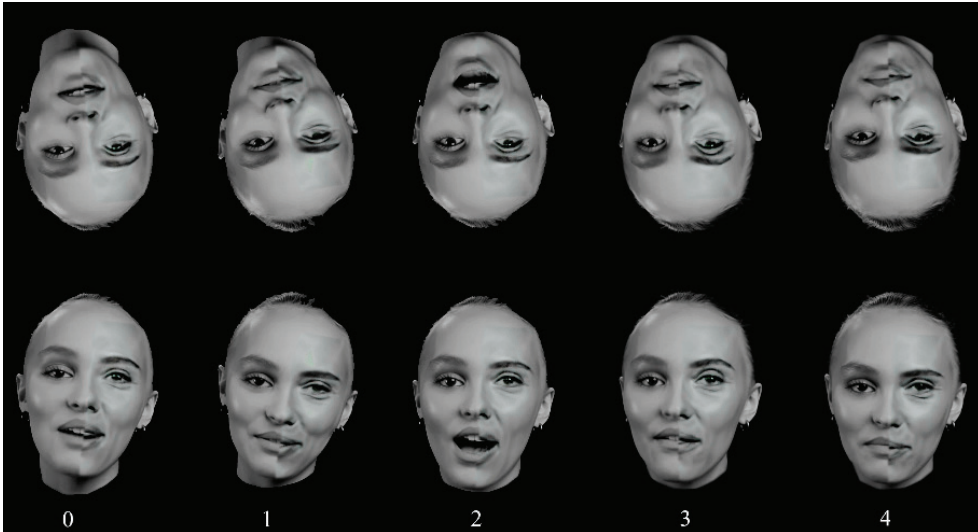


Рис. 6. Раскадровка фрагмента видеоизображения химерического лица; интервал между кадрами — 1 с: внизу — прямая экспозиция,верху — обратная

Подвижное тэтчерезированное лицо конструировалось путем переверота на видеоизображении глаз и рта молодой актрисы (рис. 7). Воспроизводилась иллюзия Маргарет Тэтчер, в соответствии с которой при прямой экспозиции коллажированное статичное лицо воспринимается неестественным, гротескным, переживающим отрицательные эмоции; при инверсии это же лицо выглядит приятным, испытывающим радость [16].

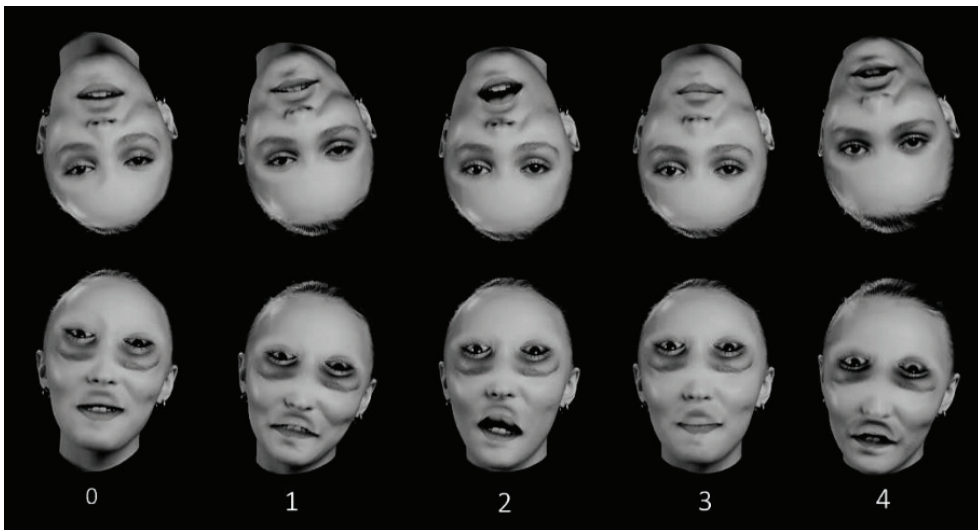


Рис. 7. Раскадровка фрагмента видеоизображения тэтчерезированного лица; интервал между кадрами — 1 с: внизу — прямая экспозиция,верху — обратная



Оценивались воспринимаемые качества стимульных моделей, состояние и характеристика личности виртуальных натурщиков. В ходе экспериментов варьировались статика и динамика, прямая и инвертированная экспозиция стимульных моделей, наличие и отсутствие дистракторов. Длительность каждого предъявления — 15 с. В зависимости от сочетания варьируемых переменных, отдельные экспозиции объединялись в пять относительно самостоятельных эпизодов, которые подвергались перекрестному анализу.

Выполненные исследования позволяют охарактеризовать ряд закономерностей восприятия видеоизображений «невозможного лица» в реальном процессе коммуникации. Согласно полученным данным, феномены восприятия «невозможного лица», зарегистрированные ранее в условиях статики (целостность противоречивых частей, эффекты дистракции и инверсии), при экспозиции динамических моделей сохраняются и приобретают новое содержание. Прямориентированные видеоизображения коллажированного лица по сравнению с фотоизображениями представляются более гармоничными и привлекательными. Инверсионный эффект — снижение чувствительности к деформациям лица — при его перевороте на 180° в динамике выражен сильнее. С введением мультимодальной экспозиции (интонаций звучащей речи) доля положительных оценок возрастает. Динамический дистрактор по-разному включается в процесс формирования образа натурщика, оказывая на него различное влияние. Двойственность восприятия искусственного персонажа снимается иерархизацией отношений сторон либо центра и периферии лицевой поверхности. В первом случае доминантной является правая сторона, во втором — треугольник «глаза—рот». В отличие от коллажированных изображений оригинальные лица в статике и движении независимо от эгоцентрической ориентации оцениваются позитивно на уровне высоких значений. Целостность восприятия раздвоенного лица на видеоизображении подтверждается убежденностью наблюдателей в реальном существовании экспонируемого человека, который адекватно ведет себя в понятной ситуации: привычно двигается, выражает эмоции, что-то рассказывает, учитывает присутствие наблюдателя, бросая на него взгляд и т. п. При всех тестируемых условиях пол виртуального натурщика определяется адекватно, воспринимаемый возраст переоценивается. Оценки эмоций виртуального натурщика по его видеоизображениям дифференцируются на основные (устойчивые) и дополнительные (меняющиеся) состояния, соотношение которых зависит от содержания конкретного эпизода.

## Заключение

Резюмируя сказанное, отметим, что Deepfake как технология синтеза изображений существенно расширяет возможности психологического исследования межличностного восприятия. Обнаруживается эффективный метод конструирования высококачественных видеоизображений динамических объектов и систем, включая «живое» лицо и реальные ситуации, в которых оказывается человек. Использование цифровых технологий упрощает создание стимульных моделей «невозможного лица», необходимых для углубленного изучения репрезентаций внутреннего мира человека, и формирует потребность в новых экспериментально-психологических процедурах, отвечающих более высокому уровню экологической и социальной валидности. Описанная методика позволяет учитывать множественность отношений, складывающихся в процессе идентификации личности, и может быть отнесена к системным инструментам изучения и практического использования закономерностей порождения и функционирования образа антропоморфного объекта, лицевая поверхность которого способна принимать разнообразный вид и по-разному включаться в процесс коммуникации.





Благодаря технологическому прогрессу и достижениям в области программирования и машинного обучения, процесс создания дипфейков с использованием полной либо частичной замены лица постоянно совершенствуется, становится проще и доступнее. Высокое качество и скрытость следов манипулирования изображением поднимают проблему его подлинности [10]. Замена лиц участников событий, отображенных на фото и видео, все чаще оказывается для пользователя не только инструментом профессиональной деятельности или развлечением, но и намеренной дискредитацией, а когда-то и шантажом известных политиков, звезд шоу-бизнеса и др. Можно полагать, что верификация содержания цифровых фото и видео как настоящей реальности имеет, наряду с техническими и программными, психологические критерии. Важной становится тема отношения воспринимающего человека к дипфейку, доверия либо недоверия альтернативной реальности.

### **Литература**

1. Барабанчиков В.А. Экспрессии лица и их восприятие. М.: ИП РАН, 2012. 341 с.
2. Барабанчиков В.А. (отв. ред.) Когнитивные механизмы невербальной коммуникации. М.: Когито-Центр, 2017. 359 с.
3. Барабанчиков В.А., Королькова О.А. Восприятие экспрессий «живого» лица // Экспериментальная психология. 2020. Том 13. № 3. С. 55–73. DOI:10.17759/exppsy.2020130305
4. Барабанчиков В.А., Маринова М.М. Воспринимаемые качества и оценка экспрессий подвижного химерического лица. Лицо человека в контекстах природы, технологий и культуры / Отв. ред. К.И. Ананьева, В.А. Барабанчиков, А.А. Демидов. М.: Московский институт психоанализа; Когито-Центр, 2020. 430 с. (В печати).
5. Барабанчиков В.А., Маринова М.М. Восприятие видеоизображений химерического лица // Познание и переживание. 2020. Том 1. № 1. С. 112–134. doi:10.51217/cogexp\_2020\_01\_01\_07
6. Барабанчиков В.А., Маринова М.М., Абрамов А.Д. Виртуальная личность подвижного тэтчеризированного лица // Психологическая наука и образование. 2021. Том 26. № 1. С. 5–18. DOI:10.17759/pse.2021000001
7. Барабанчиков В.А., Маринова М.М., Абрамов А.Д. Виртуальная личность тэтчеризированного лица в статике и динамике // Экспериментальная психология в социальных практиках / Отв. ред. В.А. Барабанчиков, В.В. Селиванов. М.: Универсум, 2020. С. 7–16.
8. Барабанчиков В. А., Маринова М. М., Абрамов А. Д. Иллюзия Маргарет Тэтчер на подвижном лице // Сборник материалов ежегодной конференции по когнитивной науке, посвященной памяти Дж.С. Брунера «Психология познания: низкоуровневые и высокоуровневые процессы» (г. Ярославль, 18–19 декабря 2020 г.). Ярославль: Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова, 2021. (В печати).
9. Anna. DeepFaceLab: инструмент для генерации дипфейков [Электронный ресурс] // Neurohive. URL: <https://neurohive.io/ru/frameworki/deepfacelab-instrument-dlya-generacii-dipejkov/> (дата обращения: 30.11.2020).
10. Chawla R. Deepfakes: How a pervert shook the world // International Journal of Advance Research and Development. 2019. Vol. 4. № 6, P. 4–8.
11. Demuthova S., Démuth A. Handedness and the Preference of the Visual Field in Face Perception. // European Scientific Journal. 2018. DOI:10.19044/esj.2018.c3p8.
12. Dole M., Méary D., Pascalis O. Modifications of Visual Field Asymmetries for Face Categorization in Early Deaf Adults: A Study With Chimeric Faces // Front. Psychol. 2017. Vol. 8. P. 30. DOI:10.3389/fpsyg.2017.00030
13. Maras M., Alexandrou A. Determining Authenticity of Video Evidence in the Age of Artificial Intelligence and in the Wake of Deepfake Videos. // International Journal of Evidence and Proof. 2018. Vol. 23. P. 255–262. DOI:10.1177/1365712718807226.
14. Perov I., Gao D., Chervoniy N., Liu K., Marangonda S., Ume C., Mr. Dpfks., Facenheim C. F., RPL., Jiang J., Zhang S., Wu P., Bo zhou, Zhang W. DeepFaceLab: A simple, flexible and extensible face swapping framework



[Электронный ресурс]. 2020. // ArXiv. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.05535.pdf> (дата обращения: 13.10.2020).

15. *Stephanie S. A. H. Blom, Henk Aarts & Gün R. Semin*. Lateralization of facial emotion processing and facial mimicry. // *Laterality*. 2020. Vol. 25 № 3. P. 259–274. <http://doi.org/10.1080/1357650X.2019.1657127>

16. *Thompson P.* Margaret Thatcher: A new illusion // *Perception*. 1980. Vol. 9. P. 483–484. <https://doi.org/10.1068/p090483>

17. *Weibert K., Müller V., Sängler J.* Familiarity abolishes right-hemispheric bias in face perception // *Journal of Vision*. 2017. Vol. 17. DOI: 10.1167/17.10.998

18. *Westerlund M.* The Emergence of Deepfake Technology: A Review // *Technology Innovation Management Review*. 2019. Vol. 9, № 11, P. 39–52. <http://doi.org/10.22215/timreview/12>

19. *Williams L.R., Grealy M.A., Kelly S.W., Henderson I., Butler S.H.* Perceptual bias, more than age, impacts on eye movements during face processing // *Acta Psychologica*. 2016. Vol. 164. P. 127–135. DOI:10.1016/j.actpsy.2015.12.012

## References

1. Barabanshchikov V.A. *Ekspressii litsa i ikh vospriyatie* [Facial expressions and their perception]. Moscow: IP RAN Publ., 2012. (In Russ.).

2. Barabanshchikov V.A. (otv. red.) *Kognitivnye mekhanizmy neverbal'noi kommunikatsii*. M.: Kogito-Tsentr, 2017. (In Russ.).

3. Barabanshchikov V.A., Korol'kova O.A. *Vospriyatie ekspressii «zhivogo» litsa* [Perception of “live” facial expressions]. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology*, 2020, Vol. 8, no. 3. pp. 55–73. DOI:10.17759/exppsy.2020130305 (In Russ.).

4. Barabanshchikov V. A., Marinova M. M. *Vosprinimaemye kachestva i otsenka ekspressii podvizhnogo khimericheskogo litsa* [Perceived qualities and evaluation of expressions of the mobile chimeric face]. *Litso cheloveka v kontekstakh prirody, tekhnologii i kul'tury* [The Face of Man in Contexts of Nature, Technology, and Culture] K.I. Anan'eva, V.A. Barabanshchikov, A. A. Demidov (eds.). Moscow: Moskovskii institut psikhoanaliza, Kogito-Tsentr, 2020. (In Press). (In Russ.).

5. Barabanshchikov V.A., Marinova M.M. *Vospriyatie videoizobrazhenii khimericheskogo litsa* [Perception of video images of a chimerical face]. *Poznanie i perezhivanie = Cognition and Experience*, 2020, Vol. 1, no. 1, pp. 112–134. doi:10.51217/cogexp\_2020\_01\_01\_07 (In Russ.).

6. Barabanshchikov V.A., Marinova M.M., Abramov A.D. The Virtual Personality of the Moving Thatcherized Person. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*. Vol. 23, no. 1, pp. 5–18. DOI:10.17759/pse.2021000001 (In Russ.).

7. Barabanshchikov V.A., Marinova M.M., Abramov A.D. *Virtual'naya lichnost' tetcherizirovannogo litsa v statike i dinamike* [Virtual Personality of the Thatcherized Person in Statics and Dynamics] // *Eksperimental'naya psikhologiya v sotsial'nykh praktikakh* [Experimental Psychology in Social Practices] V.A. Barabanshchikov, V.V. Selivanov (eds). Moscow: Universum, 2020. pp. 7–16. (In Russ.).

8. Barabanshchikov V.A., Marinova M.M., Abramov A.D. *Illyuziya Margaret Tetcher na podvizhnom litse* [The illusion of Margaret Thatcher on a moving face]. *Sbornik materialov ezhegodnoi konferentsii po kognitivnoi nauke, posvyashchennoi pamyati Dzh. S. Brunera*, «Psikhologiya poznaniya: nizkourovnevye i vysokourovnevye protsessy» (g. Yaroslavl', 18–19 dekabrya 2020 g.) [Proceedings of the annual conference on cognitive science in memory of J. S. Bruner “Psychology of cognition: low-level and high-level processes”]. Yaroslavl: Yaroslavl State University. P.G. Demidov, 2021. (In press).

9. Anna. *DeepFaceLab: instrument dlya generatsii dipfeikov* [Electronic resource] [DeepFaceLab: deepfake generation tool]. Neurohive. URL: <https://neurohive.io/ru/frameworki/deepfacelab-instrument-dlya-generatsii-dipfejkov/> (Accessed: 30.11.2020) (In Russ.).

10. Chawla R. Deepfakes: How a pervert shook the world. *International Journal of Advance Research and Development*, 2019. Vol. 4, no. 6, pp. 4–8.

11. Demuthova S., Démuth A. Handedness and the Preference of the Visual Field in Face Perception // *European Scientific Journal*. 2018. <http://doi.org/10.19044/esj.2018.c3p8>

12. Dole M., Méary D., Pascalis O. Modifications of Visual Field Asymmetries for Face Categorization in Early Deaf Adults: A Study With Chimeric Faces. *Front. Psychol*. 2017. Vol. 8, P. 30. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00030>



13. Maras M., Alexandrou A. Determining Authenticity of Video Evidence in the Age of Artificial Intelligence and in the Wake of Deepfake Videos. *International Journal of Evidence and Proof*. 2018, Vol. 23, pp. 255–262. DOI:10.1177/1365712718807226
14. Perov I., Gao D., Chervoniy N., Liu K., Marangonda S., Ume C., Mr. Dpfks., Facenheim C. F., RP L., Jiang J., Zhang S., Wu P., Bo zhou, Zhang W. DeepFaceLab: A simple, flexible and extensible face swapping framework [Electronic resource]. 2020. ArXiv: Computer Vision and Pattern Recognition. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.05535.pdf> (Accessed: 13.10.2020).
15. Stephanie S.A.H. Blom, Henk Aarts & Gün R. Semin. Lateralization of facial emotion processing and facial mimicry. *Laterality*, 2020. Vol. 25, no. 3, pp. 259–274. DOI:10.1080/1357650X.2019.1657127
16. Thompson P. Margaret Thatcher: A new illusion. *Perception*, 1980. V. 9, P. 483–484. DOI:10.1068/p090483
17. Weibert K., Müller V., Sängler J. Familiarity abolishes right-hemispheric bias in face perception. *Journal of Vision*, 2017. vol. 17. DOI: 10.1167/17.10.998.
18. Westerlund M. The Emergence of Deepfake Technology: A Review // *Technology Innovation Management Review*. 2019. Vol. 9, no. 11, pp. 39–52. <http://doi.org/10.22215/timreview/12>
19. Williams L.R., Grealy M.A., Kelly S.W., Henderson I., Butler S.H. Perceptual bias, more than age, impacts on eye movements during face processing. *Acta Psychologica*, 2016. Vol. 164, pp. 127–135. DOI:10.1016/j.actpsy.2015.12.012

### **Информация об авторах**

*Барабаншиков Владимир Александрович*, доктор психологических наук, профессор, член-корреспондент РАО, директор Института экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); декан факультета психологии, Московский институт психоанализа (НОЧУ ВО МИП), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-0513>, e-mail: [vladimir.barabanschikov@gmail.com](mailto:vladimir.barabanschikov@gmail.com)

*Маринова Мария Михайловна*, помощник директора Института экспериментальной психологии, специалист по УМР, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); аспирант, Московский институт психоанализа (НОЧУ ВО МИП), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8862-4007>, e-mail: [marinovamm@yandex.ru](mailto:marinovamm@yandex.ru)

### **Information about the authors**

*Vladimir A. Barabanschikov*, Dr. Sci. in Psychology, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Director, Institute of Experimental Psychology, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-0513>, e-mail: [vladimir.barabanschikov@gmail.com](mailto:vladimir.barabanschikov@gmail.com)

*Maria M. Marinova*, Assistant Director of the Institute of Experimental Psychology, Academic Services Specialist, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8862-4007>, e-mail: [marinovamm@yandex.ru](mailto:marinovamm@yandex.ru)

Получена 01.11.2020

Received 01.11.2020

Принята в печать 21.12.2020

Accepted 21.12.2020





# ПСИХИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ЛИЧНОСТИ В ДИДАКТИЧЕСКОЙ VR-СРЕДЕ

**СЕЛИВАНОВ В.В.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vsvel@list.ru](mailto:vsvel@list.ru)*

Работа направлена на рассмотрение влияния современных дидактических программ в виртуальной реальности (VR) на психические состояния в юношеском возрасте. Представлены материалы эмпирических исследований, полученные на выборке студентов 3–4-х курсов московского и смоленского вузов. В исследовании 1 (N=50) приняли участие респонденты в возрасте от 19 до 26 лет. Использовались методики АС Л.В. Куликова, в качестве независимых переменных — дидактические VR-программы. Полученные результаты свидетельствуют, что дидактическая VR-среда высшего уровня существенно сказывается на психических состояниях, увеличивая показатели по шкалам активации, возбуждения, тонуса, эйфории, снижая показатели астении. Такие состояния, как самочувствие, обычное настроение, спокойствие, остаются устойчивыми в иммерсивной дидактической VR. Эффективность VR-программ при влиянии на психические состояния определяется успешным моделированием 3D-объектов, высокой анимацией, интерактивностью, изначально заложенными в содержание VR высшего уровня. Принципиально значимыми выступают данные об увеличении переживания степени присутствия в VR при использовании новых шлемов даже в непродолжительных VR-программах. Это свидетельствует о возможности формирования аддикций к VR при многократном, краткосрочном их использовании.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, обучающие программы в VR, анимация, психические состояния, интерактивность.

---

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания Министерства просвещения РФ № 730000Ф.99.1.БВ09АА00006 «Влияние технологий виртуальной реальности высшего уровня на психическое развитие в юношеском возрасте».

**Благодарности.** Автор благодарит за помощь в создании высокотехнологичных продуктов VR программистов В.П. Титова, Е.М. Агафонова.

**Для цитаты:** Селиванов В.В. Психические состояния личности в дидактической VR-среде // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 20—28. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000002>

# MENTAL STATES OF A PERSON IN A DIDACTIC VR ENVIRONMENT

**VLADIMIR V. SELIVANOV**

*Moscow State Psychological and Pedagogical University, Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vsvel@list.ru](mailto:vsvel@list.ru)*



The work is aimed at examining the influence of modern didactic programs in virtual reality (VR) on mental states in adolescence. The materials of empirical research obtained on a sample of 3–4 year students from Moscow and Smolensk universities are presented. Study 1 (N = 50) involved respondents aged 19 to 26 years. We used the methodology of AS Kulikov L.V., didactic VR programs were used as instructive independent variables. The results obtained indicate that the didactic VR environment of the highest level has a significant effect on mental states, increasing indicators on the scales of activation, excitement, tone, euphoria, and reducing asthenia. Conditions such as well-being, normal mood, calmness remain stable in immersive didactic VR. The effectiveness of VR programs in influencing mental states is determined by the successful modeling of 3D objects, high animation, interactivity, originally incorporated into the content of VR of the highest level. The data on an increase in the experience of the degree of presence in VR when using new helmets, even in short VR programs, are of fundamental importance. This indicates the possibility of the formation of addictions to VR with their repeated, short-term use.

**Keywords:** virtual reality, training programs in VR, animation, mental states, interactivity.

**Financing.** The work was performed within the framework of the state assignment of the Ministry of Education of the Russian Federation No. 730000F.99.1.BV09AA00006 “The influence of high-level virtual reality technologies on mental development in adolescence”.

**Acknowledgements.** The author is grateful for help in the creation of high-tech products of VR programmers V.P. Titov, E.M. Agafonov.

**For citation:** Selivanov V.V. Mental States of a Personality in a Didactic VR Environment. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 20–28. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021000002> (In Russ.).

## Введение

В данной статье рассматриваются изменения психических состояний личности при работе с краткосрочной виртуальной реальностью. Это часть комплексных исследований по изменению личности (и психического в целом) в дидактических и тренинговых VR-программах. Ранее нами получены данные о том, что личностные черты (прежде всего показатели базовых шкал ММПИ) не изменяются во время непродолжительной работы в VR. Наиболее подверженными изменению в VR оказываются познавательные процессы (мышление, память, восприятие), познавательные способности, когнитивные стили [2]. В данной статье такой проверке подверглись психические состояния, которые, как известно, находятся по критерию подвижности, изменчивости между познавательными процессами (более подвижные) и чертами, свойствами (менее изменчивые). Психические состояния имеют системную структуру, в которой выделяются физиологический, психофизиологический, психологический и социально-психологический уровни (В.А. Ганзен), они выполняют много функций — от сопроводительной, фоновой до антиципирующей, регуляторной [4]. Эти положения предопределяют значимость психических состояний в учебно-воспитательном процессе [4].

Под VR в нашем исследовании понималось высшее техническое развитие программирования и психологии, воплощенное в мнимой, искусственной среде, создаваемой на основе имитационно-симуляционных технологий путем их воздействия на органы чувств в зависимости от того, кто их воспринимает. Основное содержание такой VR сводится к четырем компонентам: 1) насыщение информационной среды трехмерными изображениями объектов; 2) анимация (предметы в VR могут совершать действия, субъект симулирует действия предметов и свои действия); 3) интерактивность (субъект в информационной среде осуществляет



действия, которые изменяют эту среду (в режиме реального времени изменение наклона головы, меняет виртуальную сцену; в современных шлемах *vive* отслеживается и ходьба пользователя, которая меняет виртуальную ситуацию); 4) создание средствами программирования эффекта присутствия (*presence*) (ощущение человеком иллюзии содействия в искусственно созданной информационной реальности с предметами и/или субъектами).

Технологии ВР высшего уровня относятся к критическим с позиции экономического развития нашей страны и других государств, Использование технологий виртуальной реальности оказывается эффективным для разрешения актуальных задач психологических, педагогических, социальных исследований [18].

В отечественной психологии технологии ВР активно используются: при научном изучении влияния виртуальных образов и симулированных действий на мышление, память, обучение, психические состояния человека [5; 6]; при исследовании зрительных иллюзий [3; 11]; параметров вестибулярного аппарата [12]; при исследовании эффекта присутствия [1]; ВР (комната виртуальной реальности) выступает в качестве ценного инструмента для социальных исследований, включая изучение этнических отношений [13]. Исследования проводятся на факультете психологии МГУ, в том числе с использованием комнаты виртуальной реальности (CAVE). Сфера образования так же становится все больше восприимчивой к технологиям ВР разного уровня [8].

Сегодня можно говорить о быстрых темпах развития новой компьютерной онтологии [6; 9; 14], в основе которой лежит виртуальная реальность. Создается новая информационная феноменология, где факты переживаются как непосредственная и реалистичная данность. В настоящее время существует ВР-эпистемология, ВР-гносеология. Важной проблемой для современного общества является определение характера позитивного, экологического взаимодействия личности с ВР-онтологией, особенно с дидактическими и тренинговыми ВР-программами в высшем образовании.

Ранее нами получены данные о позитивном влиянии ВР-обучающих и ВР-тренинговых программ на личность и познавательные процессы, но эти эксперименты осуществлены в основном с использованием 3D мониторов и шлема *E-magin Z 800 3D Visor*, исследования по изменению психических состояний были недостаточными. Принципиально новые возможности для визуализации и интерактивности обеспечивают более современные шлемы ВР *vive* и *Oculus* (высокое разрешение изображения, отслеживание не только поворота головы, но и движений человека и др.). В статье представлены эти новые данные о влиянии работы в краткосрочных дидактических ВР-программах на основные компоненты психических состояний при работе со шлемами *vive*.

Общей целью нашего исследования является раскрытие и описание основных изменений психических состояний личности в краткосрочных образовательных ВР-программах.

### Процедура исследования

Схема проведения эксперимента. В основной группе у испытуемых измерялись 8 параметров психических состояний (активация, возбуждение, самочувствие, тонус, спокойствие, обычное настроение, астеническое состояние, эйфория) по методике АС Л.В. Куликова Каждый испытуемый тестировался и по авторской методике (валидизированной) ТИСВ на степень выраженности эффекта присутствия. После этого через 5 мин отдыха испытуемые работали в дидактических программах (часть — по геометрии, часть — по географии «Подводный мир Национального парка») со шлемом *vive*. Проводились еще две



диагностики по методике АС: сразу после работы в программе, а также после работы после 15 минут отдыха — и две диагностики в то же время на эффект присутствия.

VR-оборудование: VR-программа по геометрии «Теорема о трех перпендикулярах»; по географии «сгенерирована в мультиплатформенном приложении для создания 3D-изображений Unity; высокая анимация, интерактивность; средняя продолжительность погружения 15–23 мин. Предъявление VR-программ осуществлялось через шлемы vive. В vive используется Full HD экран OLED, разрешение общее: 2880 × 1600 на каждый глаз: 1440 × 1600; частота обновления 90 Гц; угол обзора 110°. Изображение четкое и контрастное, проекция изображения осуществляется на все поле зрения. Низкое время отклика (2 мс) и высокая частота обновления матрицы позволили существенно сократить размытость и дрожание изображения при резких движениях. Этот шлем способен отслеживать не только ориентацию в пространстве, но также наклоны в стороны, вперед—назад, вверх—вниз, передвижение человека. Изображение проецируется на все поле зрения. Эффект присутствия в виртуальной реальности в шлеме vive больше, чем в шлеме eMagin Z800. Шлем располагается между станциями, которые синхронизируют свое и его инфракрасное излучение; за счет этого осуществляются регистрация и учет передвижения субъекта в виртуальной среде. Шлем работает при сопровождении ресурса Steam в Интернете. Быстрое передвижение в VR-ситуации реализуется с помощью двух контроллеров (флайстиков): пользователь направляет из флайстика луч в зону виртуальной сцены, субъект оказывается в этой точке.

В качестве зависимой переменной в эксперименте выступили 8 проявлений психических состояний. Инструктивными независимыми переменными являлись параметры работы испытуемых с дидактическими VR-программами.

### Испытуемые

**Выборка** — молодые люди, 28 — девушки, 22 — юноши; возраст 19–25 лет, в основном студенты гуманитарных направлений подготовки; испытуемые уравниены по успеваемости, ранее не работали со шлемами VR.

### Результаты

В качестве примера приведем изменения по возбуждению на гистограмме до и после работы с кратковременной VR-программой (рис. 1).

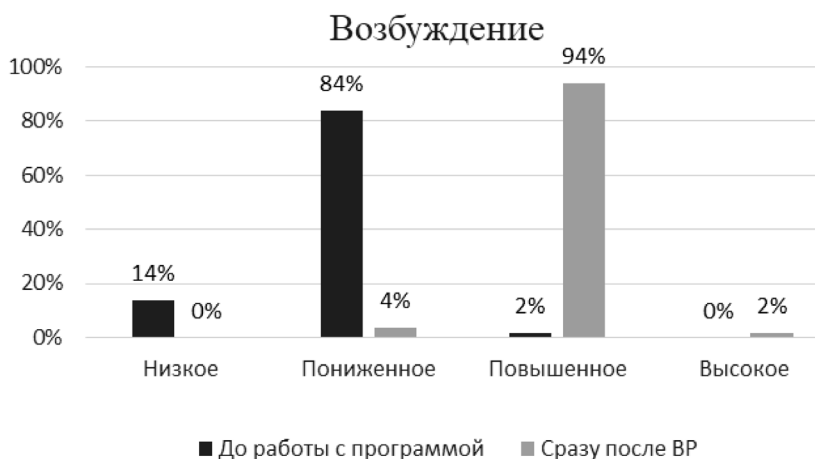


Рис. 1. Гистограмма выраженности возбуждения до и после работы с VR



На гистограмме наглядно представлено резкое увеличение повышенного уровня возбуждения (на 92%), высокий уровень увеличивается на 2%, низкий снижается на 14%.

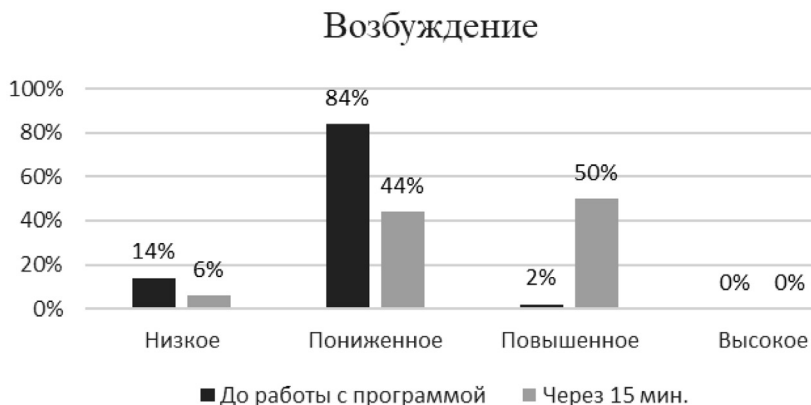


Рис. 2. Гистограмма выраженности возбуждения до работы с VR и после 15 минут отдыха

В этом случае, через 15 минут отдыха происходит существенное снижение возбуждения, повышенного в 1,8 раза, пониженное увеличивается в 11 раз по отношению к состоянию сразу после работы в шлеме VR, достигает половины того, что было до работы с программой (рис. 2).

По критерию Вилкоксона установлены достоверные различия в изменении активации, возбуждения (рис. 3).  $P\text{-value} = 0,000000 < p < 0,05$ , следовательно, результаты по изменению возбуждения достоверны не менее 95%, по критерию Вилкоксона.

Pair of Variables	Valid N	T	Z	p-value
Var1 & Var2	50	10,00000	6,057432	0,000000

Рис. 3. Достоверность различий по возбуждению до работы с программой и сразу после работы с vive

Произошли существенные изменения (увеличение показателей) по следующим шкалам: активация, тонус, самочувствие, эйфория. Они были менее значительными, чем по возбуждению. Например, сразу после работы со шлемом повышенный уровень активации увеличился на 8%, а высокий уровень на 58% (в 10 раз). Не изменились такие параметры, как самочувствие, обычное настроение и, как ни странно, спокойствие. Астеническое состояние значимо уменьшилось.

**Контрольная выборка:** молодые люди, 15 – девушки, 8 – юноши; возраст 18–21 год, студенты Смоленского государственного университета гуманитарных направлений подготовки; испытуемые уравниены по успеваемости. В контрольном эксперименте группа работала с VR-программой «Теорема о трех перпендикулярах» на обычных мониторах.



Достоверные различия в изменении установлены в тех же компонентах психических состояний, что и в экспериментальной группе, — активации, тонусе, самочувствии, эйфории (по критерию Вилкоксона:  $P\text{-value} = 0,000000 < p < 0,05$ ). Однако показатели данных шкал претерпели меньшее изменение в пределах 15–20%.

Контрольной выборкой для нашего исследования условно могут быть экспериментальные группы в исследованиях П.В. Сорочинского (выполненных под нашим руководством), где старшеклассники общеобразовательных школ (15–17 лет) работали с иммерсивными VR-программами по биологии «Синтез белка» и др. на обычных мониторах. Работа с виртуальной обучающей программой значительно повышает уровень эйфорического состояния, тонуса, активации, самочувствия и возбуждения по сравнению с обычным уроком. Однако повышение этих показателей существенно ниже, чем при работе в шлемах *vive* (от 5 до 20,37%).

На наш взгляд, принципиально значимые результаты получены по изменению степени эффекта присутствия при работе со шлемами *vive*. Сразу после работы в VR высшего порядка высокая степень присутствия увеличивается с 16 до 80%. По истечении 15-минутного расслабления она остается также на высоком уровне — 72%. Эффект присутствия можно рассматривать либо в качестве отдельного психического состояния (как соучастие в виртуальных событиях, переживание их как в той или иной мере реальных), либо в качестве компонента психического состояния. До и после работы с VR и через 15 минут отдыха  $p\text{-value} = 0,000026 < p < 0,05$ , следовательно, результаты по степени присутствия в VR достоверны не менее 95%, по критерию Вилкоксона.

Все участники исследований дали свое согласие на включение их в эксперимент до того, как они участвовали в исследовании. Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией 1975 года, пересмотренной в 2013 году. Все участники были старше 18 лет и дали письменное согласие на участие в экспериментах с VR-гарнитурами. Содержание всех программных продуктов, используемых в экспериментах, гарнитура VR экологичны, обладают потенциалом психического развития.

### Обсуждение результатов

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют том, что при работе в дидактической VR высшего уровня психические состояния изменяются в гораздо большей степени, чем личностные черты, которые в целом являются устойчивыми. Данные существенные изменения, происходящие за короткий промежуток времени, свидетельствуют, что современная VR несет в себе функции онтологии, бытия. Теоретически и экспериментально обоснованный тезис — бытие определяет сознание — в этом случае находит собственное подтверждение. Это определяется тем, что погружаясь в VR, человек существенно изменяет свои психические состояния, т. е. данные изменения — показатель новых онтологических характеристик (нового бытия), именно онтологические («бытийственные») свойства могут привести к таким изменениям. VR оказывает влияние на психические состояния субъекта дифференцированно — в зависимости от физических показателей предъявляемых объектов, от реализации анимационных, интерактивных ресурсов, от степени иммерсивности. Очевидно, промежуточное положение психических состояний между личностью и познавательными процессами (более устойчивы, чем процессы, более подвижны, чем свойства) предопределяет возможность через изменение состояний изменять личность и процессы.

Если раньше считалось, что VR не обеспечивает уровень эффекта присутствия (только его наличие—отсутствие), то сейчас приведенные результаты экспериментов говорят



в пользу возможности регулирования уровня и степени присутствия в VR, погружения в информационную среду, особенно при использовании современных шлемов. Такого рода данные должны учитываться при решении вопросов закупки шлемов VR в учреждения различных социальных систем, характера использования в данных системах технологий VR.

Эффективность VR-программ при влиянии на психические состояния определяется успешным моделированием 3D-объектов, высокой анимацией, интерактивностью, изначально заложенными в содержание VR высшего уровня. Эти характеристики позволяют использовать гарнитуру VR в самых разных социальных практиках.

### Выводы

Необходимо сформулировать следующие предварительные выводы о влиянии дидактических программ в VR при использовании шлемов типа *vr* на психические состояния субъекта.

1. Среди компонентов психических состояний существуют те, которые подвержены изменениям при работе в кратковременных, дидактических VR-программах с использованием современных шлемов, т.е. которые остаются относительно стабильными.

2. Такие состояния, как самочувствие, обычное настроение, спокойствие, остаются устойчивыми в иммерсивной дидактической VR.

3. Даже непродолжительная работа субъекта в дидактических программах в VR с использованием современных шлемов обеспечивает существенные изменения (увеличение) по таким показателям, как активация, тонус, самочувствие, эйфория.

4. Дидактическая VR-среда высшего уровня существенно сказывается на переживании личности эффекта присутствия, увеличивая его степень даже при непродолжительном воздействии.

5. Осуществляется перенос психических состояний личностью в VR-среду, происходит трансляция «виртуальных» переживаний, установок в реальные отношения личности.

6. Необходима подготовка человека к взаимодействию с комплексными, иммерсивными VR-программами виртуального обучения (в современном контенте VR-образования, где рука является VR-контроллером).

### Литература

1. Величковский Б.Б., Гусев А.Н., Виноградова В.Ф., Арбекова О.А. Когнитивный контроль и чувство присутствия в виртуальных средах // Экспериментальная психология, 2016. Том 9. № 1. С. 5–20. DOI:10.17759 / exrpsy.2016090102
2. Взаимодействие личности и виртуальной реальности: психическое развитие и личностная детерминация: монография / Под ред. В.А. Барабанщикова, В.В. Селиванова. М.: Универсум, 2019. 479 с.
3. Меньшикова Г.Я. Зрительные иллюзии: психологические механизмы и модели: дисс. ... д-ра психол. наук: 19.00.02. М., 2014. 01 с.: 74 ил.
4. Психические состояния: учеб. пособие / Ред. А.О. Прохоров. М.: Когито-Центр, 2011. 623 с.
5. Селиванов В.В., Селиванова Л.Н. Эффективность использования виртуальной реальности в обучении в юношеском и взрослом возрастах // Непрерывное образование: XXI век (эл. журнал). 2015. № 1 (9) DOI:10.15393/j5.art.2015.2729
6. Селиванов В.В., Селиванова Л.Н. Влияние средств виртуальной реальности на формирование личности // Непрерывное образование: XXI век (эл. журнал). 2016. № 2 (14). DOI:10.15393/j5.art.2016.3128
7. Сорокова М.Г. Электронный курс как цифровой образовательный ресурс смешанного обучения в условиях высшего образования // Психологическая наука и образование. 2020. Том 25. № 1. С. 36–50. DOI:10.17759/pse.20202501042020





8. *Смирнова Е.О., Матушкина Н.Ю., Смирнова С.Ю.* Виртуальная реальность в раннем и дошкольном детстве // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 3. С. 42–53. DOI:10.17759/pse.2018230304
9. *Chalmers D.J.* The virtual and the real // *Disputatio*. 2017. 9. P. 309–352. DOI:10.1515/disp-2017-0009 CrossRef Full Text | Google Scholar).
10. *Hodges L.F., Anderson P., Burdea G.C., Hoffman H.G., Rothbaum B.O.* Treating Psychological and Physical Disorders with VR // *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2001. Vol. 21 (6). P. 25–33.
11. *Menshikova Galina Ya.* An investigation of 3D images of the simultaneous-lightness- contrast illusion using a virtual-reality technique // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2013. Vol. 6. Iss.3. P. 49–59. DOI:10.11621/pir.2013.0305
12. *Menshikova Galina Ya., Kovalev Artem I., Klimova Oxana A., Barabanshchikova Valentina V.* The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. Vol. 10. Iss. 3. P. 151–163. DOI:10.11621/pir.2017.0310
13. *Menshikova, Galina Ya., Saveleva, Olga A., Zinchenko, Yury P.* The study of ethnic attitudes during interactions with avatars in virtual environments // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2018. Vol. 11. Iss. 1. P. 20–31. DOI:10.11621/pir.2018.0102
14. *Metzinger T.K.* Why is Virtual Reality interesting for Philosophers? *Frontiers in Psychology*, 2018. *Front. Robot. AI*, 13 September 2018. DOI:10.3389/frobt.2018.00101
15. *Meyerbroecker K., Emmelkamp M.G.* Therapeutic processes in virtual reality exposure therapy: The role of cognitions and the therapeutic alliance // *CyberTherapy & Rehabilitation*. 2008. Vol. (1). Iss. 3. P. 247–257.
16. *Rothbaum B.O., Hodges L.F.* The Use of Virtual Reality Exposure in the Treatment of Anxiety Disorders // *Behavior Modification*. 1990. Vol. 23 (4). P. 507–525.
17. *Slater M., and Sanchez-Vives M.V.* Enhancing our lives with Immersive virtual reality // *Frontiers in Psychology*. 2016. *Front. Robot.* DOI:10.3389/frobt.2016.00074
18. *Zinchenko Yury P., Kovalev Artem I., Menshikova Galina Ya., Shaigerova Ludmila A.* Postnonclassical methodology and application of virtual reality technologies in social research // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2015. Vol. 8. Iss. 4. P. 60–71. DOI:10.11621/pir.2015.0405

## References

1. *Velichkovskiy B.B., Gusev A.N., Vinogradova V.F., Arbekova O.A.* Kognitivnyy kontrol' i chuvstvo prisutstviya v virtual'nykh sredakh [Cognitive control and sense of presence in virtual environments] // *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology]*, 2016. V. 9. (1). pp. 5–20. doi:10.17759/exppsy.2016090102 (In Russ.).
2. *Vzaimodeystviye lichnosti i virtual'noy real'nosti: psikhicheskoye razvitiye i lichnostnaya determinatsiya [The interaction of personality and virtual reality: mental development and personal determination] / pod red. Barabanshchikova V.A., Selivanova V.V. [ed. Barabanshchikov V.A., Selivanov V.V.]. (monografiya) [monograph]. Moscow: Universum, 2019. 479 p. (In Russ.).*
3. *Men'shikova G.YA.* Zritel'nyye illyuzii: psikhologicheskiye mekhanizmy i modeli: diss. ... d-ra psikhol. nauk: 19.00.02 [Visual illusions: psychological mechanisms and models: diss. ... Dr. psychol. Sciences: 19.00.02] / *Men'shikova Galina Yakovlevna [Menshikova Galina Yakovlevna]; Moscow, 2014. 301 p. (In Russ.).*
4. *Psikhicheskkiye sostoyaniya: uchebnoye posobiye [Mental states: textbook] /red. A.O. Prokhorov [ed. A.O. Prokhorov]. Moscow: Kogito-Tsentr, 2011. 623 p. (In Russ.).*
5. *Selivanov V.V., Selivanova L.N.* Effektivnost' ispol'zovaniya virtual'noy real'nosti v obuchenii v yunosheskom i vzrosлом vozrastakh [Effectiveness of using virtual reality in teaching in adolescence and adulthood] // *Nepriyvnnoye obrazovaniye: XXI vek [Continuing education: XXI century]*, 2015. № 1 (9) (electronic journal) DOI:10.15393/j5.art.2015.2729 (In Russ.).
6. *Selivanov V.V., Selivanova L.N.* Vliyaniye sredstv virtual'noy real'nosti na formirovaniye lichnosti [The influence of virtual reality tools on the formation of personality] // *Nepriyvnnoye obrazovaniye: XXI vek [Continuing education: XXI century]*, 2016. № 2 (14), (electronic journal); DOI:10.15393/j5.art.2016.3128 (In Russ.).
7. *Sorokova M.G.* Elektronnyy kurs kak tsifrovoy obrazovatel'nyy resurs smeshannogo obucheniya v usloviyakh vysshego obrazovaniya [Electronic course as a digital educational resource for blended learning





- in higher education] // *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye* [Psychological Science and Education]. 2020. Vol. 25. No. 1. pp. 36–50. doi:10.17759/pse.20202501042020 (In Russ.).
8. *Smirnova E.O., Matushkina N.Yu., Smirnova S.Yu.* Virtual'naya real'nost' v rannem i doskol'nom detstve [Virtual reality in early and preschool childhood] // *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye*. [Psychological Science and Education]. 2018. Vol. 23. No. 3. pp. 42–53. doi: 10.17759/pse.2018230304 (In Russ.).
9. *Chalmers D.J.* The virtual and the real. *Disputatio*. 2017. 9, pp. 309–352. doi:10.1515/disp-2017-0009 CrossRef Full Text | Google Scholar).
10. *Hodges L.F., Anderson P., Burdea G.C., Hoffman H.G., Rothbaum B.O.* Treating Psychological and Physical Disorders with VR // *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2001. Vol. 21 (6). pp. 25–33.
11. *Menshikova Galina Ya.* An investigation of 3D images of the simultaneous-lightness-contrast illusion using a virtual-reality technique. *Psychology in Russia: State of the Art*. 2013. Volume 6, Issue 3: 49–59. doi:10.11621/pir.2013.0305
12. *Menshikova Galina Ya., Kovalev Artem I., Klimova Oxana A., Barabanshikova Valentina V.* The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness. *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. Volume 10, Issue 3: pp. 151–163. doi:10.11621/pir.2017.0310
13. *Menshikova, Galina Ya., Saveleva, Olga A., Zinchenko, Yury P.* The study of ethnic attitudes during interactions with avatars in virtual environments. *Psychology in Russia: State of the Art*, 2018. Volume 11, Issue 1: pp. 20–31. doi:10.11621/pir.2018.0102
14. *Metzinger T.K.* Why is Virtual Reality interesting for Philosophers? *Frontiers in Psychology*, 2018. *Front. Robot. AI*, 13 September 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00101.
15. *Meyerbroeeker K., Emmelkamp M.G.* Therapeutic processes in virtual reality exposure therapy: The role of cognitions and the therapeutic alliance // *CyberTherapy & Rehabilitation*, 2008. Vol. (1). Issue 3. pp. 247–257.
16. *Rothbaum B.O., Hodges L.F.* The Use of Virtual Reality Exposure in the Treatment of Anxiety Disorders // *Behavior Modification*, 1990. V. 23 (4). pp. 507–525.
17. *Slater M., and Sanchez-Vives M.V.* Enhancing our lives with Immersive virtual reality. *Frontiers in Psychology*, 2016. *Front. Robot.* doi:10.3389/frobt.2016.00074
18. *Zinchenko Yury P., Kovalev Artem I., Menshikova Galina Ya., Shaigerova Ludmila A.* Postnonclassical methodology and application of virtual reality technologies in social research. *Psychology in Russia: State of the Art*. 2015. Volume 8, Issue 4: 60–71. doi:10.11621/pir.2015.0405

### **Информация об авторе**

*Селиванов Владимир Владимирович*, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vvsel@list.ru](mailto:vvsel@list.ru)

### **Information about the author**

*Vladimir V. Selivanov*, Doctor of Psychology, Professor, Head of the Department of General Psychology, Moscow State Psychological and Pedagogical University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vvsel@list.ru](mailto:vvsel@list.ru)

Получена 05.11.2020

Принята в печать 21.12.2020

Received 05.11.2020

Accepted 21.12.2020



# МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНО- СТИ НА МЫШЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

**СЕЛИВАНОВ В.В.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vsvel@list.ru](mailto:vsvel@list.ru)*

**СОРОЧИНСКИЙ П.В.**

*Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3726-6518>, e-mail: [pivaniki@mail.ru](mailto:pivaniki@mail.ru)*

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния образовательной виртуальной реальности (ВР) биологической тематики на мышление человека. Данные эксперимента показывают значимые положительные сдвиги в общем уровне мышления субъекта при ответах на вопросы по определенной учебной теме, требующих проявления мыслительной активности, а также в отдельных параметрах мышления при решении усложненной предметной задачи (уровень прогнозов искомого решения, характер анализа через синтез, характер «принятия—непринятия» подсказки и др.). Также в статье объясняются некоторые механизмы и закономерности влияния виртуальной реальности на мышление человека. Отмечается комплексность данного влияния со стороны трехмерных образов виртуальной реальности, широкой анимации и интерактивности. Программы в виртуальной реальности обеспечивают развитие формально-логического мышления за счет установления субъектом высокой степени связи сверхобразов ВР с соответствующими понятиями, представленными в текстово-звуковом сопровождении. В результате проведенных экспериментальных исследований и их обоснования делается вывод о возможностях и перспективах применения технологий виртуальной реальности в образовании.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, мышление, образование.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках госзадания Министерства просвещения РФ, проект № 730000Ф.99.1.БВ09АА00006 «Влияние технологий виртуальной реальности высшего уровня на психическое развитие в юношеском возрасте».

**Для цитаты:** Селиванов В.В., Сорочинский П.В. Механизмы и закономерности влияния образовательной виртуальной реальности на мышление человека // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 29—39. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021000003>

## MECHANISMS AND REGULARITIES OF INFLUENCE OF EDUCATIONAL VIRTUAL REALITY ON HUMAN THINKING

**VLADIMIR V. SELIVANOV**

*Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vsvel@list.ru](mailto:vsvel@list.ru)*



## PAVEL V. SOROCHINSKY

Smolensk State University, Smolensk, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3726-6518>, e-mail: [pivaniki@mail.ru](mailto:pivaniki@mail.ru)

The article presents the results of experimental researches of influence of educational virtual reality biological subjects in human thinking. The experimental data show significant positive shifts in the general level of thinking of the subject when answering questions on a specific academic subject, which requires a manifestation of mental activity, and also in characteristics of thinking in solving complicated subject tasks (the predicted level of the sought solution, the character of the analysis through synthesis, the character of the “acceptance-rejection” and other tips). The article also explains some of the mechanisms and regularities of influence of virtual reality on the human thinking. It is noted the complexity of the influence of three-dimensional images of virtual reality, a wide of animation and interactivity. Programs in virtual reality ensure the development of formal-logical thinking due to the establishment by the subject of a high degree of connection between the super-images of VR and the corresponding concepts presented in the text-sound accompaniment. As a result of experimental studies and substantiate the conclusion about the possibilities and prospects of application of virtual reality technology in education are presented in the article.

**Keywords:** virtual reality, thinking, education.

**Funding.** The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education of the Russian Federation, project No. 730000Ф.99.1.БВ09АА000006 “The impact of high-level virtual reality technologies on mental development in adolescence.”

**For citation:** Selivanov V.V., Sorochinsky P.V. Mechanisms and Regularities of Influence of Educational Virtual Reality on Human Thinking. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 29–39. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021000003> (In Russ.).

## Введение

Технологии виртуальной реальности (VR) — это один из высших видов современного программирования, реализуемый при помощи различных технических устройств (персональных компьютеров, шлемов VR, перчаток VR, костюмов VR и др.) и обеспечивающий вхождение пользователя в искусственно созданный виртуальный мир с возможностью навигации в виртуальном пространстве, изменения угла обзора, изменений некоторых параметров этого виртуального мира и т. д. VR обязательно должна содержать трехмерные красочные объекты (статические и динамические). При качественно выполненной VR у пользователя складывается ощущение присутствия (Presence) [4; 5; 28; 29; 30; 31; 34; 37].

VR может применяться в различных областях деятельности человека: психологических и социальных исследованиях, в образовании (среднем, высшем, в различных видах профессионального образования), при лечении различных заболеваний (клаустрофобия, никтофобия и др.), в релаксационных и игровых целях (компьютерные игры), при проведении научных конференций, для дистанционного обучения и др. [1; 3; 7; 10; 35; 36; 38]. Создание подобных компьютерных программ является одним из критериев интеллектуальной конкурентоспособности страны [8].

Наши экспериментальные исследования связаны с изучением влияния VR образовательного характера на различные компоненты личности (мышление, память, мотивацию, психические состояния и др.). В наших экспериментах мы используем виртуальные обучающие программы с высокой анимацией и интерактивностью. Созданные виртуальные обучающие программы соответствуют основным требованиям средств VR, имеют биоло-



гическую и математическую тематику, могут использоваться при преподавании ряда предметов в средних школах, что целесообразно с введением ФГОС ООО и соответствует требованиям, предъявляемым к современному образованию [24; 25]. Действия в виртуальной среде, по данным ряда исследований, могут обеспечить повышение школьной успеваемости по математике, чтению и естественным наукам, а также стимулировать детей к самообучению — одному из важнейших методов саморазвития личности по современным стандартам [2; 14; 15; 20; 26; 27; 33]. Использование методов ВР в преподавании, по нашему мнению, способствует индивидуализации в обучении, развитию навыков самоконтроля и рефлексии, что также соответствует современным стандартам образования [11; 32].

Примером такой программы является программа «Синтез белка». Данный продукт раскрывает закономерности синтеза белка в клетке на уровне средней школы (рис. 1, 2). Программа создана за счет средств мультиплатформенного инструмента для создания 3D-объектов «Unity». В программе предусмотрено текстовое и звуковое сопровождение.

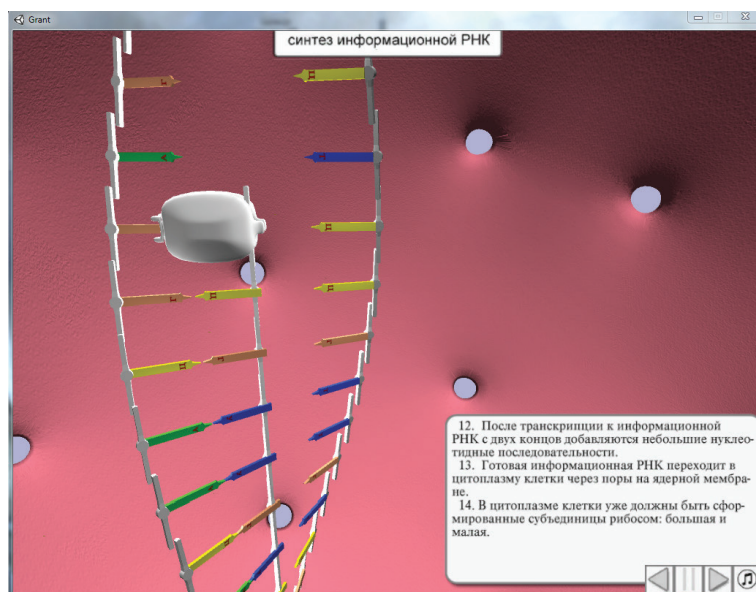


Рис. 1. Синтез информационной РНК

Рядом исследователей отмечаются различные эффекты влияния ВР на мышление, также описываются некоторые закономерности и механизмы этого влияния. Ранее нами были выделены эффекты влияния ВР (проявляющиеся с использованием шлемов ВР) на мышление человека при решении латеральных задач [22]: расширение зоны поиска решения; увеличение количества коллатералей и семантических связей в мышлении; возникновение новых нестандартных мыслей о возможных связях условий с требованиями задачи.

Работа с виртуальными программами, по данным П.А. Побоккина, повышает мотивацию школьников к обучению стереометрии, стимулирует учебно-исследовательскую деятельность и помогает добиться значительных результатов в изучении данного предмета, а также в решении соответствующих задач [17].

П.А. Побоккин отмечает следующие механизмы влияния ВР на мышление субъекта. Трехмерные образы выступают аналогами реальных объектов. Поэтому субъект мышления

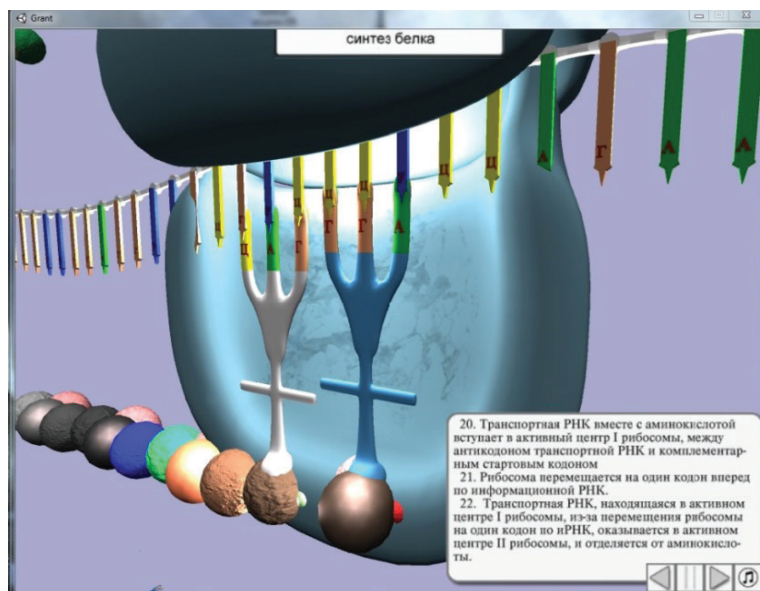


Рис. 2. Синтез белка

непрерывно взаимодействует с данными образами, дополняя собственную систему понятий, развивая процессы мышления и формируя новые обобщения. Действия с образами ВР, интериоризуясь, стимулируют мыслительные процессы, смыслы-процессы и операции. Как следствие, развивается рефлексивный план личности и саморегуляция мыслительной деятельности.

### Процедура исследования

Эксперимент проводился с виртуальной обучающей программой «Синтез белка», описанной ранее. До работы с программой испытуемым предлагался тест «Актуальное состояние» (Л.В. Куликов), тест с десятью вопросами по теме «Синтез белка», требующих проявления мыслительной активности (например, сколько кодонов кодирует 9 аминокислот в процессе синтеза белка?), усложненная задача по этой же теме. Далее следовала самостоятельная работа испытуемых с виртуальной программой при помощи персональных компьютеров, после чего снова давался тест «Актуальное состояние», тест из аналогичных вопросов по теме «Синтез белка» и усложненная задача. При решении задачи испытуемым предлагалось проговаривать свои мысли и мыслиеобразы вслух для последующего микросемантического анализа (А.В. Брушлинский). Полученные результаты сравнивались, сопоставлялись и подвергались математико-статистической обработке. Результаты позволяли судить об изменении уровня мышления при ответе на вопросы теста, а также об изменении некоторых параметров мышления: уровень прогнозов искомого решения, характер анализа через синтез, и др.

Таким образом, независимой переменной в исследовании являлась виртуальная реальность, а зависимыми — уровень мышления испытуемого, некоторые параметры мышления и психического состояния. В процесс работы испытуемого с программой экспериментатор не вмешивался, поэтому результаты исследований могли достоверно показать влияние на мышление именно виртуальной реальности.





## Испытуемые

Общая выборка испытуемых включала 90 человек (учащихся средних школ г. Смоленска и Смоленской области 14–16 лет), уже изучавших однократно тему «Синтез белка» в рамках курса средней общеобразовательной школы.

## Результаты

В результате проведенного исследования с программой «Синтез белка» и математико-статистической обработки данных было замечено повышение уровня мышления у испытуемых при ответах на вопросы по соответствующей теме после работы с программой по сравнению с уровнем мышления до нее в 1,3–2 и более раза (2,3; 2,6; 3; 4; 4,5; 5; 6; 9); уровень прогнозов искомого решения усложненной задачи менялся: повышался с низкого (до программы) до среднего (после программы) в 58% случаев; со среднего до высокого — в 25%; с низкого до высокого — в 12%; не изменялся в 8% случаев. Характер анализа через синтез менялся: с ненаправленного до смешанного — в 54% случаев; со смешанного до направленного — в 23%; с ненаправленного до направленного — в 11%; не изменял характера в 12%. Характер принятия—непринятия подсказки, необходимой для решения задачи, менялся: с «непринятия» до «принятия» — в 59% случаев; с «принятия» до «в подсказке не нуждался» — в 26%; подсказка принята до и после работы с программой — в 8%; подсказка не принята до и после работы с программой в 7% случаев. Уровень формально-логического мышления менялся: с низкого до среднего — в 57% случаев; со среднего до высокого — в 25%; с низкого до высокого — в 13%; показатель не изменялся в 5% случаев.

Расчет критериев Манна—Уитни и парного критерия Стьюдента подтвердил значимость различий между уровнем мышления испытуемых до и после работы с программой.

Расчет U-критерия Манна—Уитни проводился для четырех групп из 20 человек с одинаковым соотношением успеваемости. Далее приводится сводная таблица 1, показывающая соотношения U1- и U2-критериев Манна—Уитни для каждой выборки. При этом U1 — критерий для результатов до работы с программой, а U2 — критерий для результатов после работы с программой. Как видно из таблицы, U2 во всех выборках больше U1 на ту или иную разницу  $\Delta U$ , поэтому U2 является эмпирическим значением критерия Манна—Уитни. U2 всегда больше  $U_{кр.}$ , равного 127 ( $p \leq 0,05$ ).

Таблица 1

**Значения U-критерия Манна—Уитни, показывающие значимость различий между результатами тестирования по вопросам, требующим проявления мыслительной активности, до и после работы с программой «Синтез белка»**

№ выборки	U1	U2	$\Delta U$
1	439	541	102
2	453	536	83
3	465	547	82
4	436	524	88

Расчет парного T-критерия Стьюдента также подтвердил достоверность различий между результатами до и после работы с программой. Он проводился также для четырех групп из 20 человек с одинаковым соотношением успеваемости.  $T_{эмп}$  оказалось в четырех случаях равным 8,4; 8,3; 8,4; 8,6 соответственно, причем  $T_{эмп}$  во всех случаях больше  $T_{крит.}$ , равного 2,093 ( $p \leq 0,05$ ).



В целом, ВР положительно сказывается на развитии мышления и его отдельных параметров.

Множественный регрессионный анализ результатов влияния ВР на мышление и психическое состояние показал значимую корреляцию повышения уровня мышления и уровня активации и тонуса ( $p\text{-value}=0,05$ ;  $\beta=0,311$ ;  $p\text{-value}=0,041$ ;  $\beta=0,271$ ). Данный факт также говорит о тесной взаимосвязи данных параметров и их взаимообусловливании в ходе эксперимента. Расчет коэффициента корреляции Пирсона также подтвердил значимость корреляций данных параметров — мышления и активации (0,69), мышления и тонуса (0,67) (во всех случаях  $R_{\text{эмп}}$  больше  $R_{\text{крит}}$ , равного 0,56 ( $p=0,01$ )).

### Обсуждение результатов

Далее приведем описание механизмов влияния ВР на мышление, выявленных в процессе бесед с испытуемыми по поводу проведенного исследования, а также в результате рассмотрения протоколов микросемантического анализа.

Виртуальная реальность влияет комплексно на основные компоненты мышления (мыслительные процессы, операции, формы мышления и др.), повышая его отдельные параметры (прогноз искомого решения, характера анализа через синтез, отражения в сознании соотношения условий и требований задачи) и общую результативность в целом.

Статические и динамические образы ВР стимулируют мыслительные процессы субъекта. Будучи красочными, необычными и привлекательными в плане восприятия, виртуальные объекты способствуют концентрации внимания субъекта на них и инициируют их изучение.

За счет стимуляции мыслительных процессов статическими и динамическими образами развивается операциональный состав мышления. Операции при этом проводятся в большей мере с абстракциями соответствующих образов.

Фоновую среду ВР можно рассматривать как дополнительный образ, в рамках которого идет изучение основных статических и динамических образов. Благодаря фоновой среде и другим образам, а также текстовому сопровождению, формируется целостная образная и понятийная картина биологических процессов синтеза белка, что, в свою очередь, влияет на протекание мыслительных процессов и осуществление операций.

Интерактивность обуславливает осуществление дополнительного стимула для развития мыслительных процессов, операций, форм мышления и смыслов-процессов. Изменение угла обзора и другие возможности интерактива могут интериоризоваться в соответствующие мыслительные процессы (анализ, синтез, анализ через синтез, некоторые элементы прогнозирования и др.), операции (осуществление плана решения задачи), смыслы-процессы, поскольку эти возможности имеют очевидное сходство с соответствующими ментальными явлениями.

Следует отметить также особенности взаимосвязи образов, анимации ВР и развития формально-логического мышления у испытуемых. Между образами, некоторыми аспектами анимации и соответствующими биологическими понятиями возникают естественные ассоциативные связи, например, «образ рибосомы» и понятие «рибосомы», «анимация трансляции» и понятие «трансляции» и т. д. Таким образом, объединяются (связываются) такие когнитивные структуры, как визуальные образы ВР, слуховые (произношение понятий), аспекты образов, полученные в процессе их анализа, письменные (символические) элементы (написание слов, терминов) и др. В результате формируются понятия тех или иных научных объектов, процессов и закономерностей как сложные когнитивные структуры, которые субъект может использовать в процессе формально-логического мышления



при решении той или иной проблемы или задачи. Накопление, систематизация и в целом развитие понятий способствуют развитию формально-логического мышления.

Активации мыслительных процессов также способствует формирование благоприятных психических состояний в процессе работы в ВР.

### Выводы

Средства ВР, в отличие от традиционных педагогических средств и несовершенных аналогов ВР (электронных презентаций со статическими объектами, двухмерными и трехмерными анимационными фильмами), предоставляют для субъекта целостные, трехмерные образы тех или иных объектов и явлений с возможностью изучать их с различных сторон (ракурсов). Субъект лучше осознает представленные объекты и процессы, а понятия о них формируются более осознанными, углубленными, расширенными и, как следствие, прочными, что очень важно для развития мышления при решении предметных и иных задач. Общими механизмами развития мышления в ВР выступают интериоризация виртуальных действий, которые обобщаются и становятся внутренним достоянием личности, а также саморазвитие мыслительного процесса, который вырабатывает новые компоненты за счет непрерывного взаимодействия с трехмерным познаваемым объектом.

Таким образом, ВР является эффективным средством для развития мышления (образного и формально-логического) и имеет положительные перспективы для применения в области образования.

### Литература

1. Ананьева К.И., Барабанищев В.А., Демидов А.А., Харитонов А.Н. Проблемы развития экспериментальной психологии (Выездное заседание Бюро Отделения психологии и возрастной физиологии Российской академии образования) // Экспериментальная психология. 2011. Том 4. № 3. С. 5–27.
2. Баржанова М.В., Доценко К.П. Совершенствование системы российского образования с учетом современных мировых тенденций // Наука и школа. 2018. № 5. С. 9–22.
3. Богданова И.В., Галаничев П.А., Дивеев Д.А., Носуленко В.Н., Самойленко Е.С., Хозе Е.Г. Онлайн поддержка исследований познания и общения // Экспериментальная психология. 2018. Том 11. № 2. С. 149–163. DOI:10.17759/exppsy.2018110220
4. Величковский Б.Б. Когнитивный контроль и чувство присутствия в виртуальных средах // Экспериментальная психология. 2016. Том 9. № 1. С. 5–20.
5. Войскунский А.Е. Психология и интернет. М.: Акрополь, 2010. 439 с.
6. Войскунский А.Е., Меньшикова М.Я. О применении систем виртуальной реальности в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: «Психология». 2008. № 1. С. 22–36.
7. Войскунский А.Е., Смылова О.В. Психологическое применение систем виртуальной реальности // Интернет и современное сообщество. Труды IX Всероссийской объединенной конференции (14–16 ноября 2006, г. С.-Петербург). СПб, 2006. С.8-14.
8. Григорьев А.А., Лаптева Е.М. Интеллектуальная конкурентоспособность страны: проблема медиации действия национального IQ // Экспериментальная психология. 2018. Том 11. № 3. С. 152–162.
9. Григорьев А.А. Национальный IQ и инновационная активность страны // Сибирский психологический журнал. 2016. № 60. С. 6–21.
10. Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М., Черноризов А.М., Войскунский А.Е.. Технологии виртуальной реальности, методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. № 2 (4). С. 64–71.
11. Ковель М.И., Глинкина Г.В.. Особенности критериальной системы оценивания в теории и технологии способа диалектического обучения // Наука и школа. 2018. № 5. С. 84–95.
12. Литвинцева Л.В., Налитое С.Д. Виртуальная реальность: анализ состояния и подходы к решению // Новости искусственного интеллекта. 1995. № 3. С. 24–90.





13. Литвинцева Л.В. Виртуальная реальность — новый шаг в технологии человеко-машинного взаимодействия // Теория и системы управления. 1995. № 5. С. 173—183.
14. Марголис А.А., Сафронова М.А. Итоги комплексного проекта по модернизации педагогического образования в Российской Федерации (2014—2017 гг.) // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 1. С. 5—24.
15. Нгуен Тхук Тху, Чан Тхи, Тхань, Боровских Т.А.. Формирование и развитие опыта самообучения у школьников // Наука и школа. 2018. № 5. С. 52—57.
16. Побокин П.А. Виртуальное и визуальное мышление на уроках математики // Вестник Череповецкого гос. университета. 2014. № 6. С. 133—136.
17. Побокин П.А. Влияние средств виртуальной реальности на развитие мышления и знаний школьников по математике в ходе обучения: автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Ярославль, 2015.
18. Побокин П.А. Развитие мыслительных процессов школьников, их психических состояний как следствие применения виртуальных математических программ // Вестник Череповецкого государственного университета, 2014. № 3. С. 192—196.
19. Побокин П.А. Целесообразность использования средств виртуальной реальности в курсе изучения стереометрии // Психология когнитивных процессов: сб статей / Под ред. А.Г. Егорова, В.В. Селиванова. Смоленск: Универсум. С. 227—231.
20. Рубцова О.В., Панфилова А.С., Артеменков С.Л. Исследование взаимосвязи личностных особенностей игроков подросткового и юношеского возраста с их поведением в виртуальном пространстве (на примере групповой компьютерной игры «Dota 2») // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 1. С. 137—148.
21. Селиванов В.В., Селиванова Л.Н.. Воздействие виртуальной реальности на личностные и мыслительные характеристики учащихся // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (20—21 мая 2016 г.). Калуга, 2016.
22. Селиванов В.В. Использование методов виртуальной реальности в развитии интеллекта и обучении // Образование в современном информационном обществе: синергетическая модель / Ред. А.С. Коповский, Г.Н. Малюченко. Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. С. 135—139.
23. Селиванов В.В. Мыслительные процессы в функциональной структуре интеллекта // Экспериментальная психология. 2017. Том 10. № 2. С. 67—68.
24. Сорочинский П.В. Влияние виртуальных обучающих программ по биологии на мышление и психические состояния человека // Сборник материалов областного конкурса молодых ученых 2012 года. Смоленск: ГАУ ДПОС «СОИРО», 2012. С. 152—155.
25. Субъект и виртуальная реальность: психическое развитие, обучение: монография // Под ред. В.В. Селиванова. Смоленск: Издательство СмолГУ, 2016.
26. Drachen A., Yancey M., Maguire J., Chu D., Wang I.Y., Mahlmann T., Schubert M. and Klabajan D. Skill-based differences in spatio-temporal team behaviour in defence of the ancients 2 (dota 2) // Games Media Entertainment (GEM). 2014. P. 1—8.
27. Greenfield S.A. Mind change: how digital technologies are leaving their mark on our brain? Random House, 2015.
28. Vacca J.R. VRML: bringing virtual reality to the internet: CD-ROM included. Boston. 1996.
29. Huang M.P., Alessi N.E. Presence as an Emotional Experience // Medicine Meets Virtual Reality: The Convergence of Physical and Informational Technologies Options for a New Era in Healthcare. Amsterdam: IOS Press, 1999. P. 148—153.
30. Insko B.E. Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods // Being There: Concepts, Effects and Measurement of User Presence in Synthetic Environments. Amsterdam: IOS Press, The Netherlands, 2003.
31. Jacob R.J. The use of eye movements in human-computer interaction techniques: What you look at is what you get // ACM Transactions on Information Systems (TOIS). 1991. № 2. P. 152—169.
32. Johnson-Glenberg M.C. Immersive VR and Education: Embodied Design Principles That Include Gesture and Hand Controls // Frontiers in Psychology, Front. Robot. AI, 24 July 2018. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>.
33. Kelava A., Brandt H. A general non-linear multilevel structural equation mixture model // Front. Psychol. 2014. Vol. 5. P. 1—16.



34. Hilary McLellan, McLellan Wyatt *Digital Virtual realities*. In Handbook of research for educational communications and technology /Ed. Jonassen D.H. USA, Bloomington: AECT, 1996. P. 457–487. <http://members.aect.org/edtech/ed1/15/index.html> (дата обращения 09.03.2021).
35. *Menshikova Galina Ya., Saveleva Olga A., Zinchenko Yury P.* The study of ethnic attitudes during interactions with avatars in virtual environments // Psychology in Russia: State of the Art. 2018. Vol. 11. Iss. 1. P. 20–31. DOI: 10.11621/pir.2018.0102.
36. *Riva G.* Virtual Reality in Psychotherapy: Review // CyberPsychology & Behavior. 2001. Vol. 8. № 3. P. 220–230.
37. *Shubert T., Crusius J.* Five theses on the book problem: presence in books, film and VR // Fifth Annual International Workshop PRESENCE 2002 Proceedings. Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2002. P. 53–58.
38. *Wolpov J.R.* et al. Brain-computer interface communication and control // Clinical Neurophysiology. 2002. № 113(6). P. 767–791.

## References

1. *Ananeva K.I., Barabanshikov V.A., Demidov A.A., Haritonov A.N.* Problemy razvitiya experimentalnoy psihologii [Development problems of experimental psychology]. Experimentalnaya psihologiya [Experimental psychology], 2011. Vol. 4, no. 3, pp. 5–27. (In Russ.).
2. *Barzhanova M.V., Docenko K.P.* Sovershenstvovanie sistemy rossijskogo obrazovaniya s uchetom sovremennyh mirovyyh tendtsiy [Improving the Russian education system, taking into account modern global trends]. Nauka i shkola [Science and school], 2018. No. 5. P. 9–22. (In Russ.).
3. *Bogdanova I.V., Galanichev P.A., Diveev D.A., Nosulenko V.N., Samoylnko E.S., Hoze E.G.* Onlayn podderzhka issledovaniy poznaniya i obsheniya [Online support for cognition and communication research]. *Experimentalnaya psihologiya* [Experimental psychology], 2018. Vol. 11, no. 2, pp. 149–163. DOI:10.17759/exppsy.2018110220 (In Russ.).
4. *Velichkovskiy B.B.* Kognitivnyy kontrol i chuvstvo prisutstviya v virtualnih sredah [Cognitive control and a sense of presence in virtual environments]. Experimentalnaya psihologiya [Experimental psychology], 2016. Vol. 9 no. 1, pp. 5–20. (In Russ.).
5. *Voyskunskiy V.P.* Psihologiya i internet [Philosophy and the Internet]. Moskva: «Akropol» [«Acropolis»], 2010. 439 p. (In Russ.).
6. *Voyskunskiy V.P., Menshikova O.V.* O primeneni system virtualnoy realnosyi v psihologii [On the use of virtual reality systems in psychology]. Vestnik Moskovskogo universiteta [Moscow University Bulletin], 2008, Seriya 14: «Psihologiya» [Psychology], no. 1, pp. 22–36. (In Russ.).
7. *Voyskunskiy V.P., Smyslova O.V.* Psihologicheskoe promenenie system virtualnoy realnosti [Psychological applications of virtual reality systems]. Trudi IX Vserossiyskoy obyedinennoy konferentsii [Proceedings of the IX All-Russian Joint Conference] [Elektronnyy resurs] [Electronic resource], 2006. <http://www.conf.infocos.ru/2006/thes/Voisk&Smyslova.pdf> (In Russ.).
8. *Grigorev A.A., Lapteva E.M.* Intellectualnaya konkurentnosposobnost strany: problema mediacii deystviya nacionalnogo IQ [Intellectual competitiveness of the country: the problem of mediation of the actions of the national IQ]. Experimentalnaya psihologiya [Experimental psychology], 2018. Vol. 11, no. 3, pp. 152–162. (In Russ.).
9. *Grigorev A.A.* Nacionalniy IQ i innovatsionnaya aktivnost strany [National IQ and innovative activity of the country]. Sibirskiy psihologicheskii zhurnal [Siberian Psychological Journal], 2016. No. 60, pp. 6–21. (In Russ.).
10. *Zinchenko U. P., Menshikova G.Y., Bayakovskiy U.M., Voyskunskiy A.E.* Tehnologii virtualnoy realnosti: metodologicheskie aspekty, dostizheniya i perspektivy [Virtual reality technologies: methodological aspects, achievements and prospects]. Nacionalniy psihologicheskii surnal [National Psychological Journal], 2010. No 2 (4), pp. 64–71. (In Russ.).
11. *Kovel M.I., Glinkina G.V.* Osobennosti kriterialnoy sistemy ocenivaniya v teorii i tehnologii sposoba dialecticheskogo obucheniya [Features of the criteria-based assessment system in the theory and technology of the method of dialectical teaching]. Nauka i shkola [Science and school], 2018. No 5, pp. 84–95. (In Russ.).
12. *Litvinceva L.V., Nalitoe S.D.* Virtualnaya realnost: analiz sostoyaniya i podhody k resheniu [Virtual reality: state analysis and solution approaches]. Novosti iskusstvennogo intellekta [Artificial Intelligence News], 1995. No. 3, pp. 24–90. (In Russ.).



13. *Litvinceva L.V.* Virtualnaya realnost – novyy shag v tehnologii cheloveko-mashinnogo vzaimodeystviya [Virtual reality is a new step in human-machine interaction technology]. *Teoriya i sistemy upravleniya* [Control theory and systems], 1995. No. 5, pp. 173–183. (In Russ.).
14. *Margolis A.A., Safronova M.A.* Itogi kompleksnogo proecta po modernizatsii pedagogicheskogo obrazovaniya v Rossiyskoy Federatsii (2014–2017 gg.) [Results of a comprehensive project to modernize teacher education in the Russian Federation (2014–2017)]. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye* [Psychological Science and Education], 2018. Vol. 23, no. 1, pp. 5–24. (In Russ.).
15. *Nguyen Thuk Thu, Chan Thi, Than, Borovskih T.A.* Formirovaniye i razvitiye opyta samoobucheniya u shkol'nikov [Formation and development of self-study experience in schoolchildren]. *Nauka i shkola* [Science and school], 2018. No. 5, pp. 52–57. (In Russ.).
16. *Pobokin P.A.* Virtual'noye i vizualnoye myshleniye na urokakh matematiki [Virtual and visual thinking in math lessons]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2014. No. 6, pp. 133–136. (In Russ.).
17. *Pobokin P.A.* Vliyaniye sredstv virtualnoy real'nosti na razvitiye myshleniya i znaniy shkol'nikov po matematike v khode obucheniya [Influence of virtual reality tools on the development of thinking and knowledge of schoolchildren in mathematics during training]. *Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kanidata psikhologicheskikh nauk* [Abstract of dissertation for the degree of candidate of psychological sciences]. Yroslavl, 2015. (In Russ.).
18. *Pobokin P.A.* Razvitiye myslitelnykh protsessov shkol'nikov, ikh psikhicheskikh sostoyaniy, kak sledstviye primeneniya virtualnykh matematicheskikh programm [The development of the thought processes of schoolchildren, their mental states, as a result of the use of virtual mathematical programs]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2014. No. 3, pp. 192–196. (In Russ.).
19. *Pobokin P.A.* Tselesoobraznost' ispolzovaniya sredstv virtualnoy realnosti v kurse izucheniya stereometrii [The expediency of using virtual reality tools in the course of studying stereometry]. *Psikhologiya kognitivnykh protsessov* [Psychology of cognitive processes]. Smolensk: «Universum», 2013, pp. 227–231. (In Russ.).
20. *Rubcova O.V., Panfilova A.S., Artemenkov S.L.* Issledovaniye vzaimosvyazi lichnostnykh osobennostey igrokov podrostkovogo i yunosheskogo vozrasta s ikh povedeniyem v virtual'nom prostranstve (na primere gruppovoy komp'yuternoy igry “Dota 2”) [Investigation of the relationship between the personality traits of adolescent and youth players and their behavior in virtual space (on the example of the group computer game “Dota 2”). *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye* [Psychological Science and Education], 2018. Vol. 23, no. 1, pp. 137–148. (In Russ.).
21. *Selivanov V.V., Selivanova L.N.* Vozdeystviye virtual'noy real'nosti na lichnostnyye i myslitel'nyye kharakteristiki uchashchikhsya [Impact of virtual reality on the personality and mental characteristics of students]. *Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem 20–21 maya 2016 g.* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation May 20–21, 2016]. Kaluga, 2016. (In Russ.).
22. *Selivanov V.V.* Ispol'zovaniye metodov virtualnoy realnosti v razvitii intellekta i obuchenii [Using virtual reality methods in the development of intelligence and learning]. *Obrazovaniye v sovremennom informatsionnom obshchestve: sinergeticheskaya model* [Education in the modern information society: a synergistic model]. Saratov: «Nauka» [«Science»], 2009, pp. 135–139. (In Russ.).
23. *Selivanov V.V.* Myslitel'nyye protsessy v funktsionalnoy strukture intellekta [Thought processes in the functional structure of intelligence]. *Experimentalnaya psihologiya* [Experimental psychology] 2017. Vol. 10, no. 2, pp. 67–68. (In Russ.).
24. *Sorochinskiy P.V.* Vliyaniye virtualnykh obuchayushchikh programm na myshleniye i psikhicheskiye sostoyaniya cheloveka [Influence of virtual training programs on thinking and mental states of a person]. *Sbornik materialov oblastnogo konkursa molodykh uchenykh* [Collection of materials of the regional competition of young scientists]. Smolensk, «SOIRO», 2012, pp. 152–155. (In Russ.).
25. *Subyekt i virtualnaya real'nost: psikhicheskoye razvitiye, obucheniye* [Subject and virtual reality: mental development, learning]/ pod red. Selivanova V.V. [ed. Selivanov V.V.]. (monografiya) [monograph]. Smolensk: «SmolGU», 2016. (In Russ.).
26. *Drachen A., Yancey M., Maguire J., Chu D., Wang I.Y., Mahlmann T., Schubert M. and Klabajan D.* Skill-based differences in spatio-temporal team behaviour in defence of the ancients 2 (dota 2). *Games Media Entertainment (GEM)*, 2014 IEEE, pp. 1–8.



27. Greenfield S.A. Mind change: how digital technologies are leaving their mark on our brain? Random House, 2015.
28. Vacca J.R. VRML: bringing virtual reality to the internet: CD-ROM included. Boston, 1996.
29. Huang M.P., Alessi N.E. Presence as an Emotional Experience. *Medicine Meets Virtual Reality: The Convergence of Physical and Informational Technologies Options for a New Era in Healthcare*. Amsterdam: IOS Press, 1999, pp. 148–153.
30. Insko B.E. Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods. *Being There: Concepts, Effects and Measurement of User Presence in Synthetic Environments*. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 2003.
31. Jacob R.J. The use of eye movements in human-computer interaction techniques: What you look at is what you get. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 1991, no. 2, pp. 152–169.
32. Johnson-Glenberg, M.C. Immersive VR and Education: Embodied Design Principles That Include Gesture and Hand Controls. *Frontiers in Psychology, Front. Robot*, 2018. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>.
33. Kelava A., Brandt H. A general non-linear multilevel structural equation mixture model. *Front. Psychol.*, 2014. Vol. 5:748, pp. 1–16.
34. McLellan H. Virtual realities. In *Handbook of research for educational communications and technology / Ed. Jonassen D.H.* 1996. P. 457–487.
35. Menshikova Galina Ya., Saveleva Olga A., Zinchenko Yury P. The study of ethnic attitudes during interactions with avatars in virtual environments. *Psychology in Russia: State of the Art*, 2018. Vol. 11, Issue 1: 20–31. DOI: 10.11621/pir.2018.0102.
36. Riva G. Virtual Reality in Psychotherapy: Review. *CyberPsychology & Behavior*, 2001. Vol. 8, no 3, pp. 220–230.
37. Shubert T., Crusius J. Five theses on the book problem: presence in books, film and VR. Fifth Annual International Workshop PRESENCE 2002 Proceedings. Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2002. P. 53–58.
38. Wolpov J.R. et al. Brain-computer interface communication and control. *Clinical Neurophysiology*, 2002. No. 113 (6), pp. 767–791.

### **Информация об авторах**

*Селиванов Владимир Владимирович*, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vvsel@list.ru](mailto:vvsel@list.ru)

*Сорочинский Павел Викторович*, соискатель кафедры общей психологии, Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3726-6518>, e-mail: [vvsel@list.ru](mailto:vvsel@list.ru)

### **Information about the authors**

*Vladimir V. Selivanov*, Doctor of Psychology, Professor, Head of the Chair of General Psychology, Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-591X>, e-mail: [vvsel@list.ru](mailto:vvsel@list.ru)

*Pavel V. Sorochinsky*, Degree Seeker of the Chair of General Psychology, Smolensk State University, Smolensk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3726-6518>, e-mail: [pivaniki@mail.ru](mailto:pivaniki@mail.ru)

Получена 07.11.2020

Принята в печать 21.12.2020

Received 07.11.2020

Accepted 21.12.2020



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРЕОДОЛЕНИИ СОСТОЯНИЯ ТРЕВОЖНОСТИ

**АНИКИНА В.Г.**

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-6595>, e-mail: [vegav577@mail.ru](mailto:vegav577@mail.ru)

**ПОБОКИН П.А.**

Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7814-0463>, e-mail: [p.pobokin@yandex.ru](mailto:p.pobokin@yandex.ru)

**ИВЧЕНКОВА Ю.Ю.**

Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4371-7074>, e-mail: [juliusdaisy@gmail.com](mailto:juliusdaisy@gmail.com)

Современные исследования в области виртуалистики затрагивают проблему изучения воздействия виртуальной реальности на состояние личности человека. Данный ракурс исследований касается вопроса коррекционного и терапевтического использования потенциала виртуальной реальности в решении задач практической психологии. Экспериментальное исследование, представленное в работе, посвящено изучению влияния виртуальной реальности на состояние тревожности у школьников старших классов (старший подростковый и ранний юношеский возраст). В рамках диагностического этапа (до и после экспериментального воздействия) использовались: «Тест школьной тревожности Филлипса» и методика «Цветовая социометрия». На экспериментальном — формирующем — этапе школьники, у которых были диагностированы высокий (17,5%) и повышенный уровни тревожности (30,1%), были включены в проведение программы виртуальной реальности по преодолению никтофобий. Результаты исследования подтвердили гипотезу о снижении показателей состояния тревожности у участников исследования; значимыми оказались изменения по шкале «Общая тревожность», изменения высокого уровня тревожности —  $\varphi^*=3,3$  ( $p \leq 0,001$ ). Микроизменения значений по цветовой атрибуции произошли по всем группам цветов, но значимыми оказались изменения в предпочтениях самоатрибуции малинового цвета —  $\varphi^*=2,84$  ( $p \leq 0,05$ ) и коричневого цвета —  $\varphi^*=3,6^{**}$  ( $p \leq 0,001$ ), что может косвенно подтверждать изменения в состоянии тревожности у старших школьников.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, тревожность, личность.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания Министерства просвещения РФ № 730000Ф.99.1.БВ09АА00006 «Влияние технологий виртуальной реальности высшего уровня на психическое развитие в юношеском возрасте».

**Благодарности.** Авторы благодарят за помощь в сборе данных для исследования научного руководителя проекта В.В. Селиванова.

**Для цитаты:** Аникина В.Г., Побокин П.А., Ивченкова Ю.Ю. Применение технологий виртуальной реальности в преодолении состояния тревожности // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 40—50. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000004>





# THE USE OF VIRTUAL REALITY IN OVERCOMING THE STATE OF ANXIETY

**VERONICA G. ANIKINA**

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-6595>, e-mail: [vegav577@mail.ru](mailto:vegav577@mail.ru)

**PAVEL A. POBOKIN**

Smolensk State University, Smolensk, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7814-0463>, e-mail: [p.pobokin@yandex.ru](mailto:p.pobokin@yandex.ru)

**JULIA Y. IVCHENKOVA**

Smolensk State University, Smolensk, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4371-7074>, e-mail: [juliusdaisy@gmail.com](mailto:juliusdaisy@gmail.com)

Modern research in the field of virtualistics concerns the problem of studying the impact of virtual reality on the state of a person's personality. This perspective of research concerns the issue of corrective and therapeutic use of the potential of virtual reality in solving problems of practical psychology. The experimental study presented in the work is devoted to the study of the influence of virtual reality on the state of anxiety in senior schoolchildren (senior adolescence and early adolescence). In the framework of the diagnostic stage (before and after the experimental exposure), the following were used: Phillips' School Anxiety Test and Color Sociometry. At the experimental – formative stage – schoolchildren who were diagnosed with high (17.5%) and increased levels of anxiety (30.1%) were included in a virtual reality program to overcome nyctophobia. The results of the study confirmed the hypothesis of a decrease in the indicators of the state of anxiety in the study participants; the changes on the scale "General anxiety" of changes in the high level of anxiety  $\varphi^* = 3.3$  ( $p \leq 0.001$ ) were significant. Micro-changes in color attribution values occurred for all color groups, but significant changes in preferences for self-attribution of crimson color  $\varphi^* = 2.84$  ( $p \leq 0.05$ ), and brown color also gave significant results  $\varphi^* = 3.6^{**}$  ( $p \leq 0.001$ ), which may indirectly confirm changes in the state of anxiety in older students.

**Keywords:** virtual reality, anxiety, personality.

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education of the Russian Federation No. 730000F. 99. 1. BV09AA00006 "The impact of high-level virtual reality technologies on mental development in adolescence").

**Acknowledgements.** The authors are grateful for assistance in data collection Selivanov V.V.

**For citation:** Anikina V.G., Pobokin P.A., Ivchenkova J.Y. The Use of Virtual Reality in Overcoming the State of Anxiety. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 40–50. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021000004> (In Russ.).

## Введение

Сегодня, когда эффективное функционирование науки и современных технологий рассматривается в качестве неперемennого условия сбалансированного развития общества [20], роль технологий виртуальной реальности (ВР) возрастает в развитии любого государства. Исследования виртуальной реальности, в первый период своего становления, прежде всего затрагивали области компьютерных технологий и интернет-разработок [4; 12; 21; 24]. На данный момент использование технологий виртуальной реальности оказывается эффективным для разрешения актуальных задач психологических [1; 6; 14; 16], педагогических [3; 11; 23; 28], социальных исследований [28].





В целом, виртуальная реальность может рассматриваться как технология взаимодействия системы «человек—компьютер», которая позволяет пользователям погрузиться в трехмерную интерактивную информационную среду. В отечественной психологии технологии ВР активно используются при научном изучении влияния виртуальных образов и симулированных действий на мышление, память, обучение, психические состояния человека [11; 16; 17]; при исследовании зрительных иллюзий [9], параметров вестибулярного аппарата [22]; при исследовании эффекта присутствия [5].

Необходимо отметить, что эффекты воздействия ВР на психику человека пока еще не до конца ясны и требуют своего пристального внимания со стороны не только психологов-исследователей, но и психологов-практиков. Особое внимание в этом направлении уделяется коррекционному и терапевтическому потенциалу виртуальной реальности в работе с различными негативными состояниями психики человека и, прежде всего, с состоянием повышенной тревожности. В этом направлении ведутся работы как зарубежными, так и отечественными психологами [7; 8; 13; 19; 25; 27]. Хотелось бы отметить, что важной составляющей современных исследований является решение актуальных проблем, с которыми сталкивается личность в различные периоды своего развития и становления, в том числе и под действием ВР-технологий. В нашей статье такие данные будут представлены.

### Процедура исследования

В рамках представленного исследования нами была поставлена общая цель — определить и описать результаты применения виртуальной реальности в преодолении состояния тревожности у старшекласников. Гипотезой исследования выступило предположение о том, что применение программы ВР, направленной на преодоление тревожности, снизит высокие и повышенные показатели тревожности у старшекласников.

Исследование проводилось в несколько этапов: два диагностических этапа, которые были осуществлены до формирующего воздействия и после него. Само формирующее воздействие представлено программой по преодолению никтофобий [13]. На подготовительном этапе был произведен подбор диагностического материала и формирование выборки. Выборка исследования — 63 учащихся общеобразовательных школ города Смоленска в возрасте от 16 до 17 лет (средний возраст 16,5 лет). Из них 64% составляли юноши и 36% — девушки.

Дизайн исследования представлял собой первоначальную диагностику одной выборки с использованием «Теста школьной тревожности Филлипса», а также диагностики эмоционально-непосредственных связей учащихся в межличностных отношениях и оценки себя, значимого другого с помощью методики «Цветовая социометрия». Затем, по результатам проведенной диагностики, было осуществлено расщепление выборки на две группы — экспериментальную и контрольную. Экспериментальная группа была включена в формирующее воздействие с помощью программы по преодолению никтофобий. По окончании эксперимента была проведена постэкспериментальная диагностика.

До проведения формирующего эксперимента с помощью «Теста школьной тревожности Филлипса» была осуществлена диагностика тревожности на всей выборке. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Нормальный уровень тревожности в выборке имеют 52,4% учеников, это говорит о том, что процесс обучения не является для них травмирующим. У 30,1% респондентов диагностирован повышенный показатель по шкале «Общая тревожность», высокий уровень был выявлен у 17,5%. Эти результаты могут свидетельствовать о склонности респондентов



Таблица 1

**Результаты диагностики по методике  
 «Тест школьной тревожности Филлипса» (%) (N = 63)**

№ Факторы	Высокий уровень	Повышенный уровень	Низкий уровень	Стандартное отклонение $\Sigma$
1. Общая тревожность	17,5	30,1	52,4	8,6
2. Переживание социального стресса	8	42,8	49,2	13,5
3. Фрустрация потребности в достижении успеха	11,1	25,4	63,5	13,1
4. Страх самовыражения	8	20,6	71,4	10,4
5. Страх ситуации проверки знаний	11,1	39,7	49,2	8,7
6. Страх не соответствовать ожиданиям окружающих	15,9	39,7	44,4	11,9
7. Низкая физиологическая сопротивляемость стрессу	15,9	41,3	42,8	12,9
8. Проблемы и страхи в отношениях с учителями (преподавателями)	28,6	28,6	42,8	7,6

переживать тревожность разной степени интенсивности, которая может быть обусловлена непосредственно процессом обучения, проверкой и оценкой у учащихся знаний, взаимодействием с педагогическим коллективом и сверстниками.

По результатам диагностики 49,2% учащихся не переживают социального стресса, т. е. у представителей данной выборки отношения с социумом можно охарактеризовать как удовлетворительные, не травмирующие, позитивно окрашенные. Переживание социального стресса на повышенном уровне диагностируется у 42,8%, а на высоком уровне — у 8% респондентов.

В результате проведенной методики общая группа условно была поделена на две подгруппы: с нормальным уровнем общей тревожности — 1-я группа (40 человек) и с высоким и повышенным уровнем общей тревожности — 2-я группа (23 человека).

Вторая группа, с высоким уровнем тревожности, была протестирована повторно по методике «Тест школьной тревожности Филлипса» для последующего сравнения результатов после проведения психотерапевтического сеанса виртуальной реальности. Результаты исследования представлены в табл. 2.

В качестве оцениваемых переменных в исследовании осуществлялась: цветовая оценка себя, значимых других (друзей, родителей, одноклассников, учителей) с помощью методики «Цветовые отношения». На данном этапе исследования были реконструированы цветовые портреты каждого испытуемого, выявлена цветовая самооценка и цветовая гетерооценка предпочитаемых и отвергнутых. В цветовой интерпретации показателей выборки был сделан упор на исследования семантических значений цвета В.Ф. Петренко [10], исследования эмоционального состояния группы методом взаимного цветового оценивания П.В. Яньшина [18], исследование взаимосвязи цветовых предпочтений и идентификации с цветом Б.А. Базыма [2].

В результате проведенной социометрии были получены цветовые матрицы на каждого испытуемого с предпочитаемыми и отвергаемыми цветами, а также наделенными определенными содержательными значениями. После обобщения полученных данных мы получили средние значения цветовых предпочтений в 1-й группе с нормальным уровнем тревожности. Результаты исследования представлены в табл. 3.



Таблица 2

**Результаты вторичной диагностики по методике «Тест школьной тревожности Филлипа» у лиц с высоким уровнем тревожности (%) (N = 23)**

№ Факторы	Высокий уровень	Повышенный уровень	Низкий уровень	Стандартное отклонение $\Sigma$
1. Общая тревожность	34,8	43,5	21,7	5,6
2. Переживание социального стресса	47,8	34,8	17,3	7,5
3. Фрустрация потребности в достижении успеха	56,5	30,4	13,1	10,1
4. Страх самовыражения	43,5	30,4	26,1	5,4
5. Страх ситуации проверки знаний	39,1	53,1	8,8	6,7
6. Страх не соответствовать ожиданиям окружающих	56,5	30,4	13,1	6,9
7. Низкая физиологическая сопротивляемость стрессу	65,3	30,4	4,3	8,9
8. Проблемы и страхи в отношениях с учителями (преподавателями)	30,4	43,5	26,1	4,6

Таблица 3

**Показатели цветовой социометрии в 1-й группе (%) (нормальный уровень тревожности) (N=40)**

Цветовая самоатрибуция	%	Предпочтительная цветовая гетерооценка	Отвергаемая или частично отвергаемая цветовая гетерооценка	
		Явно предпочтительное – согласованное	Предпочтительно – противоречивое	Антипатия – конфликтное
Синий	13	Зеленый Красный	Желтый Оранжевый	Черный
Желтый	21	Красный Оранжевый Зеленый	Синий Малиновый	Серый Коричневый
Зеленый	15	Желтый Красный Синий	Оранжевый Серый	Коричневый Черный
Оранжевый	29	Желтый Красный Зеленый	Синий Малиновый	Серый Черный
Малиновый	2	Синий Зеленый Желтый	Оранжевый Черный Коричневый	Коричневый Серый
Красный	20	Желтый Оранжевый Зеленый	Серый Малиновый Коричневый Синий	Серый Коричневый

В данной группе отсутствует цветовая самооценка серого, черного и коричневого цветов. Малиновый цвет при выборе самооценки имеет наибольший средний показатель в 1-й группе учащихся. В целом, в 1-й группе высокий показатель, связанный с красным, желтым и оранжевыми цветами при самооценке учащихся, характеризует участников этой группы, исходя из



семантических значений этих цветов, как веселых, активных людей. Успокаивающие цвета зеленый и синий не преобладают в группе с нормальным уровнем тревожности. В предпочтительно-согласованной цветовой группе испытуемые с самооатрибуцией красного, желтого, оранжевого цветов показали те же цвета, кроме того, к ним добавился зеленый цвет. В группе предпочтительно-противоречивой цветовой гетерооценки для красного, оранжевого и желтого цветов появляются синий и серый цвета. Данные цвета обладают противоположными психосемантическими характеристиками с активными цветами красного, желтого и оранжевого, но они не стоят в группе антипатии, а скорее занимают нейтральное отношение к синему и серому.

Для результатов методики «Цветовая социометрия» в группе с высоким уровнем тревожности (2-я группа) характерно присутствие черного и коричневого цветов при цветовой самооценке, которые свидетельствуют, исходя из семантических значений, о наличии необоснованных страхов, агрессии со стороны окружающих. В данной группе наблюдается снижение показателей предпочтения в цветовой самооатрибуции желтого и оранжевого цветов. Выявлены высокие показатели предпочтения синего цвета при самооатрибуции при сравнении с 1-й группой. Показатели желтого, оранжевого и зеленого цветов гораздо ниже, чем в 1-й группе. Это может быть объяснено подсознательным желанием респондентов ограничить себя в социальных контактах, провоцирующих состояние тревоги. Во 2-й группе значительно выше показатель предпочтения малинового цвета. Примечательно, что красный цвет во второй группе не потерял своих позиций и имеет высокий показатель, но, исходя из характеристики группы с повышенным состоянием тревожности, это может говорить о переутомлении и перенапряжении, неспособности расслабиться, отвлечься; данный вывод можно сделать, исходя из сравнения выборов предпочтительно-согласованных цветов в 1-й группе, где отсутствовали серый и малиновый цвета.

### **Результаты формирующего эксперимента**

На этапе формирующего эксперимента осуществлялось воздействие ВР с использованием программы по преодолению никтофобий [13] на экспериментальную группу, которая представляла собой группу с высоким и повышенным уровнем тревожности.

После проведения сеансов виртуальной реальности нами были проведены повторные измерения уровня тревожности по методике «Тест школьной тревожности Филлипа», цветовая социометрия. Результаты исследования представлены в табл. 4.

Результаты диагностики при повторном измерении уровня тревожности с помощью методики «Тест школьной тревожности Филлипа» во 2-й группе показывают, что изменились данные по нескольким шкалам: по шкале «Общая тревожность» наблюдается повышение показателей нормального уровня — до 56,5%; также незначительно повысился показатель нормального уровня по шкале «Переживание социального стресса» — от 38,4% до 43,5%; показатели по шкале «Страх самовыражения» также повысились на нормальном уровне — до 47,8% и уменьшились на высоком уровне — 34,8%; по шкале «Страх ситуации проверки» уровень высокого показателя изменился от 39,1% до 26,1% и уменьшился по высокому уровню.

В экспериментальной группе после проведения сессии виртуальной реальности мы также наблюдаем изменения в цветовой чувствительности и цветовой самооценке у испытуемых. Количество предпочтений при цветовой самооценке синего цвета не изменилось, но в группе предпочтительно-согласованных исчез серый цвет. Увеличилось при самооценке количество выбора желтого и оранжевого цветов, которые характеризуются направленностью на общение, других людей. Выбор стимулирующих цветов может говорить о смене состояния респондента.



Таблица 4

**Результаты диагностики по методике «Тест школьной тревожности Филипса»,  
(группа № 2) после проведения эксперимента в экспериментальной группе (%) (N=23)**

Факторы	Высокий уровень	Средний и повышенный уровень	Низкий уровень
1. Общая тревожность	13,1	56,5	30,4
2. Переживание социального стресса	30,4	43,5	26,1
3. Фрустрация потребности в достижении успеха	43,5	30,4	26,1
4. Страх самовыражения	34,8	47,8	17,3
5. Страх ситуации проверки знаний	26,1	43,5	30,4
6. Страх не соответствовать ожиданиям окружающих	52,1	39,1	8,8
7. Низкая физиологическая сопротивляемость стрессу	56,5	30,4	13,1
8. Проблемы и страхи в отношениях с учителями (преподавателями)	26,1	43,5	30,4

тов. В группе снизились показатели предпочтений при самооценке малинового, коричневого и черного цветов, характеризующихся такими семантическими значениями, как эмоциональная чувствительность, агрессия, усталость, потребность в отдыхе. Изменения произошли в показателях красного цвета: в предпочтительно-согласованной группе исчез коричневый цвет, который переместился в группу предпочтительно-противоречивых; малиновый цвет вообще был отвергнут. Данные результаты могут свидетельствовать о нормализации состояния респондентов, так как в группе предпочтительно-согласованных остались лишь основные цвета.

Представим данные статистического сравнения результатов по методике «Тест школьной тревожности Филипса» после воздействия ВР на экспериментальную группу, с использованием  $\varphi^*$  — углового преобразования Фишера (табл. 5).

Значимые различия выявлены по шкале «Общая тревожность», изменения высокого уровня тревожности —  $\varphi^* = 1,83$  ( $p \leq 0,05$ ).

Представим результаты статистического сравнения результатов методики «Цветовая социометрия» после воздействия ВР на экспериментальную группу, с использованием  $\varphi^*$  — углового преобразования Фишера (табл. 6).

Значимыми оказались изменения в предпочтениях самоатрибуции малинового цвета —  $\varphi^* = 2,84$  ( $p \leq 0,05$ ). Изменения в предпочтении коричневого цвета также дали значимые результаты —  $\varphi^* = 3,6^{**}$  ( $p \leq 0,001$ ). Это косвенно доказывает, что произошли изменения в состоянии тревожности под воздействием виртуальной реальности.

### Заключение

Полученные в исследовании результаты позволяют нам сделать выводы о возможности применения ВР для практической работы со школьниками по преодолению высокой тревожности. Было выявлено значимое снижение показателей по шкале «Общая тревожность». По шкалам, которые связаны с личностными особенностями респондентов: социальные взаимоотношения, самопредъявления себя — изменения не наблюдались. На наш взгляд, это может быть связано с недостаточным количеством сеансов применения ВР, так как на микросемантическом уровне в цветовой самооценке все же изменения наблюдались. Проведение повторной цветовой



Таблица 5

**Статистические данные сравнения показателей тревожности  
 с использованием  $\phi^*$  –углового преобразования Фишера**

Факторы	Эмпирическое значение $\phi^*$	Высокий уровень (%)	Нормальный и повышенный Уровень (%)	Низкий Уровень (%)
Общая тревожность	до сеанса ВР	35	44	22
	после сеанса ВР	13	57	30
	$\phi^*$	1,83*	0,51	0,56
Переживание социального стресса	до сеанса ВР	48	35	17
	после сеанса ВР	30	44	26
	$\phi^*$	0,81	0,40	0,58
Страх самовыражения	до сеанса ВР	44	30	26
	после сеанса ВР	35	48	17
	$\phi^*$	0,40	0,81	0,58
Страх ситуации проверки знаний	до сеанса ВР	39	53	9
	после сеанса ВР	26	44	30
	$\phi^*$	0,67	0,35	1,6

Примечание: уровень статистической значимости : «\*» –  $p \leq 0,05$ .

Таблица 6

**Статистические данные сравнения показателей цветовой социометрии  
 с использованием  $\phi^*$  – углового преобразования Фишера**

Цветовая самоатрибуция	Количество предпочтений до сеанса ВР (%)	Количество предпочтений после сеанса ВР (%)	$\phi^*$
Синий	20	19	0,96
Желтый	12	18	1,78
Зеленый	19	12	1,06
Оранжевый	11	16	1,5
Малиновый	10	19	2,84*
Красный	20	18	0,71
Коричневый	6	2	3,6**
Черный	4	3	1,2

социометрии с целью выявления изменения личностных характеристик и цветовой самооценки и гетерооценки во второй группе показали, что после проведения сессии виртуальной реальности произошли изменения в цветовой чувствительности и цветовой самооценке у испытуемых.

**Литература**

1. Бабаева Ю.Д., Войскунский А.Е., Смылова О.В. Интернет: воздействие на личность // Гуманитарные исследования в Интернете / Под ред. А.Е. Войскунского. М.: Можайск-Терра, 2000. С. 11–39.
2. Базыма Б.А. Взаимосвязь цветовых предпочтений и идентификации с цветом. // Актуальные вопросы практической психологии и логопедии в учреждениях образования и охраны здоровья Украины: Материалы конференции. Харьков, 1998. С. 106–109.
3. Барабанищikov В.А., Суворова Е.В. Оценка эмоционального состояния человека по его видеоизображению // Экспериментальная психология. 2020. Том. 13, № 4. С. 4–24.
4. Белозеров С.А. Виртуальные миры: анализ содержания психологических эффектов аватаропосредованной деятельности // Экспериментальная психология. 2015. Том 8. № 1. С. 94–105.





5. *Величковский Б.Б.* Функциональная организация рабочей памяти: дисс. ... д-ра психол. наук. М., 2016. 340 с.
6. *Войскунский А.Е.* Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010. С. 177–178.
7. *Войскунский А.Е., Сенищников С.Л., Игнатъев М.Б., Никитин А.В., Трошин С.С.* Исследование динамики ситуативной тревожности при повторных выступлениях перед виртуальной аудиторией // Тезисы докладов третьей Международной конференции по когнитивной науке (20–25 июня 2008 г., Москва). М.: Художественно-издательский центр, 2008. Том 2. С. 567–568.
8. *Ивченко Ю.Ю.* Влияние средств виртуальной реальности на развитие познавательных процессов и некоторых личностных особенностей. Смоленск, 2017.
9. *Меньшикова Г.Я.* Зрительные иллюзии: психологические механизмы и модели: дисс. ... д-ра психол. наук. М., 2013. 301 с.
10. *Петренко В.Ф.* Многомерное сознание: психосемантическая парадигма. М.: Эксмо, 2013. 443 с.
11. *Побокин П.А.* Влияние средств виртуальной реальности на развитие мышления и знаний школьников по математике в ходе обучения: автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Ярославль, 2015. 24 с.
12. *Подкосова Я.Г., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н.* Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении // Вопросы современной науки и практики, 2011. № 2 (33). С. 104–111.
13. *Селиванов В.В.* Субъект и виртуальная реальность: психическое развитие, обучение. Смоленск: СмолГУ, 2016. 430 с.
14. *Селиванов В.В.* Теория мышления как процесса: экспериментальное подтверждение // Экспериментальная психология. 2019. № 1. С. 40–52. DOI:10.17759/exppsy.2019120104
15. *Селиванова Л.Н.* Субъектная педагогика как концентрированное выражение педагогических взглядов С.Л. Рубинштейна // Известия СмолГУ, 2011. № 4. С. 424–433.
16. *Селиванов В.В., Селиванова Л.Н.* Виртуальная реальность как метод и средство обучения [Электронный ресурс] // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society) (международный электронный журнал), 2014. Том 17. № 3. С. 378–391. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html> (дата обращения 18.12.2020).
17. *Селиванов В.В., Селиванова Л.Н.* Познание и личность в виртуальной реальности // Психология когнитивных процессов / Отв. ред. В.В. Селиванов. Смоленск: СмолГУ, 2015. С. 107–121.
18. *Яньшин П.В.* Исследование эмоционального состояния группы методом взаимного цветового оценивания // Вопросы психологии. 2000. № 3. С. 128–138.
19. *Harris S.R., Kemmerling R.L., North M.M.* Brief Virtual Reality Therapy for Public Speaking Anxiety // CyberPsychology & Behavior. 2002. Vol. 5(6). P. 543–550.
20. *Huan Xu.* Measuring the Efficiency of Education and Technology via DEA approach: Implications on National Development [Электронный ресурс] // Social Science. 2017. Vol. 6(4), P. 136. URL: <https://doi.org/10.3390/socsci6040136>
21. *Lombard M., Ditton T.* At the heart of it all: The concept of presence // Journal Of Computer-Mediated Communication. 1997. Vol. 3. P. 1–33.
22. *Menshikova Galina Ya., Kovalev Artem I., Klimova Oxana A., Barabanshikova Valentina V.* The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness // Psychology in Russia: State of the Art. 2017. Vol. 10. Iss. 3. P. 151–163. DOI:10.11621/pir.2017.0310
23. *Monaha T.* Virtual Reality for Collaborative E-learning / T. Monaha, G. McArdle, M. Bertolotto // Computers and Education. 2006. December.
24. *Petkova V.I., Ehrsson H.H.* When Right Feels Left: Referral of Touch and Ownership between the Hands [Электронный ресурс] // PLoS ONE. 2009. Vol. 4. № 9. URL: <http://www.plosone.org>
25. *Rothbaum B.O., Hodges L.F.* The Use of Virtual Reality Exposure in the Treatment of Anxiety Disorders // Behavior Modification. 1990. Vol. 23 (4). P. 507–525.
26. *Selivanov V.V., Selivanova L.N.* Cognitive processes and personality characteristics in the educational virtual reality // Jökull Journal. 2015. Vol. 65. Iss. 6.
27. *Wallach H.S., Bar-Zvi M., Safir M.* Virtual Reality-Assisted Treatment of Public Speaking Anxiety // Cyberpsychology & Behavior. 2006. Vol. 9 (6). P. 725–726.
28. *Zinchenko Yury P., Kovalev Artem I., Menshikova Galina Ya., Shaigerova Ludmila A.* Postnonclassical methodology and application of virtual real-ity technologies in social research // Psychology in Russia: State of the Art. 2015. Vol. 8. Iss.4. P. 60–71. DOI:10.11621/pir.2015.0405



## References

1. Babaeva Yu.D., Voiskunskii A.E., Smyslova O.V. Internet: vozdeistvie na lichnost' [Internet: Impact on the Personality] // *Gumanitarnye issledovaniya v Internete = Humanitarian Research on the Internet* / Pod red. A.E. Voiskunskogo [Ed. A.E. Voiskunsky]. Moscow: Mozhaik-Terra, 2000. pp. 11–39. (In Russ.).
2. Bazyma B.A. Vzaimosvyaz' tsvetovykh predpochtenii i identifikatsii s tsvetom. [The relationship of color preferences and identification with color] // *Materialy konferentsii «Aktual'nye voprosy prakticheskoi psikhologii i logopedii v uchrezhdeniyakh obrazovaniya i okhrany zdorov'ya Ukrainy»* [Materials of the conference "Topical issues of practical psychology and speech therapy in educational institutions and health care in Ukraine."]. Khar'kov [Kharkov], 1998. pp. 106–109. (In Russ.).
3. Barabanshchikov V.A., Suvorova E.V. Otsenka emotsional'nogo sostoyaniya cheloveka po ego videoizobrazheniyu [Assessment of the emotional state of a person by his video image] // *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology]. 2020. Vol. 13, № 4. pp. 4–24. (In Russ.).
4. Belozherov S.A. Virtual'nye miry: analiz soderzhaniya psikhologicheskikh effektov avatar-oposredovannoi deyatel'nosti [Virtual worlds: analysis of the content of psychological effects of avatar-mediated activity] // *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology]. 2015. Vol. 8. № 1. pp. 94–105. (In Russ.).
5. Velichkovskii B.B. Funktsional'naya organizatsiya rabochei pamyati [Functional organization of working memory]: diss. ... dok. psikhol. nauk [diss. ... Dr. psychol. Sciences]. Moscow, 2016. 340 p. (In Russ.).
6. Voiskunskii A.E. Psikhologiya i internet [Psychology and the Internet]. Moscow : Akropol', 2010. pp. 177–178. (In Russ.).
7. Voiskunskii A.E., Senyushchenkov S.L., Ignat'ev M.B., Nikitin A.V., Troshin S.S. Issledovanie dinamiki situativnoi trevozhnosti pri povtornykh vystupleniyakh pered virtual'noi auditoriei [Study of the dynamics of situational anxiety during repeated performances in front of a virtual audience] // *Tezisy dokladov tret'ei Mezhdunarodnoi konferentsii po kognitivnoi nauke (20–25 iyunya 2008 g., Moskva)* [Abstracts of the third International Conference on Cognitive Science (June 20–25, 2008, Moscow)]. Moscow: Khudozhestvenno-izdatel'skii tsentr [Art Publishing Center], 2008. Vol. 2. pp. 567–568. (In Russ.).
8. Ivchenkova Yu.Yu. Vliyaniye sredstv virtual'noi real'nosti na razvitie poznavatel'nykh protsessov i nekotorykh lichnostnykh osobennostei [The influence of virtual reality tools on the development of cognitive processes and some personality traits. Smolensk]. Smolensk, 2017. (In Russ.).
9. Men'shikova G.Ya [Menshikova G.Ya]. Zritel'nye illyuzii: psikhologicheskie mekhanizmy i modeli [Visual illusions: psychological mechanisms and models]:. diss. ... dokt. psikhol. nauk [diss. ... Dr. psychol. Sciences]. Moscow, 2013. 301 p. (in Russ.).
10. Petrenko V.F. Mnogomernoe soznanie: psikhosemanticheskaya paradigma [Multidimensional consciousness: psychosemantic paradigm]. Moscow: Eksmo, 2013. 443 p. (In Russ.).
11. Pobokin P.A. Vliyaniye sredstv virtual'noi real'nosti na razvitie myshleniya i znaniy shkol'nikov po matematike v khode obucheniya [The influence of virtual reality tools on the development of thinking and knowledge of schoolchildren in mathematics in the course of training]: Avtoref. diss. ... kand. psikhol. nauk [author. diss. ... Ph.D. psychol. sciences.]. Yaroslavl', 2015. 24 p. (In Russ.).
12. Podkosova Ya.G., Varlamov O.O., Ostroukh A.V., Krasnyanskii M.N. Analiz perspektiv ispol'zovaniya tekhnologii virtual'noi real'nosti v distantsionnom obuchenii [Analysis of the prospects for the use of virtual reality technologies in distance learning] // *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki* [Questions of modern science and practice], 2011. №2 (33). pp. 104–111. (In Russ.).
13. Selivanov V.V. Sub'ekt i virtual'naya real'nost': psikhicheskoe razvitie, obuchenie [Subject and virtual reality: mental development, learning]. Smolensk.: Izd-vo «SmolGU» [Publishing house "SmolSU"], 2016. 430 p. (In Russ.).
14. Selivanov V.V. Teoriya myshleniya kak protsess: eksperimental'noe podtverzhdenie [Theory of thinking as a process: experimental confirmation] // *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology]. 2019. № 1. pp. 40–52. doi:10.17759/exppsy.2019120104 (In Russ.).
15. Selivanova L.N. Sub'ektnaya pedagogika kak kontsentririrovannoe vyrazhenie pedagogicheskikh vzglyadov S.L. Rubinshteina [Subjective pedagogy as a concentrated expression of S.L. Rubinstein] // *Izvestiya SmolGU*, 2011. № 4. pp. 424–433. (In Russ.).
16. Selivanov V.V., Selivanova L.N. Virtual'naya real'nost' kak metod i sredstvo obucheniya [Virtual reality as a method and means of teaching] // *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo* (Educational Technology & Society)(mezhdunarodnyi elektronnyi zhurnal) [(international electronic journal)], 2014. T. [Vol.] 17. № 3. pp. 378–391. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html> (Accessed 18.12.2020). (In Russ.).



17. Selivanov V.V., Selivanova L.N. Poznanie i lichnost' v virtual'noi real'nosti [Cognition and personality in virtual reality] // Psikhologiya kognitivnykh protsessov [Psychology of cognitive processes] / Otv. red. Selivanov V.V. [ed. V.V. Selivanov]. Smolensk: SmolGU, 2015. pp. 107–121. (In Russ.).
18. Yan'shin P.V. Issledovanie emotsional'nogo sostoyaniya gruppy metodom vzaimnogo tsvetovogo otsenivaniya [Investigation of the emotional state of the group by the method of mutual color assessment] // Voprosy psikhologii [Questions of psychology]. 2000. № 3. pp. 128–138. (in Russ.).
19. Harris S.R., Kemmerling R.L., North M.M. Brief Virtual Reality Therapy for Public Speaking Anxiety // CyberPsychology & Behavior, 2002. Vol. 5 (6). pp. 543–550. (In Engl.)
20. Huan Xu. Measuring the Efficiency of Education and Technology via DEA approach: Implications on National Development, Social Science, 2017. 6 (4), 136; <https://doi.org/10.3390/socsci6040136>. (In Engl.)
21. Lombard M., Ditton T. At the heart of it all: The concept of presence // Journal Of Computer-Mediated Communication, 1997. V. 3. pp. 1–33. (In Engl.)
22. Menshikova Galina Ya., Kovalev Artem I., Klimova Oxana A., Barabanschikova Valentina A. The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness. Psychology in Russia: State of the Art. 2017. Volume 10, Issue 3: pp.151–163. doi:10.11621/pir.2017.0310
23. Monaha T. Virtual Reality for Collaborative E-learning /T. Monaha, G. McArdle, M. Bertolotto // Computers and Education, 2006. December. (In Engl.)
24. Petkova V.I., Ehrsson H.H. When Right Feels Left: Referral of Touch and Ownership between the Hands // PLoS ONE, 2009. V. 4. N. 9. URL: <http://www.plosone.org>. (In Engl.)
25. Rothbaum B.O., Hodges L.F. The Use of Virtual Reality Exposure in the Treatment of Anxiety Disorders // Behavior Modification, 1990. V. 23 (4). pp. 507–525. (In Engl.)
26. Selivanov V.V., Selivanova L.N. Cognitive processes and personality characteristics in the educational virtual reality // Jökull Journal, 2015. V. 65. Issue 6. (In Engl.)
27. Wallach H.S., Bar-Zvi M., Safir M. Virtual Reality-Assisted Treatment of Public Speaking Anxiety // CyberPsychology & Behavior, 2006. V. 9 (6). pp. 725–726. (In Engl.)
28. Zinchenko Yury P., Kovalev Artem I., Menshikova Galina Ya., Shaigerova Ludmila A. Postnonclassical methodology and application of virtual real-ity technologies in social research. Psychology in Russia: State of the Art. 2015. Volume 8, Issue 4: 60–71. doi:10.11621/pir.2015.0405 (In Engl.).

### **Информация об авторах**

*Аникина Вероника Геннадьевна*, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-6595>, e-mail: [vegav577@mail.ru](mailto:vegav577@mail.ru)

*Побокин Павел Анатольевич*, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии, Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7814-0463>, e-mail: [p.pobokin@yandex.ru](mailto:p.pobokin@yandex.ru)

*Ивченкова Юлия Юрьевна*, внештатный сотрудник кафедры общей психологии, Смоленский государственный университет (ФГБОУ ВО СмолГУ), г. Смоленск, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4371-7074>, e-mail: [juliusdaisy@gmail.com](mailto:juliusdaisy@gmail.com)

### **Information about the authors**

*Veronica G. Anikina*, PhD in Psychology, Associate Professor, Chair of General Psychology, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-6595>, e-mail: [vegav577@mail.ru](mailto:vegav577@mail.ru)

*Pavel A. Pobokin*, PhD in Psychology, Associate Professor, Chair of General Psychology, Smolensk State University, Smolensk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7814-0463>, e-mail: [p.pobokin@yandex.ru](mailto:p.pobokin@yandex.ru)

*Julia Y. Ivchenkova*, Freelance Employee, Chair of General Psychology, Smolensk State University, Smolensk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4371-7074>, e-mail: [juliusdaisy@gmail.com](mailto:juliusdaisy@gmail.com)

Получена 10.11.2020

Принята в печать 21.12.2020

Received 10.11.2020

Accepted 21.12.2020



# ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ И МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

**КАПУСТИНА В.Ю.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ),*

*г. Москва, Российская Федерация*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7628-4308>, e-mail: [14057796@mail.ru](mailto:14057796@mail.ru)*

**ЗИКЕЕВА Е.А.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ),*

*г. Москва, Российская Федерация*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0248-2432>, e-mail: [elizavetazikeeva@gmail.com](mailto:elizavetazikeeva@gmail.com)*

Работа направлена на изучение эффективности влияния обучающих программ виртуальной реальности (VR) на формирование учебной мотивации и мышления у студентов в процессе обучения высшей математике. Актуальность исследования связана с введением в образовательную практику новых методов и технологий обучения с использованием средств VR. Представлены материалы эмпирического исследования, полученные на выборке студентов 1-го и 4-го курсов Российского технологического университета МИРЭА. В исследовании (N=90) приняли участие респонденты в возрасте от 17 до 21 лет, из которых 23,33% женского пола. Применен метод выравнивания групп. Испытуемые были разделены на 3 группы — одну экспериментальную и две контрольных. В экспериментальной группе № 1 участникам предлагалось изучение дидактического материала в VR-программе «Поверхности второго порядка». В контрольной группе № 2 обучение проходило в традиционной форме (изучение темы с учебником). В контрольной группе № 3 целенаправленного изучения темы в промежутке между тестированиями не было. До и после учебной работы/отдыха были проведены замеры знаний теории линейной алгебры по теме «Поверхности второго порядка», текущего состояния по методике САН и опрос студентов по методике для диагностики учебной мотивации (А.А. Реан и В.А. Якунин, в модификации Н.Ц. Бадмаевой). Полученные результаты показали, что работа в VR-программе также эффективна для формирования мышления, как и чтение учебника. При этом наблюдалось улучшение общего состояния респондентов после работы в VR-программе.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, мышление, обучение, учебная мотивация.

---

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания Министерства просвещения РФ (2020-2022) №730000Ф.99.1.БВ09АА00006, по теме: «Влияние технологий виртуальной реальности высшего уровня на психическое развитие в юношеском возрасте».

**Для цитаты:** Капустина В.Ю., Зикеева Е.А. Формирование учебной мотивации и мышления у студентов средствами виртуальной реальности // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 51—63.  
DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000005>



# FORMATION OF EDUCATIONAL MOTIVATION AND THINKING IN STUDENTS BY MEANS OF VIRTUAL REALITY

VASILISA YU. KAPUSTINA

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7628-4308>, e-mail: 14057796@mail.ru

ELIZAVETA A. ZIKEEVA

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0248-2432>, e-mail: elizavetazikeeva@gmail.com

The work is aimed at studying the effectiveness of the influence of virtual reality training programs on the formation of educational motivation and thinking among students in the study of higher mathematics. The materials of an empirical study obtained on a sample of 1st and 4th year students of the Russian Technological University MIREA are presented. The study included 3 groups: one experimental group and two control groups. In group 1 (experimental), participants were offered to work in the VR program “Second-order Surfaces”, in group 2 – to read a textbook on this topic, group 3 was offered to relax between the two stages of the experiment. The study (N=90) involved respondents aged 17 to 21 years, of which 23.33% were female. The method of group alignment is applied. The study included 2 measurements of knowledge of the theory of linear algebra on the topic “Second-order surfaces” (before and after working in the program\ textbook reading\rest) and 2 measurements of the current state according to the SAN methodology. The results obtained suggest that working in a virtual reality program for the formation of thinking is as effective as reading a textbook. At the same time, there was an improvement in the overall condition of respondents after working in the VR program: the effectiveness of students increased. A further survey of students using the methodology for diagnosing students' learning motivation (A. A. Rean and V. A. Yakunin, modifications by N. TS Badmaeva) showed an increase in educational and cognitive motivation among students working in the VR program.

**Keywords:** virtual reality, thinking, learning, learning motivation.

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education of the Russian Federation (2020-2022) №730000Ф.99.1.БВ09АА00006, the project “Influence of high-level virtual reality technologies on mental development in adolescence”.

**For citation:** Kapustina V.Yu., Zikeeva E.A. Formation of Educational Motivation and Thinking in Students by Means of Virtual Reality. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021000005> (In Russ.).

## Введение

В современной образовательной практике внедрение новых технологий, методов и средств обучения становится жизненной необходимостью. В связи с этим особо важно исследование применения сложного оборудования и техники в процессе обучения. При этом актуальная проблема научной психологии – изучение процесса мышления и учебной мотивации предстает в новом ракурсе. У современного человека необходимость постоянного приобретения новых знаний и обработки большого количества поступающей информации, предопределяет значимость формирования высокого уровня критического мышления. Данное утверждение является первостепенным для студентов технических вузов, поскольку-





ку они находятся у самых основ создания новых технологий. В процессе преподавания высшей математики необходимо использовать методы обучения, которые обеспечивают сам процесс формирования мышления и различных профессиональных компетенций у будущих инженеров, математиков и программистов, а также способствуют формированию учебной мотивации у студентов. Одним из таких методов обучения представляется работа в виртуальной реальности (ВР), так как в ней обеспечена широкая возможность анимации и осуществления действий в информационном пространстве, что способствует реализации принципов наглядности, доступности, сознательности и активности.

**Проблема исследования:** эффективность использования виртуальных обучающих программ в процессе изучения линейной алгебры, в первую очередь для формирования мышления и учебной мотивации.

**Гипотеза исследования:** применение средств виртуальной реальности в изучении линейной алгебры будет эффективно влиять на ход и результативность мыслительного процесса студентов (H1).

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенные рекомендации по применению средств виртуальной реальности в изучении высшей математики могут быть использованы в работе преподавателей технических и педагогических вузов.

### Теоретический конструкт

На теоретическом этапе работы был проведен анализ научных статей по близким к нашему исследованию темам за последние годы и более ранние работы.

В.В. Селиванов в статье «Теория мышления как процесса: Экспериментальное подтверждение» рассмотрел основные положения теории мышления А.В. Брушлинского, ее развитие в современной психологии [12]. А.А. Марголис, Л.С. Куравский, В.К. Войтов, В.С. Юркевич и другие в статье «Интеллект, креативность и успешность решения задач учащимися среднего школьного возраста в компьютерной игре "PLines"» описали характер взаимосвязи психометрических показателей интеллекта и креативности учащихся среднего школьного возраста с успешностью решения задач в компьютерной игре [6]. В статье Н.Б. Шумаковой «Познавательная активность и креативность младших школьников с высокими интеллектуальными способностями в разных образовательных средах» показано, что интеллектуально одаренные младшие школьники, обучающиеся в условиях образовательной среды, характеризующейся высоким уровнем когнитивной сложности, диалогичности и ценностью творческой активности ребенка, обнаруживают достоверно более высокие показатели вербальной креативности, а также уровня, глубины и широты познавательной активности, чем их одаренные сверстники, обучающиеся в условиях типовой (традиционной) образовательной среды [15]. О.И. Крушельницкая, М.В. Полевая, А.Н. Третьякова в статье «Мотивация к получению высшего образования и ее структура» исследовали особенности мотивации получения высшего образования, ведущие мотивы, мотивационную структуру [4]. И.Е. Ржанова, О.С. Алексеева, Ю.А. Бурдукова в статье «Успешность в обучении: взаимосвязь флюидного интеллекта и рабочей памяти» представили обзор современных работ, посвященных исследованиям взаимосвязи флюидного интеллекта и рабочей памяти [10].

Анализ научных источников по данной теме позволил подойти к исследованию со следующих позиций:

1) в юношеском возрасте преобладает развитие абстрактного, словесно-логического и теоретического мышления [5]; развиваются функции планирования и принятия решений,





увеличивается гибкость и креативность мышления [8]; увеличивается уровень рефлексии, самоконтроля и саморегуляции [7];

2) в процессе преподавания высшей математики обычно используются индуктивные и дедуктивные методы, что способствует формированию у студентов конкретного и абстрактного видов мышления (на занятиях по линейной алгебре), формированию метакогнитивного плана мышления [14];

3) учебная мотивация — это частный вид мотивации, включенной в учебную деятельность [3]. При этом мотив — побудитель к действию, включающий потребность и объект ее удовлетворения (опредмеченная потребность) (А.Н. Леонтьев). В данном исследовании мотивация обучения рассмотрена в более широком смысле — в качестве общего названия для процессов, интериоризованных методов, средств побуждения учащихся к продуктивной познавательной деятельности, к активному освоению содержания образования [2]; кроме того, как и любой другой вид мотивации, она системна и характеризуется, в первую очередь, направленностью, устойчивостью и динамикой [9];

4) виртуальная реальность (VR) — мнимый, искусственный мир, создаваемый на основе имитационно-симуляционных технологий, путем их воздействия на органы чувств в зависимости от того, кто его воспринимает. Такая VR характеризуется четырьмя основными качествами: трехмерностью информационных объектов; возможностью анимации (визуальное отображение изменений объекта или объектов, плюс возможность передвижения в информационной среде); интерактивностью (взаимодействие с пользователем в режиме реального времени за счет сетевой обработки данных); созданием эффекта присутствия (presence) (иллюзия содействия с предметами и/или субъектами в VR) [1].

Виртуальная реальность с этих позиций относится как к методам и к средствам, так и к технологиям процесса обучения, а также выступает в роли средства формирования учебной мотивации у студентов. Этот факт позволяет говорить о виртуальной реальности как об эффективном способе воздействия на психику обучающегося [12]. Выделяются конкретные результаты воздействия виртуальной реальности на мышление человека:

1) возникновение новых нестандартных мыслей о связях условий и требований задачи;

2) увеличение количества семантических связей в мышлении;

3) расширение зоны поиска решения [11].

Таким образом, для юношеского возраста характерно развитие абстрактного мышления. Высшая математика по своим свойствам выступает средством развития абстрактного мышления у студентов. В качестве средства изучения высшей математики и формирования учебной мотивации у студентов могут быть использованы технологии виртуальной реальности.

### Эмпирическая часть

База для исследования: Российский технологический университет МИРЭА.

В выборку вошли 90 человек от 17 до 21 года, из которых 23,33% — женского пола.

Респонденты поделены на 3 группы: одна экспериментальная и две контрольные. Для обеспечения большей надежности исследования применен метод выравнивания групп по параметрам пол и курс. В каждой группе — по 30 человек: 25 человек — мужского пола, 5 — женского; 23 студента в каждой группе учатся на 1-м курсе, 7 — на 4-м курсе.

На рис. 1 представлена гистограмма распределения по возрасту. По этому параметру не проводилось выравнивание групп, поэтому соотношения различаются.

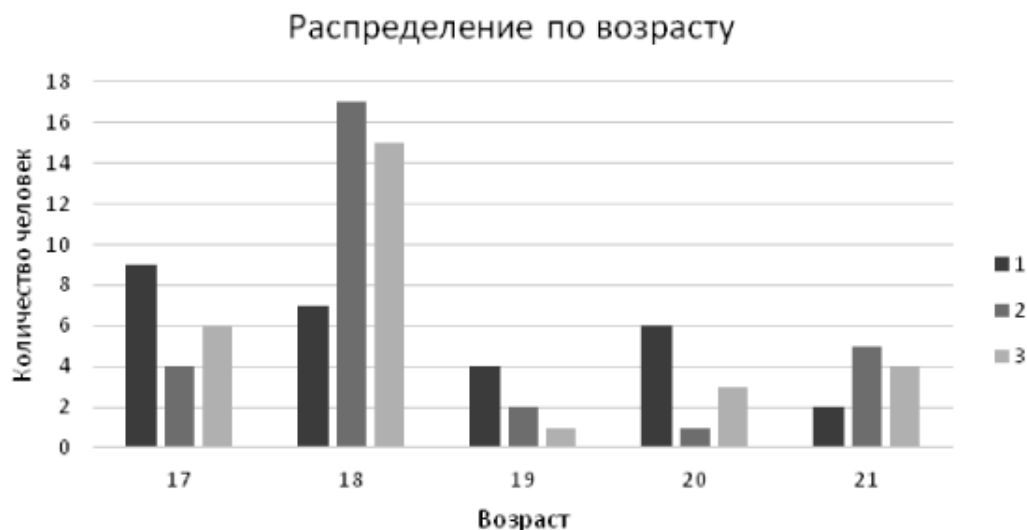


Рис. 1. Гистограмма «Распределение по возрасту»

На рис. 2 показано распределение по самооценке успеваемости. Здесь студентам предлагалось самостоятельно оценить свою успеваемость по 10-бальной шкале. Необычно, что во всех группах распределение по оценке успеваемости получилось нормальным.

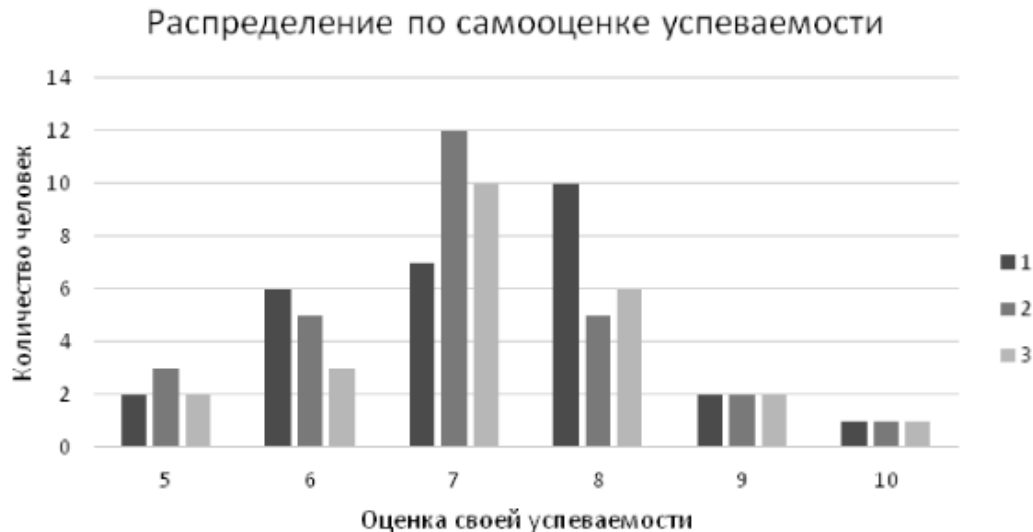


Рис. 2. Гистограмма «Распределение по самооценке успеваемости»

**Методики.** В каждой группе испытуемых произведено два замера знаний теории линейной алгебры по теме «Поверхности второго порядка», два замера текущего состояния по методике САН – самочувствие, активность, настроение (Н.А. Лаврентьева, М.П. Мирошников, В.А. Доскин, В.Б. Шарай (1973)) и два замера учебной мотивации по методике (А.А. Реан и В.А. Якунин, в модификации Н.Ц. Бадмаевой).



Два теста по теории линейной алгебры разрабатывались совместно с преподавателями высшей математики и включают в себя 10 вопросов, среди которых 8 — вопросы с выбором ответа из предложенных и 2 — требующие развернутого ответа.

### Процедура исследования

Исследование включает в себя два эксперимента. Схема эксперимента № 1: 1) констатирующий этап; 2) формирующий этап; 3) контрольный этап. Во время констатирующего этапа участники всех групп проходят первый тест на знание теории темы «Поверхности второго порядка», а также опросник САН.

Во время формирующего этапа респонденты группы № 1 (экспериментальной) работают в VR-программе, респонденты группы № 2 (контрольной) читают учебник по линейной алгебре, респонденты группы № 3 (контрольной) не занимаются целенаправленным изучением темы и отдыхают.

Во время контрольного этапа эксперимента участники всех групп осуществляют две диагностики: решают второй тест на знание теории темы «Поверхности второго порядка» и отвечают на опросник САН для определения текущего психического состояния.

Схема эксперимента № 2, такая же, как и в эксперименте № 1, была реализована через 2 месяца в тех же группах на дидактическом материале по другой теме высшей математики.

Во время констатирующего этапа участники всех групп тестируются по методике для диагностики учебной мотивации студентов (А.А. Реан и В.А. Якунин, модификация Н.Ц. Бадмаевой).

Формирующий этап эксперимента № 2 совпадает с аналогичным этапом эксперимента № 1.

Во время контрольного этапа участники всех групп повторно тестируются по методике диагностики учебной мотивации студентов (А.А. Реан и В.А. Якунин, модификация Н.Ц. Бадмаевой).

**В качестве независимой переменной выступало оборудование — дидактическая VR-программа «Поверхности второго порядка».** Для данной программы был написан специалистом подробный (покадровый сценарий), затем методистом осуществлена редакция его содержания, после этого все объекты были сформированы в программе 3-D Max, окончательная сборка и «озвучка» осуществлялась в «движке» Unity. Просмотр и работа в таком программном продукте занимает в среднем 8–15 минут времени. Меню программы позволяет перейти в «виртуальные комнаты» для изучения тем линейной алгебры («О поверхностях второго порядка» или определенных объемных фигур «Эллипсоид», «Двуполостный гиперboloид», «Конус» и т. д.). Перемещение внутри VR-программы позволяет исследовать различные математические трехмерные объекты — поверхности второго порядка (однополостный гиперboloид, двуполостный гиперboloид, конус, эллипсоид, эллиптический параболоид, эллиптический цилиндр, параболический цилиндр, гиперболический цилиндр, гиперболический параболоид); при этом интерактивность поддерживается на протяжении всего процесса обучения. Это позволяет поэтапно изучать выбранную тему. В VR-программах имеется возможность приближать и удалять фигуры, видеть различные сечения фигур, смотреть на них с разных сторон, вращать геометрическое пространство в любых отношениях, что обеспечивает широкую анимацию для образовательного процесса.

На рис. 3 и 4 представлены однополостный гиперboloид и сечение эллиптического параболоида из программы «Поверхности второго порядка».



Для выбора оси вращения нажмите  
клавиши X, Y, Z.  
Для вращения переместите мышь влево  
или вправо.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad a > 0, \quad b > 0, \quad c > 0$$

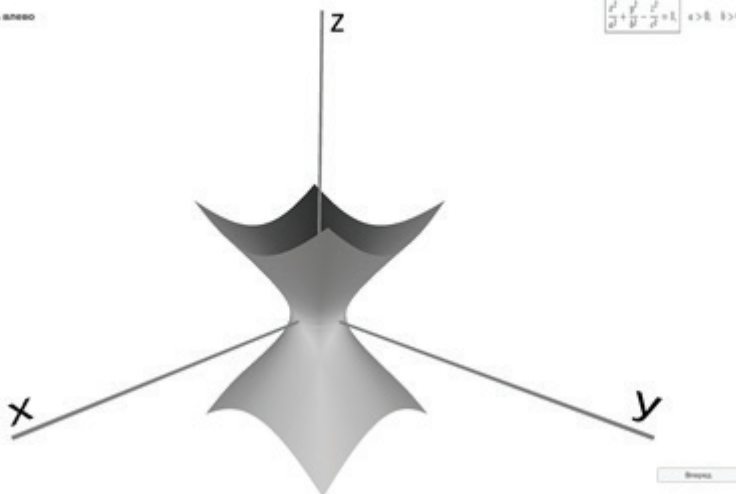


Рис. 3. Однополосный гиперboloид в программе «Поверхности второго порядка»

Для смещения сечения вращайте колесо  
мышь.

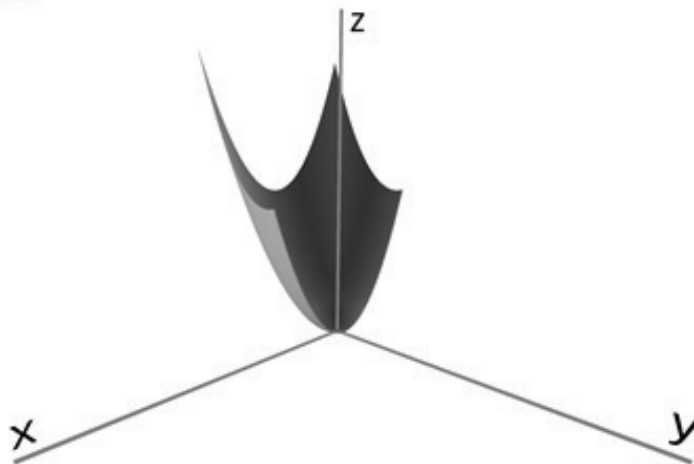


Рис. 4. Сечение эллиптического параболоида в программе «Поверхности второго порядка»

## Результаты

Результаты исследования отражены в изменениях трех основных показателей: уровень мышления и знаний по изучаемой теме, психическое состояние и мотивация к учебной деятельности.

На рис. 5 и 6 прослеживается сдвиг распределения по показателю «знание теории» у испытуемых. Респонденты группы № 1 после работы в VR-программе стали значительно лучше знать теорию. Респонденты группы № 2, которые читали учебник, также продемонстрировали более высокие показатели по знанию теории, чем в начале исследования. У них отмечено существенное увеличение среднего показателя в целом по группе, хотя меньшее, чем у группы № 1.

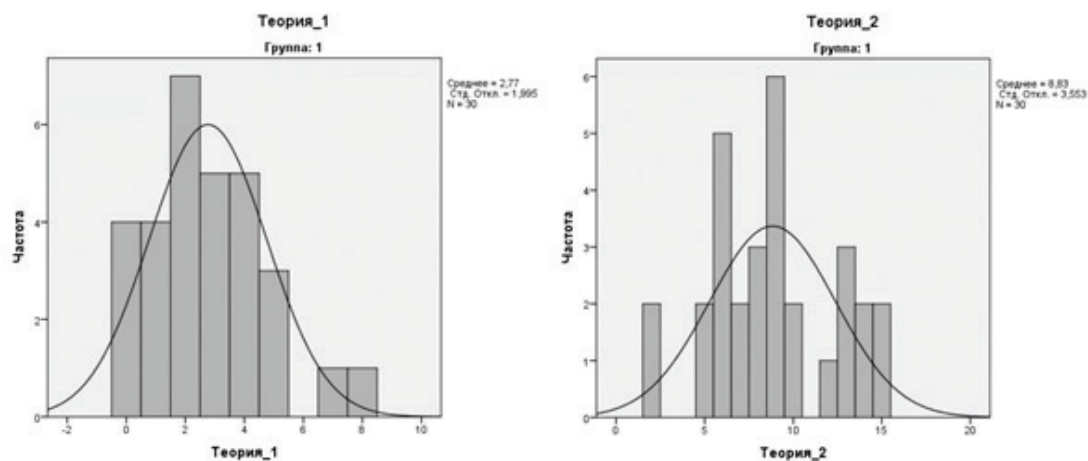


Рис. 5. Гистограммы распределения знания теории у первой группы до и после формирующего этапа эксперимента № 1

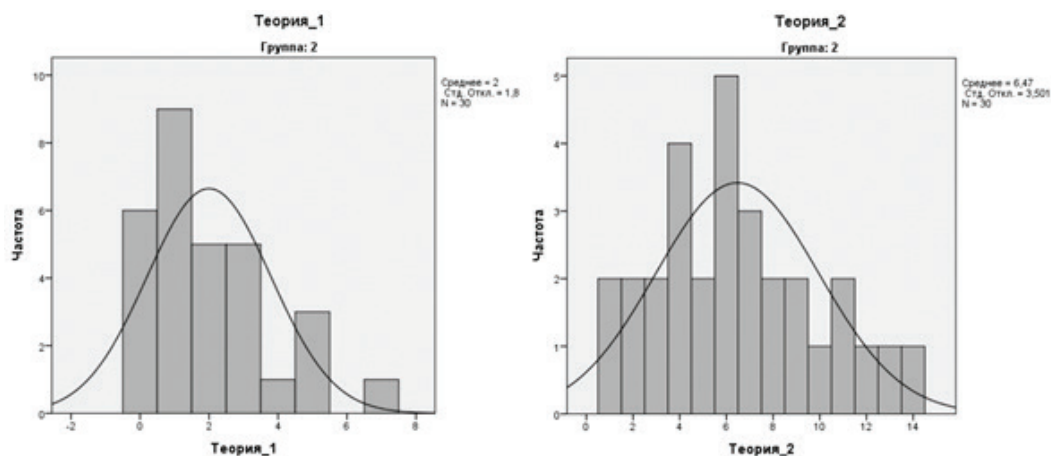


Рис. 6. Гистограммы распределения знания теории у второй группы до и после формирующего этапа эксперимента № 1

У контрольной группы № 3 среднее значение тоже увеличилось, но в меньшей степени (рис. 7). Это было ожидаемо, поскольку участники этой группы не осваивали дидактический материал по данной теме, учебной нагрузки в перерыве между тестированиями у них не было, со стороны экспериментаторов на психику испытуемых не оказывалось никакого влияния и, можно сказать, что они отдыхали во время формирующего этапа эксперимента № 1.

Для анализа показателей изменения уровня мышления, знаний и психического состояния применялся критерий Вилкоксона. В табл. 1 приведены обработанные результаты эксперимента № 1.

Из табл. 1 видно, что в группах № 1 и № 2 выявлены значимые различия по уровню мышления и знания теории, т. е. усвоение учебного материала прошло успешно. Это позволило утвердиться в гипотезе о том, что применение средств виртуальной реальности в изучении линейной алгебры эффективно влияет на ход и результативность мыслительного процесса у студентов Н1.

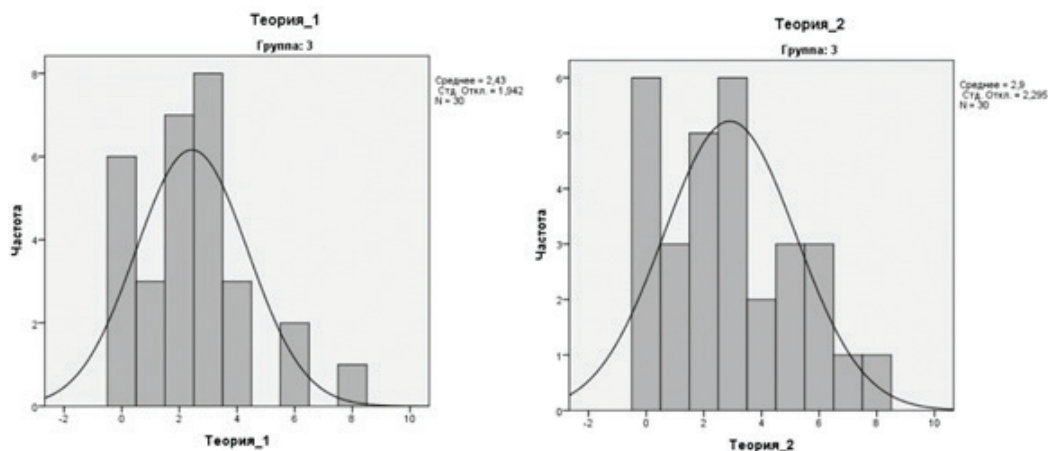


Рис. 7. Гистограммы распределения знания теории у третьей группы до и после формирующего этапа эксперимента № 1

Таблица 1

**Результаты эксперимента (знание теории и психическое состояние)**

Группа	Мышление и знание теории	Состояние
Группа № 1	H1	H1
Группа № 2	H1	H0
Группа № 3	H0	H0

Кроме того, в табл. 1 показано, что состояние имеет значительные различия только в группе № 1, т. е. сдвиг произошел в положительную сторону и общее состояние респондентов улучшилось после работы в программе (рис. 8).

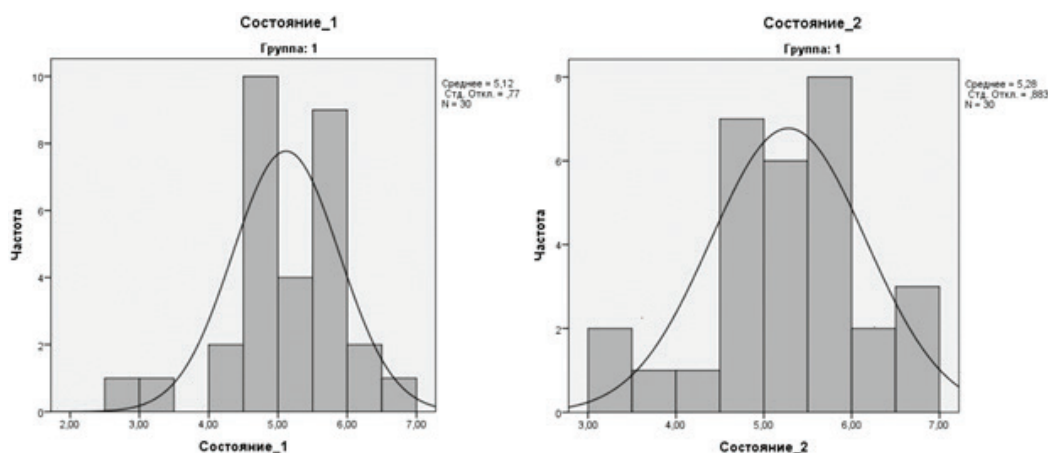


Рис. 8. Гистограммы распределения состояния у первой группы до и после формирующего этапа эксперимента № 1

Применение для исследования опросника САН позволило детализировать компоненты психического состояния и понять, что именно изменилось: самочувствие, активность или настроение (табл. 2).





Таблица 2

**Результаты эксперимента № 1 (самочувствие, настроение, активность)**

Группа	Самочувствие	Настроение	Активность
Группа 1	Н0	Н0	Н1
Группа 2	Н0	Н0	Н0
Группа 3	Н0	Н0	Н0

Результаты показывают, что значимые различия, по критерию Вилкоксона, присутствуют только в группе № 1 в параметре «Активность». Распределение этого параметра представлено на рис. 9 и явно указывает на положительную динамику после работы в VR-программе, что отразилось на увеличении активности участников эксперимента. Объективно среднее группы № 1 по параметру «Активность» возросло на 7,39%. Т-критерий Вилкоксона = 0,02. Следовательно, различия между показателем активности до и после работы в обучающей VR-программе значимые, что также зафиксировано в табл. 2.

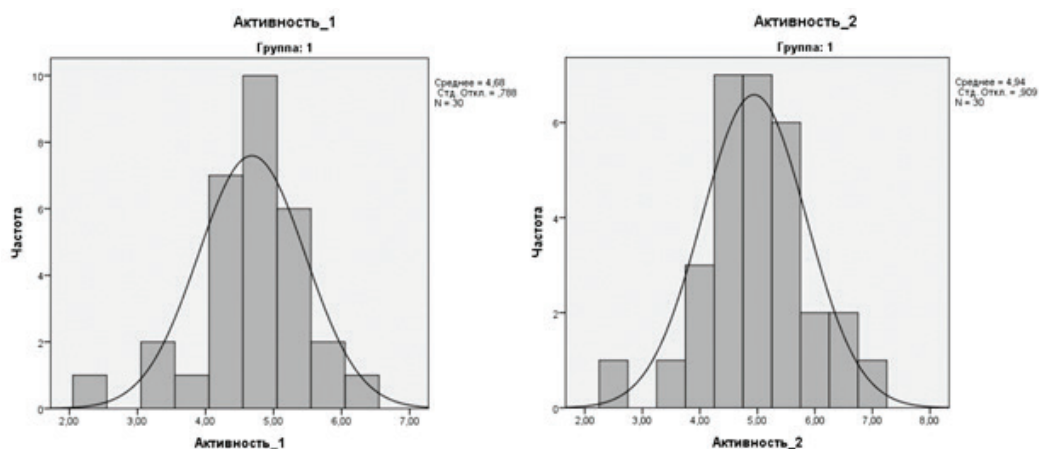


Рис. 9. Гистограммы распределения показателя активности у первой группы до и после формирующего этапа эксперимента № 1

Полученные результаты позволили сделать предположение о том, что после работы в VR-программе у студентов увеличивается учебная мотивация. Для проверки данного утверждения был организован эксперимент № 2. Его результаты подтвердили, что повышение уровня знаний по сложной теме в сочетании с улучшением общего психического самочувствия повышает и мотивацию к учебной деятельности. Динамика уровня мотивации в экспериментальной группе № 1 показана на рис. 10. Больше всего положительные изменения заметны по шкалам: «Мотивы творческой самореализации» и «Учебно-познавательные мотивы». В целом, среднее по параметру «Мотивация» выросло на 6,27%.

### Выводы

Полученные в ходе проведения экспериментального исследования результаты позволяют говорить о том, что для получения знаний и формирования мышления у студентов средства виртуальной реальности могут быть не менее эффективны, чем традиционный метод чтения литературы. На основании этого заключения сделаны следующие выводы.

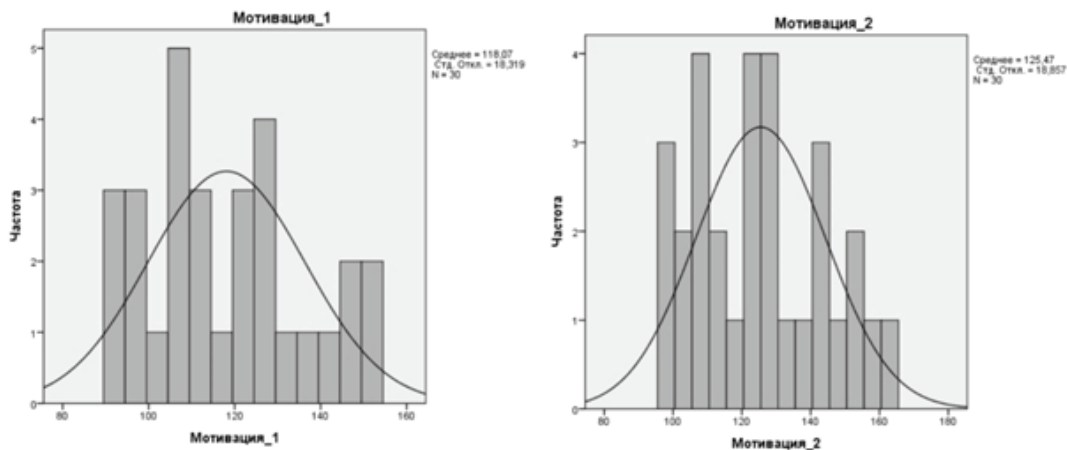


Рис. 10. Гистограммы распределения показателя мотивации у первой группы до и после формирующего этапа эксперимента № 2

1. Работа в обучающих VR-программах формирует специфически познавательную мотивацию, интерес к обучению.

2. Развивающий эффект дидактических программ в VR определяется трехмерным изображением познаваемых объектов, широкой возможностью осуществления действий с предметами (анимацией), эффектом присутствия, интерактивностью ситуации, осуществлением визуализации абстрактных моделей и др.

3. Виртуальные обучающие программы оказывают положительное влияние на настроение испытуемых. При использовании таких программ повышается настроение возрастают показатели некоторых параметров психических состояний: самочувствие, активность, мотивация к учебной деятельности.

Данные утверждения совпадают с теоретическими исследованиями влияния VR на психику человека [10].

Таким образом, гипотеза исследования подтверждена: применение средств VR в изучении линейной алгебры будет эффективно влиять на ход и результативность мыслительного процесса у студентов.

### Литература

1. Взаимодействие личности и виртуальной реальности: психическое развитие и личностная детерминация: монография / Под ред. В.А. Барабанщикова, В.В. Селиванова. М.: Универсум, 2019. 430 с.
2. Гордашиков В.А., Осин А.Я. Образование и здоровье студентов медицинского колледжа. М.: Академия естествознания, 2009. 296 с.
3. Зимняя И.А. Педагогическая психология. М.: Логос, 2004. 384 с.
4. Крушельницкая О.И., Полевая М.В., Третьякова А.Н. Мотивация к получению высшего образования и ее структура [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2019. Том 11. № 2. С. 43–57. DOI:10.17759/psyedu.2019110205
5. Малютина Т. В. Психологические и психофизиологические особенности развития в юношеском возрасте / Т. В. Малютина // Омский научный вестник. — 2014. — № 2 (126). — С. 129–133.
6. Марголис А.А., Куравский Л.С., Войтов В.К., Гаврилова Е.В., Ермаков С.С., Петрова Г.А., Шепелева Е.А., Юркевич В.С. Интеллект, креативность и успешность решения задач учащимися среднего школьного возраста в компьютерной игре «PLines» // Экспериментальная психология. 2020. Том 13. № 1. С. 122–137. DOI:10.17759/exppsy.2020130109



7. *Молохина Г.А.* Возрастные и гендерные особенности стиля мышления студентов: автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Ростов-н/Д, 2010. 19 с.
8. *Пиаже, Ж.* Эволюция интеллекта в подростковом и юношеском возрасте // Жан Пиаже: теория, эксперименты, дискуссии / Под ред. Л.Ф. Обуховой, Г.В. Бурменской. М.: Гардарики, 2001. С. 232–243.
9. *Пономаренко А.А., Ченобытов В. А.* Теоретические основы исследования учебной мотивации студентов // Молодой ученый. 2013. № 1(48). С. 356–358. — URL: <https://moluch.ru/archive/48/5987/> (дата обращения: 01.10.2020).
10. *Ржанова И.Е., Алексеева О.С., Бурдукова Ю.А.* Успешность в обучении: взаимосвязь флюидного интеллекта и рабочей памяти // Психологическая наука и образование. 2020. Том 25. № 1. С. 63–74. DOI:10.17759/pse.2020250106
11. *Селиванов В.В.* Процессуальные характеристики мышления в структуре интеллекта / Ред. А.Г. Егоров, В.В. Селиванов // Психология когнитивных процессов (материалы 3-ей международной конференции). Смоленск: Универсум, 2009. С. 99–106.
12. Селиванов В.В. Теория мышления как процесса: экспериментальное подтверждение // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 1. С. 40–52. DOI:10.17759/exppsy.2019120104
13. *Селиванов В.В., Селиванова, Л.Н.* Виртуальная реальность как метод и средство обучения // Образовательные технологии и общество. Международный электронный журнал (Educational Technology & Society). 2014. Т. 17. № 3. С. 378–391.
14. *Фридман Л.М.* Теоретические основы методики обучения математике. М.: Ленанд, 2014. 248 с.
15. *Шумакова Н.Б.* Познавательная активность и креативность младших школьников с высокими интеллектуальными способностями в разных образовательных средах [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2019. Том 11. № 1. С. 57–69. DOI:10.17759/psyedu.2019110105

## References

1. Vzaimodeystviye lichnosti i virtual'noy real'nosti: psikhicheskoye razvitiye i lichnostnaya determinatsiya [The interaction of personality and virtual reality: mental development and personal determination] / pod red. Barabanshchikova V.A., Selivanova V.V. [ed. Barabanshchikov V.A., Selivanov V.V.] (monografiya) [(monograph)]. Moscow: Universum, 2019. 430 p. (In Russ.).
2. *Gordashnikov V.A., Osin A.Ya.* Obrazovaniye i zdorov'ye studentov meditsinskogo kolledzha. [Education and health of medical college students] Tekst [Text]. — Moscow: Izdatel'stvo «Akademiya Yestestvoznaniya» [Publishing House “Academy of Natural Sciences”], 2009 ISBN 978-5-91327-045-0. (In Russ.).
3. *Zimnaya I.A.* Pedagogicheskaya psikhologiya. [Pedagogical psychology] Tekst [Text]. Moscow: Izdatel'stvo «Logos» [Publishing house “Logos”], 2004. 384 p. ISBN: 5-94010-018-X. (In Russ.).
4. *Krushelnitskaya O.I., Polevaya M.V., Tretyakova A.N.* Motivatsiya k polucheniyu vysshego obrazovaniya i yeye struktura [Motivation for obtaining higher education and its structure] [Elektronnyy resurs] [Electronic resource] // Psikhologo-pedagogicheskiye issledovaniya [Psychological and pedagogical research]. 2019. Vol. 11. No. 2. pp. 43–57. doi:10.17759 / psyedu.2019110205 (In Russ.).
5. *Malyutina T.V.* Psikhologicheskiye i psikhofiziologicheskiye osobennosti razvitiya v yunosheskom vozraste [Psychological and psychophysiological features of development in youth] / T. V. Malyutina [T.V. Malyutina] / Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin]. 2014. № 2 (126). pp. 129–133. (In Russ.).
6. *Margolis A.A., Kuravsky L.S., Voitov V.K., Gavrilova E.V., Ermakov S.S., Petrova G.A., Shepeleva E.A., Yurkevich V.S.* Intellekt, kreativnost' i uspehnost' resheniya zadach uchashchimysya srednego shkol'nogo vozrasta v komp'yuternoy igre «PLines» [Intelligence, creativity and success in solving problems by secondary schoolchildren in the computer game “PLines”] // Eksperimental'naya psikhologiya [Experimental psychology]. 2020. Vol. 13. No. 1. pp. 122–137. doi:10.17759 / exppsy.2020130109 (In Russ.).
7. *Molokhina G.A.* Vozrastnyye i gendernyye osobennosti stilya myshleniya studentov [Age and gender features of the style of thinking of students]: avtoref. dis. ... kand. psikhol. nauk [abstract. dis. ... PHD psychol. Sciences] / Molokhina, Galina Anatolyevna. [Molokhina, Galina Anatolyevna]. Rostov-n/Don, 2010. 19 p. (In Russ.).
8. *Piaget J.* Evolyutsiya intellekta v podrostkovom i yunosheskom vozraste [The evolution of intelligence in adolescence and adolescence] / ZH. Piazhe [J. Piaget] // Zhan Piazhe: teoriya, eksperimenty, diskussii [Jean



Piaget: theory, experiments, discussions] / pod red. L.F. Obukhovoy, G.V. Burmenskoy [ed. L.F. Obukhova, G.V. Burmenskaya]. Moscow: Gardariki, 2001. pp. 232–243. (In Russ.).

9. *Ponomarenko A.A., Chenobytov V.A.* Teoreticheskiye osnovy issledovaniya uchebnoy motivatsii studentov [Theoretical foundations of the study of educational motivation of students] // *Molodoy uchenyy [Young scientist.]*. 2013. No. 1 (48). pp. 356–358. URL: <https://moluch.ru/archive/48/5987/> (Accessed 01.10.2020). (In Russ.).

10. *Rzhanova I.E., Alekseeva O.S., Burdukova Yu.A.* Uspeshnost' v obuchenii: vzaimosvyaz' flyuidnogo intellekta i rabochey pamyati [Success in learning: the relationship between fluid intelligence and working memory] // *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye [Psychological Science and Education]*. 2020. Vol. 25. No. 1. pp. 63–74. doi: 10.17759 / pse.2020250106. (In Russ.).

11. *Selivanov V.V.* Protsessual'nyye kharakteristiki myshleniya v strukture intellekta [Procedural characteristics of thinking in the structure of intelligence] / Red. A.G. Yegorov, V.V. Selivanov [Ed. A.G. Egorov, V.V. Selivanov] // *Psikhologiya kognitivnykh protsessov (materialy 3-yei mezhdunarodnoy konferentsii) [Psychology of cognitive processes (materials of the 3rd international conference)]*. Smolensk: Universum, 2009. pp. 99–106. (In Russ.).

12. *Selivanov V.V.* Teoriya myshleniya kak protsessa: eksperimental'noye podtverzhdeniye [Theory of thinking as a process: experimental confirmation] // *Eksperimental'naya psikhologiya [Experimental psychology]*. 2019. Vol. 12. No. 1. pp. 40–52 doi:10.17759/exppsy.2019120104 (In Russ.).

13. *Selivanov V.V., Selivanova L.N.* Virtual'naya real'nost' kak metod i sredstvo obucheniya [Virtual reality as a method and means of teaching] / V.V. Selivanov, L.N. Selivanova [V.V. Selivanov, L.N. Selivanova] // *Mezhdunarodnyy elektronnyy zhurnal «Obrazovatel'nyye tekhnologii i obshchestvo (Educational Technology & Society) [International electronic journal “Educational Technology & Society”]*. 2014. T. 17. No. 3. pp. 378 –391. (In Russ.).

14. *Fridman L.M.* Teoreticheskiye osnovy metodiki obucheniya matematike [Theoretical foundations of methods of teaching mathematics]. M.: Lenand, 2014. (In Russ.).

15. *Shumakova N.B.* Poznavatel'naya aktivnost' i kreativnost' mladshikh shkol'nikov s vysokimi intellektual'nymi sposobnostyami v raznykh obrazovatel'nykh sredakh [Cognitive activity and creativity of junior schoolchildren with high intellectual abilities in different educational environments] [Elektronnyy resurs] [Electronic resource] // *Psikhologo-pedagogicheskiye issledovaniya [Psychological and pedagogical research]*. 2019. Vol. 11. No. 1. pp. 57–69. doi:10.17759/psyedu.2019110105 (In Russ.).

### **Информация об авторах**

*Капустина Василиса Юрьевна*, кандидат педагогических наук, специалист по учебно-методической работе, преподаватель кафедры общей психологии Института экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7628-4308>, e-mail: [14057796@mail.ru](mailto:14057796@mail.ru)

*Зикеева Елизавета Александровна*, магистрант, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0248-2432>, e-mail: [elizavetazikeeva@gmail.com](mailto:elizavetazikeeva@gmail.com)

### **Information about the authors**

*Vasilisa Yu. Kapustina*, PhD of Pedagogical Sciences, Specialist in Educational and Methodical Work, Lecturer of the Department of General Psychology of the Institute of Experimental Psychology, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7628-4308>, e-mail: [14057796@mail.ru](mailto:14057796@mail.ru)

*Elizaveta A. Zikeeva*, Master's Degree Student, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0248-2432>, e-mail: [elizavetazikeeva@gmail.com](mailto:elizavetazikeeva@gmail.com)

Получена 10.11.2020

Received 10.11.2020

Принята в печать 21.12.2020

Accepted 21.12.2020



# ОЦЕНКА ОРИЕНТАЦИИ ЛИНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАБОРА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**ЧИХМАН В.Н.**

*Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН  
(ФГБУН ИФ РАН), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4955-4608>, e-mail: [v\\_c\\_pavlinst@mail.ru](mailto:v_c_pavlinst@mail.ru)*

**БОНДАРКО В.М.**

*Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН  
(ФГБУН ИФ РАН), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-302X>, e-mail: [vmbond@gmail.com](mailto:vmbond@gmail.com)*

Настоящее исследование было посвящено изучению особенностей возникновения эффектов искажения при восприятии ориентации линий в зависимости от набора дополнительных изображений. Результаты исследования свидетельствуют о возникновении в данном случае искажения восприятия при оценке ориентации тестовых линий на  $1-2^\circ$ . В случае предъявления стимульного материала с наличием дополнительных линий и при разнице в ориентации между тестовой и дополнительной линиями до  $12^\circ$  обнаруживаются индивидуальные различия в характере иллюзий — у одних наблюдателей возникает эффект притягивания (тестовые линии кажутся повернутыми в сторону дополнительных), у других — эффект отталкивания. Такого рода различия могут объясняться различием в остроте зрения наблюдателей, которая определяется функционированием наименьших рецептивных полей нейронов зрительной области V1.

**Ключевые слова:** различие ориентации линий, влияние контекста, иллюзия наклона, эффекты притягивания и отталкивания, острота зрения.

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013—2020 годы (ГП-14, раздел 63).

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность за помощь в проведении экспериментов сотрудникам лаборатории информационных технологий и математического моделирования.

**Для цитаты:** Чихман В.Н., Бондарко В.М. Оценка ориентации линий в зависимости от набора дополнительных изображений // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 64—79. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140101>

## ESTIMATION OF LINE ORIENTATION DEPENDS ON THE SET OF ADDITIONAL IMAGES

**VALERII N. CHIKHMAN**

*Pavlov Institute of Physiology of RAS, Saint Petersburg, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4955-4608>, e-mail: [v\\_c\\_pavlinst@mail.ru](mailto:v_c_pavlinst@mail.ru)*

**VALERIA M. BONDARKO**

*Pavlov Institute of Physiology of RAS, Saint Petersburg, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-302X>, e-mail: [vmbond@gmail.com](mailto:vmbond@gmail.com)*

CC BY-NC



The orientation of the lines, to which additional inclined lines could adjoin, was estimated. We have found a distortion in estimation of lines orientation by 1–2° (tilt illusion) when additional lines were presented, depending on a set of additional lines. For different observers, in the case of the presence of additional lines with a difference in orientation between the lines of up to 12°, both the effect of attraction (the lines seemed to be turned towards the additional) and the effect of repulsion could be detected. With a larger difference, only the repulsive effect is revealed. The discrepancy in the dependences can be explained by the difference in the visual acuity of observers associated with the size of the smallest receptive fields of striatal cortex neurons.

**Keywords:** lines orientation discrimination, influence of context, tilt illusion, repulsion effect, attraction effect, vision acuity.

**Funding.** This study was supported by the Program of Fundamental Scientific Research of State Academies for 2013–2020 (GP-14, section 63).

**Acknowledgements.** The authors are grateful in conducting the experiments to the employees of the laboratory of information technologies and mathematical modeling.

**For citation:** Chikhman V.N., Bondarko V.M. Estimation of Line Orientation Depends on the Set of Additional Images. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 64–79. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140101> (In Russ.).

## Введение

Оценка ориентации изображений нарушается в присутствии дополнительных изображений с другой ориентацией. Это искажение носит название иллюзии наклона. Подобную иллюзию часто рассматривают как главный компонент многих иллюзий [3]. К ним относятся иллюзии Геринга, Поггендорфа, Вундта, Цольнера и другие. Первое подробное описание иллюзии наклона приводится в статьях Гибсона и Раднера [16; 17]. Они обнаружили, что горизонтальные и вертикальные линии воспринимаются как наклонные, если перед этим наблюдателю предъявляли адаптирующие линии с отличающейся от горизонтальной или вертикальной линий ориентацией. При малой разнице в ориентациях линии воспринимаются наклоненными в другую, чем предъявленные до этого адаптирующие линии, сторону. Данный феномен носит название эффекта отталкивания. Для большого различия в ориентациях (90° и более) вертикальные и горизонтальные линии воспринимались как повернутые в сторону дополнительных наклонных линий, наблюдалась ассимиляция в оценке ориентации — так называемый эффект притягивания. В исследовании Гибсона [16] иллюзия наклона была выявлена также при использовании в качестве предварительно предъявленного адаптирующего стимула прямоугольной решетки. Работы таких известных исследователей, как Кэмпбелла и Маффей [12], Митчела и Муира [23], О'Тулла и Вендерота [26] и других, продолжили изучение иллюзии наклона. В результате был определен характер зависимости оценок ориентации от использования различных индуцирующих иллюзию и тестируемых стимулов и разницы в ориентациях оцениваемого и дополнительного индуцирующего изображений. Оказалось, что величина иллюзии наклона колеблется в пределах 1–10°, а максимальное искажение в оценке обнаруживается в условиях различия ориентаций тестового и дополнительного изображений величиной от 15 до 45° [11; 14; 22; 25; 28; 29; 32]. Однако данные вышеуказанных экспериментов являются весьма противоречивыми: так, результаты исследований Боума и Андриессена [10], а также Моргана с коллегами [24] свидетельствуют об ином характере





искажений. В более раннем исследовании [10] при малых углах между линиями величиной до  $30^\circ$  обнаружен эффект притягивания: т. е. искажение восприятия ориентации возникает в отношении дополнительной линии. Такая же иллюзия была обнаружена в исследовании Моргана и др. в отношении восприятия при малых углах в случае использования в качестве индуцирующих и тестируемых стимулов элементов Габора [24]. Вендерот и др. указывают на тот факт, что величина иллюзии зависит от длины линий: при разнице в ориентации индуцирующей и тестовой линий величиной в  $10^\circ$  также был зарегистрирован в определенных случаях эффект притягивания [30]. Причинами расхождения в результатах исследований могут являться как различия в используемых методиках исследования, так и различия в используемом стимульном материале.

Одним из основных предположений о причинах возникновения иллюзии наклона является гипотеза Блэйкмора и соавт. [9], связавших иллюзию с латеральным торможением между ориентационными каналами. Допускается, что основной тестируемый стимул активирует один ориентационный канал, в то время как дополнительный — другой. Таким образом, суммарное взаимодействие каналов приводит к искажению восприятия ориентации тестируемого стимула. В исследовании в качестве стимулов применяли две примыкающие друг к другу своими концами линии. В таких условиях эффект притягивания при малой разнице в ориентациях линий не был обнаружен. Полученная экспериментально зависимость соответствовала предложенной авторами модели.

В наших предыдущих исследованиях [1; 3] было показано, что возникновение иллюзии наклона может быть связано с активностью нейронов стриарной коры с ориентационно избирательными минимальными по размеру рецептивными полями (РП). Реакция этих нейронов определяется интегрированием яркостных функций изображений с весовыми функциями таких РП. При этом наиболее интенсивная реакция на две соприкасающиеся линии исходит от нейронов с РП, имеющими оптимальную ориентацию, отличающуюся от ориентации оцениваемой линии. И следовательно, иллюзия возникает в случае, когда последующие уровни зрительной системы оперируют с ориентацией нейронов, от которых был получен максимальный ответ. Сопоставление возрастных особенностей ориентационной избирательности в онтогенезе позволило высказать предположение, что существующие взаимодействия между РП способствуют, скорее, уменьшению иллюзии наклона, чем ее возникновению [1]. Этот вывод противоречит гипотезе Блейкмора и др. [9]. Данные исследований, проведенных в рамках модели [1], указывают на возникновение эффекта притягивания в случае незначительных различий в ориентациях линий. Поэтому представляется важным понять, какой характер зависимости иллюзии наклона превалирует, а также выделить те факторы, которые вызывают его изменение.

В рамках настоящего исследования было проведено несколько психофизических экспериментов с участием одних и тех же наблюдателей и изучены проявления иллюзии наклона при использовании линий с разной ориентацией. Кроме того, осуществлялась оценка размеров минимальных рецептивных полей (РП) у разных наблюдателей посредством определения минимальных размеров колец Ландольта, при которых возможно различение их ориентации. Ранее с помощью моделирования было показано [2], что таким способом оцениваются размеры минимальных РП.

Таким образом, цель настоящей работы состояла в исследовании причин возникновения или отсутствия эффекта притягивания при малой разнице в ориентациях в иллюзии наклона. От этого зависит интерпретация как самой иллюзии, так и производных от нее



других иллюзий. Например, иллюзию Геринга (искривление прямой линии, наложенной на расходящиеся лучи, — иллюзия веера) объясняют наличием эффекта отталкивания при малой разнице в ориентациях [19; 27]. Также одна из задач исследования состояла в определении взаимосвязи иллюзии наклона с размерами минимальных РП нейронов области V1, поскольку именно от размеров РП может зависеть характер иллюзии. С этой целью определялась острота зрения наблюдателей и осуществлялось сопоставление полученных данных с результатами изучения иллюзии наклона.

### Методика

В качестве стимулов использовали прямые линии длиной 5 и 6 см. Одиночная короткая линия или короткая линия с дополнительной присоединенной длинной линией представляли собой референтный стимул. У референтного стимула короткая линия имела фиксированную ориентацию в каждой серии экспериментов — 0,2 или 90°. Между дополнительной и основной короткой линией угол наклона изменялся случайным образом и составлял в большинстве случаев  $\pm 10$ ,  $\pm 20$  или  $\pm 30^\circ$ . В одном из экспериментов с целью выявления эффекта влияния набора дополнительных линий на искажение оценки ориентации референтной короткой линии с наклоном 2° углы дополнительных линий были выбраны равными -30, -20, -10, 10, 20 и 30°, т. е. такими же, как для референтной линии с ориентацией 0°. В качестве теста использовалась короткая линия длиной 5 см, ориентация которой равнялась ориентации короткой линии референтного стимула или незначительно варьировалась относительно нее. Ориентация тестовой линии изменялась с шагом, который индивидуально подбирался для наблюдателей с целью возможности построения полноценной психометрической функции. Стимулы предъявлялись на экране монитора одновременно на расстоянии 2,5–3,5 см от центра экрана по горизонтали и в пределах  $\pm 1$  см по вертикали. Слева всегда находился референтный стимул, а справа — тестовый. Стимулы, состоящие из темных линий (5 кд/м<sup>2</sup>), предъявлялись на светлом фоне (40 кд/м<sup>2</sup>) экрана монитора, на который в целях исключения влияния вертикальных и горизонтальных краев рамки экрана накладывалась белая маска с аналогичной яркостью размером 75x65 см с круглым отверстием диаметром 28 см. Предъявление изображений осуществлялось на мониторе Mitsubishi Diamond Plus 230SB. Разрешение экрана составляло величину 1600 × 1200 пикселей, частота кадровой развертки — 85 Гц. Программа для синтеза стимулов была разработана на языке Python с применением средств библиотеки Pygame, служащей для визуализации двумерной графики. В библиотеке для синтеза изображений используются стандартные методы сглаживания.

Изображения-стимулы наблюдались бинокулярно с расстояния 115 см без применения точки фиксации. Угловые размеры линий при таком расстоянии наблюдения равны 2,5 и 3 угл. град. соответственно для короткой и длинной линий, толщина линий была равна 0,8 угл. мин. Время предъявления изображений на экране составляло 1 с. Частота предъявлений стимулов зависела от скорости ответа наблюдателя, но после предыдущего предъявления до следующего проходило не менее 1 с.

На рис. 1 показаны примеры использованных в экспериментах стимулов.

В первом эксперименте было организовано три серии предъявлений стимулов с фиксированной ориентацией 2° или 90° короткой линии референтного стимула. При этом в двух сериях использовалась одинаковая ориентация короткой линии, но разная ориентация дополнительных линий. Специально была взята ориентация короткой линии величиной 2° с

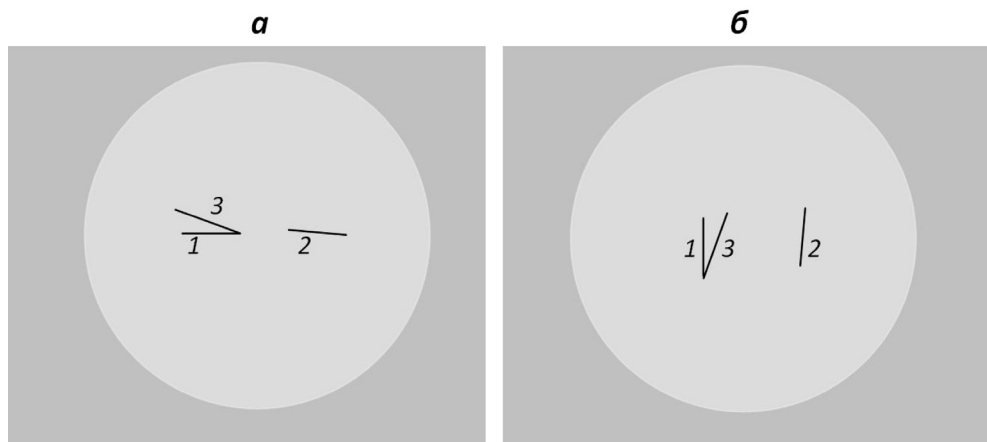


Рис. 1. Примеры предъявляемых стимулов

На рис. 1-а и рис. 1-б слева показаны референтные стимулы, ориентация короткой линии (1) которых 0 и 90° сравнивалась с ориентацией тестовой линии (2), меняющейся в ходе эксперимента. Местоположение линий варьировали случайным образом относительно центра экрана. Окружность — окно маски, в котором предъявляли стимулы. Длина коротких линий — 2,5, дополнительных (3) — 3 угл. град., диаметр окружности — 13,6 угл. град., размеры маски 36,1 × 32,1 угл. град. Яркость экрана и маски были выровнены, и наблюдатель не замечал разницы между ними

тем, чтобы исключить привязку зрительной системы к горизонтальным очертаниям предметов в экспериментальном помещении.

Во втором эксперименте также были организованы две серии, в которых ориентация короткой линии референтного стимула была равна 0° или 2°. Второй эксперимент был выполнен для сравнения с данными первого эксперимента в целях выявления влияния друг на друга отдельных серий опытов. Во всех сериях экспериментов случайным образом изменялась ориентация длинной дополнительной линии. Мы суммировали результаты по пятнадцати опытам в каждой серии, что соответствует 60 предъявлениям стимулов с разными ориентациями тестовой и дополнительной линий.

При организации экспериментов применяли методы вынужденного выбора и константных стимулов. Задача наблюдателя состояла в сравнении ориентации коротких линий. Наблюдатель отвечал на вопрос — «повернута тестовая линия (предъявляемая справа) по часовой или против часовой стрелки относительно короткой линии, предъявляемой слева». Не разрешался ответ «не знаю». Наблюдатели для ответов использовали клавиши-стрелки на клавиатуре компьютера.

Все серии экспериментов, отличающиеся ориентацией основной и дополнительных линий, проходили в одни и те же дни в случайном порядке. Второй эксперимент был проведен через три месяца после первого.

В процессе обработки результатов были построены суммарные психометрические функции для ответов каждого наблюдателя, как по пятнадцати опытам в каждой серии, так и по трем опытам. Пробит-анализ был использован для вычисления значений порогов и величины иллюзии. Различие между экспериментальными данными и вычисленными нормальными распределениями было оценено методом  $\chi^2$ . В качестве значений порогов были взяты стандартные отклонения полученных нормальных распределений. Значение нормальных распределений в таких точках согласовано с уровнем 84% правильных ответов на



психометрической функции. При этом средние значения нормальных распределений соответствуют параметрам, при которых наблюдатели воспринимают референтные стимулы как идентичные тестовым. Это точки субъективного равенства, используемые для оценки искажения восприятия.

Для выяснения возможных причин расхождения в данных нами дополнительно была измерена острота зрения наблюдателей с использованием колец Ландольта с разрывом в четырех ориентациях, которые располагались справа, слева, внизу или вверху. Кольца Ландольта имели стандартные пропорции, ширина кольца и размер разрыва составляли величину равную  $1/5$  диаметра кольца. Для всех наблюдателей на экране показывали изображения одинакового размера. Было определено расстояние до экрана, обеспечивающее распознавание кольца Ландольта на уровне 75%, по которому был рассчитан размер кольца.

Три наблюдателя с нормальной остротой зрения и с опытом участия в психофизических исследованиях приняли участие в наших экспериментах. Наблюдатели не были осведомлены о целях экспериментального исследования. Психофизическое исследование было одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского Государственного университета.

## Результаты

Для каждой фиксированной ориентации короткой линии референтного стимула и для каждой ориентации длинной линии были построены психометрические функции для ответов «линия повернута против часовой стрелки». Затем психометрические функции методом наименьших квадратов были аппроксимированы функциями нормального распределения (у всех наблюдателей точность аппроксимации оказалась выше 95%). Результаты обоих экспериментов на рисунках демонстрируются одновременно для их сопоставления и большей наглядности.

На рис. 2 показаны пороги различения ориентации линий, которые были вычислены как стандартные отклонения функций нормальных распределений отдельно для каждого наблюдателя S1, S2 и S3. Кривые (1–5) демонстрируют зависимость порогов различения от разницы в ориентации между короткой и дополнительной линиями в пяти сериях экспериментов.

Ориентация линий против часовой стрелки на оси абсцисс отображается на графиках как положительная. Кривые 1–3 демонстрируют пороги различения для одинакового наклона основных коротких линий величиной  $2^\circ$ . Две первые из них относятся к случаям различной ориентации дополнительных линий: кривые 1 – ориентация дополнительных линий менялась на одинаковые величины в большую и меньшую стороны по отношению к основной короткой линии, а кривые 2 – дополнительные линии имели наклон, меньший на  $2^\circ$  по сравнению с предыдущим случаем. У двух наблюдателей (S1 и S2) пороги различения оказались ниже во втором случае (кривые 2). Для наблюдателя S3 пороги различения в обоих случаях практически совпадают. Условия эксперимента, результаты которого отражены на кривой 3, аналогичны условиям эксперимента, соответствующим кривой 1. Второй эксперимент был проведен через три месяца после предыдущего и с другим составом серий (см. методику). Во втором случае у всех наблюдателей пороги определения ориентации линий обнаруживают более низкие (кривые 3) по сравнению с предыдущими значениями (кривые 1 и 2), т. е. выявлено улучшение в различении ориентации линии вследствие обучения задаче. Пороги различения горизонтальных референтных линий ( $0^\circ$ ) ниже всех других порогов, а пороги различения вертикальных линий ( $90^\circ$ ) совпадают с порогами различения горизонтальных линий у наблюдателя S1 и выше остальных порогов у S2 и S3.

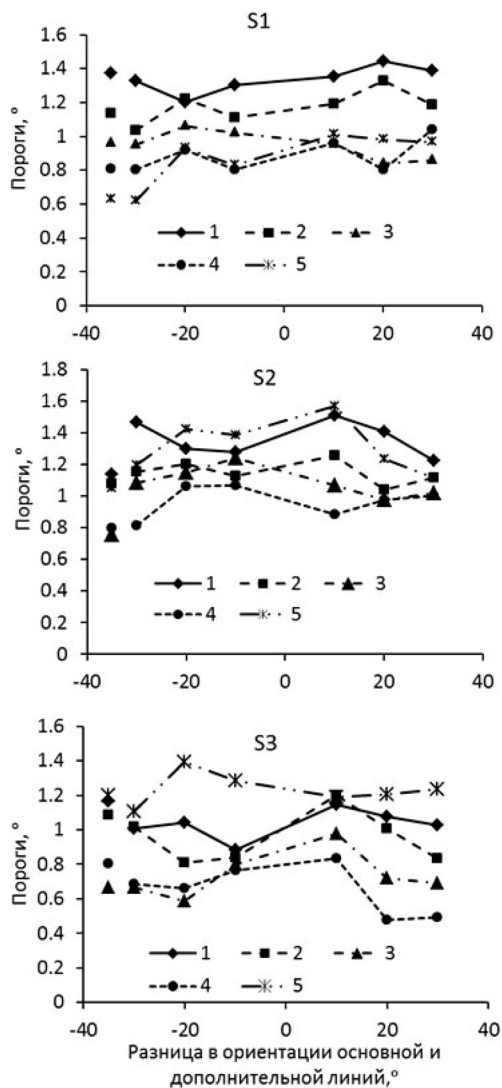


Рис. 2. Пороги различения ориентации

Приведены данные наблюдателей S1, S2 и S3. По оси абсцисс отложена разница в ориентациях основной и индуцирующей линий в градусах. По оси ординат — пороги в градусах. Отдельные точки слева — величины порогов различения ориентации одиночных линий при отсутствии дополнительных. Кривые 1–3 — ориентация коротких линий у референтных стимулов величиной 2° в разных сериях экспериментов, кривые 4–5 — ориентация коротких линий 0° и 90° соответственно

В случае наблюдателя S2 значения порогов различения при оценке ориентации линий, имеющих дополнительные примыкающие линии выше по сравнению со значениями порогов различения одиночных линий.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа без повторений свидетельствуют об отсутствии различий в порогах распознавания референтного стимула от угла наклона дополнительной линии у наблюдателей, однако указывают на достоверное расхождение в порогах распознавания референтного стимула у всех наблюдателей в пяти разных сериях



экспериментов ( $F_1[4,24]=30,18$ ;  $F_2[4,24]=30,67$ ;  $F_3[4,24]=17,25$ ,  $p<0,0001$ ). Полученные закономерности наглядно продемонстрированы на рис. 2: кривые 1–5 у всех наблюдателей практически параллельны друг другу и располагаются на разной высоте. Кроме того, двухфакторный анализ выявил достоверные расхождения в порогах различения у отдельных наблюдателей ( $F[2,12]=16,23$ ,  $p<0,001$ ).

Величины средних значений нормальных распределений соответствуют значениям ориентаций, при которых наблюдатели считали совпадающими ориентации тестовой и короткой линий референтного стимула. Разница между реальной физической и вычисленной таким образом ориентацией отражает искажение в восприятии — иллюзию. Для большей наглядности на рис. 3 из средних величин, полученных при оценке ориентации линий, имеющих дополнительные линии, вычтены не только физические значения оценок ориентаций одиночных референтных линий, но и средние значения, вычисленные по оценкам ориентаций одиночных линий.

На рис. 4 отдельно показаны искажения средних величин для одиночных линий относительно к физическим параметрам стимулов.

Рис. 3 демонстрирует отдельно для наблюдателей S1, S2 и S3 зависимости иллюзии (разности между средними величинами и заданными физическими наклонами линий) от разницы в ориентации между короткой и дополнительной линиями. Здесь, как и на рис. 2, кривые 1–3 приведены для ориентации короткой линии величиной  $2^\circ$ , а кривые 4, 5 — величиной  $0$  и  $90^\circ$  соответственно. Можно заметить, что кривые, отображающие результаты наблюдателя S1, инвертированы по отношению к изменению ориентации дополнительных линий. Основная линия воспринимается повернутой по часовой стрелке при повороте дополнительной линии против часовой стрелки. Кривые 1–5 почти совпадают. Таким образом, полученные данные подтверждают наличие иллюзии, при которой короткая линия воспринимается повернутой в противоположную сторону по отношению к дополнительной линии. Таким образом, у S1 наблюдается эффект отталкивания. Иллюзия становится максимальной, когда разница в ориентации составляет  $20^\circ$ . В случае наблюдателей S2 и S3 характер взаимосвязи носит иной характер: у S2 при восприятии референтных линий с ориентацией  $2^\circ$  так же, как и у S1, наблюдается эффект отталкивания. Однако при восприятии линий с ориентацией  $0$  и  $90^\circ$  (кривые 4–5) при разнице в ориентациях  $8$ – $12^\circ$  у S2 так же, как и у S3 при восприятии всех линий, кроме вертикальной (кривые 1–4), наблюдается эффект притягивания (линии кажутся повернутыми по направлению к дополнительным). Результаты двухфакторного дисперсионного анализа обнаружили достоверную зависимость иллюзий от угла наклона дополнительных линий у всех наблюдателей ( $F_1[5,20]=47,49$ ;  $F_2[5,20]=8,74$ ;  $F_3[5,20]=21,16$ ,  $p<0,001$ ).

Приведены данные наблюдателей S1, S2 и S3. По оси абсцисс отложена разница между ориентациями короткой и индуцирующей длинной линией, град. По оси ординат — величина иллюзии, град. Кривые 1–3 соответствуют предъявлению коротких линий референтных стимулов с ориентацией  $2^\circ$  в разных сериях экспериментов, кривые 4–5 — с ориентацией  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .

На рис. 4 показаны величины иллюзий, возникших при оценке ориентаций одиночных референтных линий при отсутствии дополнительных. Здесь, как и на рис. 3, представлены результаты анализа на основании вычета из полученных средних величин физических значений для ориентаций одиночных референтных линий. Выделение вертикальных прямоугольников на диаграмме соответствуют показателям оценки выраженности и специфики иллюзий отдельных наблюдателей S1, S2 и S3. В легенде указаны условия, при которых они получены. Три первых значения слева у каждого наблюдателя — это условия восприятия коротких



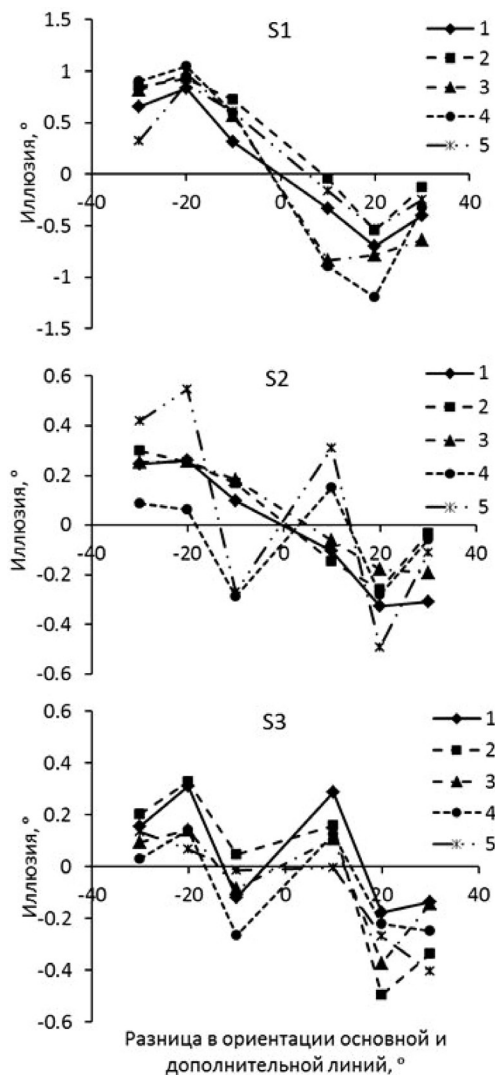


Рис. 3. Зависимость иллюзии от разницы в ориентациях линий

линий с ориентацией  $2^\circ$ , последующие — условия восприятия линий с ориентацией  $0$  и  $90^\circ$ . У всех наблюдателей выражена одинаковая тенденция. Ориентацию линий величиной  $2^\circ$  они переоценивают на  $0,1–0,35^\circ$  в присутствии дополнительных линий с нулевой суммарной разницей в ориентациях. Но ориентацию такой же линии недооценивают на  $0,2–0,75^\circ$ , когда суммарная разница в ориентациях дополнительных линий отрицательная и составляет  $2^\circ$ .

Результаты повторной серии экспериментов с референтной линией с ориентацией  $2^\circ$  со всеми тремя наблюдателями согласуются с данными первого эксперимента, в условия которого входило распознавание тех же дополнительных линий с нулевой суммарной разницей в ориентациях (сравните третьи и первые значения на кривых). Аналогичное по сумме данных трех наблюдателей отклонение в оценке ориентации линий было выявлено для горизонтальных линий ( $0^\circ$ ) во второй экспериментальной серии. Ориентацию вертикальной линии ( $90^\circ$ ) один наблюдатель переоценивает, двое недооценивают. В сумме отклонение



Рис. 4. Искажение восприятия ориентации одиночных линий в разных сериях экспериментов  
 Ось абсцисс — серии с разными условиями экспериментов: 1 — ориентация коротких референтных линий 2°, симметричное расположение дополнительных линий в первом эксперименте; 2 — ориентация коротких референтных линий 2°, асимметричное расположение дополнительных линий в первом эксперименте; 3 — ориентация коротких референтных линий 2°, симметричное расположение дополнительных линий во втором повторном эксперименте; 4, 5 — ориентация коротких референтных линий соответственно 0° и 90°. Ось ординат — иллюзия, град.  
 Данные наблюдателей S1, S2 и S3

отсутствует. Вертикальная линия предъявлялась в первом эксперименте. Дисперсионный анализ подтвердил достоверность различий иллюзий в различных сериях экспериментов ( $F[4,8]=9,76, p=0,0036$ ) и не показал различий во взаимосвязи выраженности иллюзий и угла наклона дополнительных линий при сравнении показателей всех троих наблюдателей ( $F[2,8]=1,55, p=0,27$ ). Критерий Стьюдента выявил достоверные различия у каждого наблюдателя в оценках искажений восприятия ориентации одиночных линий, имевших одинаковый наклон в 2°, но разный набор дополнительных изображений (эти оценки приведены на рис. 4 слева со значениями абсцисс 1 и 2). Проведенный статистический анализ включал подсчет суммарных оценок по каждому из трех опытов, построение психометрических функций и аппроксимацию их нормальными распределениями. Таким образом, для каждого наблюдателя было получено по пять средних значений (математических ожиданий) нормальных распределений в каждой серии экспериментов. Парно сравнивались средние величины пяти математических ожиданий. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что значения статистики Стьюдента в первом эксперименте для одинакового наклона одиночных линий у каждого из наблюдателей находятся выше критического уровня ( $t[4]>3,7, p<0,05$ ). Таким образом, наличие другой ориентации дополнительных линий достоверно повлияло на общую величину иллюзии, но не на ее характер. Эта же статистика не выявила достоверных различий в искажении ориентаций одиночных линий, имеющих ориентацию 0° и 2°, в сериях с дополнительными линиями, отличающимися по ориентации от одиночных на  $\pm 10-30^\circ$  (рис. 4, значения при абсциссах 1, 3 и 4).

Результаты измерения минимального размера колец Ландольта, при котором возможно различить их ориентацию, указывают, что на уровне 75% правильных ответов у наблюдателя S1 диаметр кольца является равным 2,7 угл. мин, у S2 и S3 — 3,6 и 3,9 угл. мин соответственно; т. е. наблюдатель S1 обладает самой высокой остротой зрения.



## Обсуждение результатов

**Вариабельность иллюзии.** Полученные нами результаты экспериментов свидетельствуют об искажении восприятия ориентации линий, которое проявляется как в присутствии, так и при отсутствии дополнительных линий. Выявленная в нашем исследовании иллюзия зависит от условий проведения экспериментов. Кроме того, обнаруживаются индивидуальные различия в характере иллюзии и ее выраженности. Нужно отметить стабильность иллюзии у каждого наблюдателя: характер иллюзии в первом и втором экспериментах для одинаковых стимулов с учетом искажения восприятия ориентации одиночных линий остается прежним (рис. 3, кривые 1 и 3). При повторном тестировании для тех же стимулов уменьшились только значения порогов различения ориентации (рис. 2, кривые 1 и 3) и в незначительной степени понизился уровень искажения восприятия ориентации одиночной линии (рис. 4, первые и третьи значения).

Величина иллюзии у всех наблюдателей колеблется в пределах  $1-2^\circ$ , что согласуется с данными других исследований [1; 8]. Эффект отталкивания для всех условий проведения экспериментов выявлен только у наблюдателя S1: линии воспринимались повернутыми в сторону, противоположную к дополнительным линиям. У наблюдателей S2 и S3 при разнице в ориентациях линий до  $12^\circ$  присутствует и эффект притягивания (у S3 для всех линий кроме вертикальных, у S2 только для вертикальных и горизонтальных линий).

**Интерпретация иллюзии.** Выше было подчеркнуто, что попытки объяснить причины возникновения иллюзии наклона привели к появлению распространенной вплоть до настоящего времени гипотезы о латеральном торможении между ориентационными каналами [9]. На предложенном к рассмотрению Блэйкмором с соавторами графике показаны профили ориентационной чувствительности двух ориентационных каналов. На профилях можно наблюдать центральные зоны возбуждения, которые окружены тормозными зонами. Возбудительная зона одного канала при малой разнице в ориентациях совпадает с возбудительной зоной другого ориентационного канала. Таким образом, в случае такого совпадения воспринимаемый угол увеличивается и возникает эффект отталкивания. Схема объясняет полученные авторами экспериментальные данные, не обнаружившие эффекта притягивания при малой разнице в ориентациях.

В дальнейших работах была предпринята попытка аппроксимации экспериментальных зависимостей для более сложных стимулов в моделях. Такими стимулами, например, являлись синусоидальные решетки, модулированные гауссианой, так называемые элементы Габора. Так, Морган и коллеги в своей модели [24] сначала производят фильтрацию изображений ориентационно избирательными РП, после этого осуществляется выпрямление сигнала, а именно ликвидация отрицательных значений и замена их нулевыми, поскольку зрительная система не передает торможение непосредственно. На последнем этапе производится суммация выпрямленных подобным образом сигналов и определение центра тяжести полученных распределений. При этом авторы работы не рассматривают дополнительное взаимодействие между различным образом ориентированными РП. Тем не менее, они получили в своей модели зависимость искажения воспринимаемой ориентации от угла наклона дополнительных линий, которая близка к экспериментальной.

В наших более ранних работах [1; 3] была предпринята попытка моделировать данные экспериментов по изучению иллюзии наклона на основе экспериментально полученных Вилсоном и Гелбом РП наименьшего размера [31]. При этом не учитывалось возможное взаимодействие



между ними. В качестве подобных рецептивных полей (РП) рассматривались симметричные детекторы-полосы, у которых имеется центральная возбудительная зона, окруженная тормозными зонами. В результате такого моделирования при разнице в ориентации между линиями величиной до  $19^\circ$  был получен эффект притягивания, а при дальнейшем увеличении разницы — эффект отталкивания [1]. Заметим, что с уменьшением размеров РП эффект притягивания проявлялся при меньшей разнице в ориентациях. Ранее в работах Бондарко и Даниловой [2; 15] было показано, что определение ориентации кольца Ландольта на пределе разрешения зрительной системы также происходит за счет наименьших по размеру РП нейронов первичной зрительной коры, имеющих различную ориентацию. Индивидуальные различия в характере иллюзии наклона в настоящем исследовании получены у наблюдателей с нормальной остротой зрения. Но при точном измерении минимального размера колец Ландольта было обнаружено, что наблюдатели S1, S2 и S3 различали их ориентацию при размерах в 2,7; 3,6 и 3,9 угл. мин соответственно. Вариативность полученных минимальных размеров для колец Ландольта позволяет высказать предположение, что размеры минимальных рецептивных полей у наблюдателей S1, S2 и S3 разные. Возможно, что именно эта разница и определяет различный характер иллюзии наклона. В пользу этого утверждения могут свидетельствовать данные наблюдателя S1, который практически одинаково оценивал наличие разрывов в кольцах Ландольта справа и слева по сравнению с разрывами сверху и снизу. Только у этого наблюдателя совпадали пороги при оценке ориентации вертикальной и горизонтальной линий (рис. 2).

Напомним, что наличие эффекта притягивания при малой разнице в ориентациях, отмечают и некоторые другие исследователи [10; 24; 30]. Так, например, Вендерот и коллеги тестировали гипотезу Блэйкмора и др. Они предъявляли линии с разной длиной десяти наблюдателям. Получен эффект притягивания при разнице в ориентациях величиной  $10^\circ$  и длине линий величиной 3 угл. град. у двух наблюдателей из десяти. Следовательно, наши результаты не противоречат данным других исследователей. Полученные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о расхождении в характере иллюзии, которое может объясняться индивидуальными различиями в размерах наименьших РП у конкретных наблюдателей. Заметим, что для объяснения иллюзии не обязательно учитывать взаимодействие между РП и образованными ими ориентационными каналами. Достаточно учитывать весовую функцию РП нейрона. При малой разнице в ориентации наиболее интенсивная реакция исходит от нейрона с РП, в центральную возбудительную зону которого попадают сразу обе линии: основная и дополнительная. Такое рецептивное поле характеризуется оптимальной ориентацией стимула, средней между ориентациями тестируемой и дополнительной линий. Средняя ориентация обеспечивает эффект притягивания, так как тестируемая линия воспринимается повернутой в сторону дополнительной. Однако это происходит не во всех случаях. Так, если рецептивное поле обладает небольшим размером, то дополнительная линия всегда попадает в зону торможения, и на стимул, который состоит из двух таких примыкающих линий, сильнее реагирует нейрон с РП, ориентированным в сторону, противоположную к дополнительной линии. Дополнительная линия попадает в зону торможения и в случае таким образом ориентированного РП незначительно снижает интенсивность ответной реакции, исходящей от зоны нервного возбуждения. Именно ориентация РП, от нейрона которого исходит наиболее интенсивная реакция, вероятно, учитывается зрительной системой на следующем уровне принятия решения об ориентации тестируемой линии.

Полученные нами данные свидетельствуют о невысокой вероятности игнорирования контекста в заданных условиях проведения экспериментов. Вендерот и соавт. [30] осуществи-



ли повторные тестирования на тех же наблюдателях в иных условиях предъявления стимулов, чем наши, и без ограничения времени презентации. Так же, как и в экспериментах Блэйкмора с соавторами [9], наблюдатели самостоятельно изменяли наклон тестовой линии до кажущегося совпадения ориентации последней с ориентацией основной линии референтного стимула. Было обнаружено, что после тренинга иллюзия у наблюдателей исчезла. Следовательно, они научились игнорировать контекст. Во избежание этого эффекта в наших экспериментах наблюдатель не мог определить истинную ориентацию стимула, так как у него не было возможности соотнесения ориентации референтного стимула ни с особенностями экрана монитора, ни с другим стимулом. Кроме того, отсутствовало какое-либо подкрепление ответа — указание на его правильность или ошибочность. Тем не менее, нами были выявлены как эффект влияния разного набора дополнительных изображений на направленность и характер восприятия стимульного материала (в первом эксперименте для референтной линии с ориентацией величиной  $2^\circ$  использовали разную ориентацию добавочных линий), так и эффект влияния одной серии эксперимента на другую (сравните значения иллюзии у каждого наблюдателя при абсциссах 1 и 3 на рис. 4). Следовательно, исследователи зрительного восприятия сталкиваются со значительными трудностями. С одной стороны, при сравнении результатов разных экспериментов нельзя проводить их последовательно из-за того, что происходит обучение (в нашем случае для одинаковых стимулов уменьшились пороги, но иллюзия сохранилась). С другой стороны, при одновременном проведении результаты одной серии эксперимента могут влиять на результаты другой. Необходимо учитывать эти факторы при интерпретации результатов.

**Нейрофизиологические корреляты.** Рассмотренные в настоящем исследовании модели опираются на целый ряд нейрофизиологических данных. К ним, в первую очередь, относятся результаты известных работ Хьюбела и Визела [20; 21], которые впервые изучили свойства РП нейронов области V1. РП нейронов этой области имеют определенную ориентационную настройку, а простые РП — детекторы полос — непосредственно связаны с центральной зоной нервного возбуждения, окруженную зонами торможения. Именно РП — детекторы полос послужили прототипом пространственных элементов Вилсона и Гелба [31], использованных при моделировании иллюзии наклона. Хьюбел и Визел [21] описали также ориентационные колонки нейронов. Совместная реакция соседних нейронов в коре, имеющих близкую ориентацию, может усиливать ориентационную чувствительность. Подробно свойства РП нейронов области V1 описаны в монографиях Глезера [4] и Шевелева [5], внесших большой вклад в изучение физиологии зрения и РП нейронов этой области. Нейрофизиологические исследования предоставили возможность корректно моделировать процесс зрительного восприятия. Иллюзия наклона объяснялась Блэйкмором и др. [9] торможением между ориентационными каналами. В нейрофизиологии выявлено оппонентное торможение между разными ориентациями и на уровне отдельных нейронов [6; 7]. В более позднем исследовании Гилбертом и Визелом [18] было показано, что возникает сдвиг предпочитаемой ориентации РП в присутствии контекста.

## Выводы

Выявлены искажения на  $1-2^\circ$  в оценке ориентации линий в условиях как отсутствия, так и присутствия примыкающих линий, зависящие от набора дополнительных изображений.

При незначительных различиях в ориентациях между референтной и дополнительной линиями у одних наблюдателей возникает иллюзия отталкивания (линия кажется повернутой в противоположную сторону от дополнительной), у других — иллюзия притяги-



вания. Показано, что расхождения в характере иллюзий при различиях в ориентации между тестовой и дополнительной линиями связаны с разницей в остроте зрения наблюдателей.

Данные свидетельствуют в пользу гипотезы о значительном вкладе реакций отдельных нейронов первичной зрительной коры с РП минимального размера в возникновение иллюзии наклона.

### **Литература**

1. *Бондарко В.М.* Иллюзия наклона и ориентационная чувствительность // Физиология человека. 2020. Том 46. № 2. С. 25–34.
2. *Бондарко В.М., Данилова М.В.* Связь краудинг-эффекта с функционированием высокочастотных пространственных элементов // Сенсорные системы. 2002. Том 16. № 2. С. 89–99.
3. *Бондарко В.М., Семенов Л.А.* Влияние контекста на различение ориентации линий // Сенсорные системы. 2011. Том 25. № 3. С. 257–263.
4. *Глезер В.Д.* Зрение и мышление. Л.: Наука, 1985. 300 с.
5. *Шевелев И.А.* Зрительная кора // Физиология зрения / Ред. А.Л. Бызов. М.: Наука, 1992. С. 243–314.
6. *Шелепин Ю.Е.* Ориентационная избирательность и пространственно-частотные характеристики рецептивных полей нейронов затылочной коры кошки // Нейрофизиология. 1981а. Том 13. № 3. С. 227–232.
7. *Шелепин Ю.Е.* Фильтрационные свойства рецептивных полей нейронов зрительной коры // Доклады АН СССР. 1981б. Том 261. № 6. С. 1506–1509.
8. *Andrews D. P.* Perception of contour orientation in the central fovea // *Vision Res.* 1967. Vol. 7. P. 975–1013.
9. *Blakemore C., Carpenter R.H.S., Georgeson M.A.* Lateral inhibition between orientation detectors in the human visual system // *Nature.* 1970. Vol. 228. № 5266. P. 37–39.
10. *Bouma H., Andriessen J.J.* Induced changes in the perceived orientation of line segments // *Vision Res.* 1970. Vol. 10. P. 333–349.
11. *Calvert J.E., Harris J.P.* Spatial frequency and duration effect on the tilt illusion and orientation acuity // *Vis. Res.* 1988. Vol. 28. P. 1051–1059.
12. *Campbell F.W., Maffei L.* The tilt aftereffect: A fresh look // *Vision Res.* 1971. Vol. 11. P. 833–844.
13. *Carpenter R.H.S., Blakemore C.* Interaction between orientation in human vision // *Exp. Brain Res.* 1973. Vol. 18. P. 287–303.
14. *Corbett J.E., Handy T.C., Enns J.T.* When do we know which way is up? The time course of orientation perception // *Vision Res.* 2009. Vol. 49. P. 28–37.
15. *Danilova M. V., Bondarko V. M.* Foveal contour interactions and crowding effects // *J. Vision.* 2007. Vol. 7 (2). P. 1–18.
16. *Gibson J. J.* Adaptation, after-effect, and contrast in the perception of tilted lines. II. Simultaneous contrast and the real restriction of the after-effect // *J. Exp. Psychology.* 1937. Vol. 20. P. 553–569.
17. *Gibson J. J., Radner M.* Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines // *J. Exp. Psychology.* 1937. Vol. 20. P. 453–467.
18. *Gilbert C.D., Wiesel T.N.* The influence of contextual stimuli on the orientation selectivity of cells in primary visual cortex of the cat // *Vision Res.* 1990. Vol. 30. P. 1689–1701.
19. *Hamburger K., Hansen T., Gegenfurtner K.R.* Geometric-optical illusions at isoluminance // *Vision Res.* 2007. Vol. 47. P. 3276–3285.
20. *Hubel D.H., Wiesel T.N.* Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex // *J. Physiol.* 1962. Vol. 160. P. 251–260.
21. *Hubel D.H., Wiesel T.N.* Sequence regularity and geometry of orientation columns in the monkey striate cortex // *J. Comparative Neurology.* 1974. Vol. 158. P. 267–294.
22. *Magnussen S., Kurtinbach W.* A test for contrast-polarity selectivity in the tilt aftereffect // *Perception.* 1979. Vol. 8. P. 523–528.
23. *Mitchel D.E., Muir D.* Does the tilt aftereffect occur in the oblique meridian? // *Vision Res.* 1976. Vol. 16. P. 609–613.





24. *Morgan M.J., Mason A.J.S., Baldassi S.* Are there separate first-order and second-order mechanisms for orientation discrimination? // *Vision Res.* 2000. Vol. 40. P. 1751–1763.
25. *Over R., Broerse J., Crassini B.* Orientation illusion and masking in central and peripheral vision // *J. Exp. Psychol.* 1972. Vol. 96. P. 25–31.
26. *O'Toole B., Wenderoth P.* The tilt illusion: Repulsion and attraction effects in the oblique meridian // *Vision Res.* 1977. Vol. 17. P. 367–374.
27. *Prinzmetal, W., Beck, D.M.* The tilt-constancy theory of visual illusions // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2001. Vol. 27. P. 206–217.
28. *Solomon J.A., Morgan M.J.* Strong tilt illusions always reduce orientation acuity // *Vision Res.* 2009. Vol. 49. P. 819–824.
29. *Tolhurst D.J., Thompson P.G.* Orientation illusions and aftereffects: Inhibition between channels // *Vision Res.* 1975. Vol. 15. P. 967–972.
30. *Wenderoth P., O'Connor T., Johnson S.* The tilt illusion as a function of the relative and absolute lengths of test and inducing lines // *Percept. Psychophys.* 1986 Vol. 39. P. 339–345.
31. *Wilson H.R., Gelb D.J.* Modified line element theory for spatial frequency and width discrimination // *J. Opt. Soc. Amer. A.* 1984. Vol. 1. P. 124–131.
32. *Wolfe J.M.* Short test flashes produce large tilt aftereffects // *Vision Res.* 1984. Vol. 24. P. 1959–1964.

## References

1. *Bondarko V.M.* Illusia naklona I orientazionnaya chuvstvitel'nost' // *Fiziologiya cheloveka.* 2020. T. 46. № 2. s. 25–34. (in Russ.).
2. *Bondarko V.M., Danilova M.V.* Svyaz' krauding-effekta s funktsionirovaniem vysokochastotnykh prostranstvennykh elementov // *Sensornye sistemy.* 2002. T. 16. N 2. S. 89–99. (in Russ.).
3. *Bondarko V.M., Semenov L.A.* Vliyanie kontexta na razlichenie orientacii linij // *Sensornye sistemy.* 2011. T.25. № 3. S. 257–263. (in Russ.).
4. *Glezer V.D.* Zrenie i myshlenie. L.: Nauka, 1985. 300 s. (in Russ.).
5. *Shevelev I.A.* Zritel'naya kora // *Fiziologiya zreniya / Red. A.L. Byizov. M.: Nauka, 1992. C. 243–314. (in Russ.).*
6. *Shelepin Yu.E.* Orientazionnaya izbiratel'noct' i prostranstvenno-chastotnyie harakteristiki rezheptivnyih polei neuronov zatylochnoi kory koshki // *Neiroizologiya.* 1981a. T. 13. № 3. S. 227–232. (in Russ.).
7. *Shelepin Yu.E.* Fil'trazhionnye svoistva rezheptivnyih polei neuronov zritel'noi kory // *Doklady AN SSSR.* 1981b. T. 261. № 6. S. 1506–1509. (in Russ.).
8. *Andrews D. P.* Perception of contour orientation in the central fovea // *Vision Res.* 1967. V. 7. P. 975–1013.
9. *Blakemore C., Carpenter R.H.S., Georgeson M.A.* Lateral inhibition between orientation detectors in the human visual system // *Nature.* 1970. V. 228. N 5266. P. 37–39.
10. *Bouma H., Andriessen J.J.* Induced changes in the perceived orientation of line segments // *Vision Res.* 1970. V. 10. P. 333–349.
11. *Calvert J.E., Harris J.P.* Spatial frequency and duration effect on the tilt illusion and orientation acuity // *Vis. Res.* 1988. V. 28. P. 1051–1059.
12. *Campbell F.W., Maffei L.* The tilt aftereffect: A fresh look // *Vision Res.* 1971. V. 11. P. 833–844.
13. *Carpenter R.H.S., Blakemore C.* Interaction between orientation in human vision // *Exp. Brain Res.* 1973. V. 18. P. 287–303.
14. *Corbett J.E., Handy T.C., Enns J.T.* When do we know which way is up? The time course of orientation perception // *Vision Res.* 2009. V. 49. P. 28–37.
15. *Danilova M. V., Bondarko V. M.* Foveal contour interactions and crowding effects // *J. Vision.* 2007. V. 7 (2). P. 1–18.
16. *Gibson J. J.* Adaptation, after-effect, and contrast in the perception of tilted lines. II. Simultaneous contrast and the real restriction of the after-effect // *J. Exp. Psychology.* 1937. V. 20. P. 553–569.
17. *Gibson J. J., Radner M.* Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines // *J. Exp. Psychology.* 1937. V. 20. P. 453–467.
18. *Gilbert C.D., Wiesel T.N.* The influence of contextual stimuli on the orientation selectivity of cells in primary visual cortex of the cat // *Vision Rec.* 1990. V. 30. P. 1689–1701.



19. *Hamburger K., Hansen T., Gegenfurtner K.R.* Geometric-optical illusions at isoluminance // *Vision Res.* 2007. V. 47. P. 3276–3285.
20. *Hubel D.H., Wiesel T.N.* Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex // *J. Physiol.* 1962. V. 160. P.251–260.
21. *Hubel D.H., Wiesel T.N.* Sequence regularity and geometry of orientation columns in the monkey striate cortex // *J. Comparative Neurology.* 1974. V. 158. P. 267–294.
22. *Magnussen S., Kurtenbach W.* A test for contrast-polarity selectivity in the tilt aftereffect // *Perception.* 1979. V. 8. P. 523 – 528
23. *Mitchel D.E., Muir D.* Does the tilt aftereffect occur in the oblique meridian? // *Vision Res.* 1976. V. 16. P. 609–613.
24. *Morgan M.J., Mason A.J.S., Baldassi S.* Are there separate first-order and second-order mechanisms for orientation discrimination? // *Vision Res.* 2000. V. 40. P. 1751–1763.
25. *Over R., Broerse J., Crassini B.* Orientation illusion and masking in central and peripheral vision // *J. Exp. Psychol.* 1972. V.96. P. 25–31.
26. *O'Toole B., Wenderoth P.* The tilt illusion: Repulsion and attraction effects in the oblique meridian // *Vision Res.* 1977. V. 17. P. 367–374.
27. *Prinzmetal, W., Beck, D. M.* The tilt-constancy theory of visual illusions // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2001. V. 27. P. 206–217.
28. *Solomon J.A., Morgan M.J.* Strong tilt illusions always reduce orientation acuity // *Vision Res.* 2009. V. 49. P. 819–824.
29. *Tolhurst D.J., Thompson P.G.* Orientation illusions and aftereffects: Inhibition between channels // *Vision Res.* 1975. V. 15. P. 967–972.
30. *Wenderoth P., O'Connor T., Johnson S.* The tilt illusion as a function of the relative and absolute lengths of test and inducing lines // *Percept. Psychophys.* 1986 V. 39. P. 339–345.
31. *Wilson H.R., Gelb D.J.* Modified line element theory for spatial frequency and width discrimination // *J. Opt. Soc. Amer. A.* 1984. V. 1. P. 124–131.
32. *Wolfe J.M.* Short test flashes produce large tilt aftereffects // *Vision Res.* 1984. V. 24. P. 1959–1964.

### **Информация об авторах**

*Чихман Валерий Николаевич*, кандидат технических наук, заведующий лабораторией информационных технологий и математического моделирования, Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН (ФГБУН ИФ РАН), г. Санкт Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4955-4608>, e-mail: [v\\_c\\_pavlinst@mail.ru](mailto:v_c_pavlinst@mail.ru)

*Бондарко Валерия Михайловна*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии зрения, Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН (ФГБУН ИФ РАН), г. Санкт Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-302X>, e-mail: [vmbond@gmail.com](mailto:vmbond@gmail.com)

### **Information about the authors**

*Valeriy N. Chikhman*, PhD in Engineering, Head of the Laboratory of Information Technology and Mathematical Modeling, Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4955-4608>, e-mail: [v\\_c\\_pavlinst@mail.ru](mailto:v_c_pavlinst@mail.ru)

*Valeria M. Bondarko*, Doctor of Biology, Leading Researcher Vision Physiology Laboratory, Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-302X>, e-mail: [vmbond@gmail.com](mailto:vmbond@gmail.com)

Получена 10.12.2019

Принята в печать 01.03.2021

Received 10.12.2019

Accepted 01.03.2021



# СТРАТЕГИИ КОНТРОЛЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

**ЕПИШИН В.Е.**

*Первый Московский Государственный Медицинский Университет имени И.М. Сеченова (ФГАОУ ВО ПМГМУ им. И.М. Сеченова), г. Москва, Российская Федерация*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-826X>, e-mail: [v.e.epishin@gmail.com](mailto:v.e.epishin@gmail.com)

В статье представлены результаты исследования, направленного на изучение взаимосвязи личностных свойств и интеллекта и стратегий решения прогностических задач. Выборку составили 78 человек. Использовались семь методик — компьютерная модель прогностической задачи, тест на интеллект и пять методик для оценки личностных и стилевых характеристик. В качестве показателей стратегий контроля неопределенности при решении прогностической задачи рассматривались соотношение доступной и недостающей информации (информированность), обоснованность возможного выбора доступной информацией (обоснованность) и изменение обоснованности прогноза при появлении новой информации (тенденция). Установлены связи интеллекта с предпочитаемыми уровнями информированности ( $r=0,261$  при  $p<0,05$ ) и обоснованности ( $r=0,244$  при  $p<0,05$ ). Выделены и описаны две стратегии контроля неопределенности, различающиеся характером ориентировки в отношении информированности и обоснованности. Показаны различия в выраженности интолерантности к неопределенности, которая оценивалась с помощью «Нового опросника толерантности к неопределенности» [11] у лиц, предпочитающих разные стратегии контроля неопределенности ( $U=558$  при  $p=0,047$ ).

**Ключевые слова:** прогностическая задача, толерантность и интолерантность к неопределенности, импульсивность, интеллект, готовность к риску, рациональность.

---

**Для цитаты:** *Епишин В.Е.* Стратегии контроля неопределенности при решении прогностических задач // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 80—94. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140102>

## UNCERTAINTY CONTROL STRATEGIES IN SOLVING OF PROGNOSTIC TASKS

**VITALIY E. EPISHIN**

*I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-826X>, e-mail: [v.e.epishin@gmail.com](mailto:v.e.epishin@gmail.com)

The aim of the article was to study the role of personality and intelligence in prognostic tasks solving. The presented results were obtained in a sample of 78 participants. Seven methods were used: a computerized version of the prognostic task (based on V.N. Azarov's task [1982]; an intelligence test and five psychodiagnostic questionnaires to assess personality traits and style characteristics. In the prognostic task, three measurable indicators of the possible strategy were considered: the ratio of available and missing information (awareness), the reasonableness of the possible choice by the available amount of the information (justifiability) and the



change in the prognosis reasonableness due to the latest obtained information (trend). The correlations between intelligence measurement and preferred levels of awareness ( $r = 0.261$ ,  $p < 0.05$ ) and validity ( $r = 0.244$ ,  $p < 0.05$ ) were established. Two strategies of uncertainty control, differing by the use of the above-mentioned indicators were identified and described with the awareness-only oriented strategy seeming more successful. There were differences in the intolerance of uncertainty levels (measured by the New Questionnaire of Tolerance/Intolerance for Uncertainty by T.V. Kornilova [11]) in the individuals who preferred different strategies of uncertainty control ( $U = 558$ ,  $p = 0.047$ ). The participants who tried to use all the three indicators in solving the prognostic task were more uncertainty intolerant than the awareness-only oriented group.

**Keywords:** prognostic task, tolerance, and intolerance for uncertainty, impulsivity, intellect, risk-readiness, rationality.

**For citation:** Epishin V.E. Uncertainty Control Strategies in Solving of Prognostic Tasks. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 80–94. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140102> (In Russ.).

## Введение

Прогнозирование рассматривается в психологии как одна из форм опережающего отражения наряду с такими явлениями, как антиципация, предчувствие, предвосхищение, предзнание и т. д. Многообразие терминов, используемых для описания процессов предвосхищения, связано с его включенностью в деятельность на всех ее уровнях [19]; но наиболее подробно прогнозирование изучается в рамках исследования мышления [2; 23], в частности, процессов целеобразования [24] и выдвижения гипотез [22].

Другой контекст изучения прогнозирования связан с рассмотрением его как особой деятельности, имеющей своей целью построение прогноза. Л.А. Регуш выделила прогностические задачи в особый класс, указывая на следующие их особенности: 1) целью в таких задачах является построение знания о будущем; 2) в условии не содержится достаточных данных для получения прогноза; 3) отношения между данным и искомым носит вероятностный характер; 4) направление поиска в прогностических задачах не задано их условиями [21]. Эффективность решения такого рода задач определяется комплексным влиянием когнитивных и личностных переменных. Кроме того, наряду с вероятностным прогнозированием [26] изучались также особенности вынесения вероятностных суждений [5] и выбора стратегий многоэтапных решений с вероятностным прогнозом; последнее часто изучается в экспериментальных моделях игровой деятельности. Связь общего интеллекта и успешности решения прогностических задач была показана в исследованиях на материале Игровой задачи Айова (Iowa Gambling Task – IGT) [15; 17], которая применялась, в первую очередь, в экспериментальных моделях, основанных на концепции А. Дамасио о регулятивной роли интуиции и эмоций в прогностической активности [27]. Вклад мотивации и соотношения интуитивных и дискурсивных компонентов мышления в эффективность прогнозов изучалась на материале прерывания видеоклипов [23] и решения задачи Васона [4]. Влияние индивидуального опыта и связанных с ним систематических искажений при прогнозировании было продемонстрировано Д. Канеманом и А. Тверски, указавшими на необходимость использования экспериментальных процедур, корректирующих сформулированные субъектом интуитивные суждения [6].

Неотъемлемой характеристикой прогностических задач выступает неопределенность условий или субъективная неопределенность. Впервые необходимость разведения субъективной и объективной неопределенности при анализе мыслительных стратегий показал



О.К. Тихомиров [25]. Несовпадение объективных характеристик ситуации принятия решений (вероятности исходов, величины возможных выигрышей и потерь, способа подачи информации и др.) и ее субъективной репрезентации, выраженной в оценках риска, неопределенности, или предпочтениях альтернатив, выступает источником неудовлетворительных прогностических возможностей, рассматриваемых с точки зрения ожидаемой полезности. В исследованиях Д. Канемана, А. Тверски, П. Словика, Г. Гигеренцера и др. [6; 30] было показано, что решения субъекта часто отклоняются от «оптимальных», соответствующих цели максимизации полезности. Был описан ряд когнитивных искажений (*biases*), опосредствующих принятие решений в ситуации неопределенности. Первоначально такого рода искажения обсуждались в контексте анализа причин отклонения ПР от «рациональных» стратегий.

Помимо внешних факторов субъективная неопределенность в ситуации принятия решений (ПР) связана с внутренними, среди которых выделяют ситуационные и диспозиционные факторы. Первые проявляются как ситуационные ограничения при ПР, вынуждающие человека принимать решения при неполной ориентировке. Вторые – свойства самого субъекта, к которым относятся личностные (например, мотивация, доступность внутреннего опыта и т. д.) и когнитивные особенности (уровень интеллекта, исполнительные функции и т. д.), восприятие риска и обусловленные им предпочтения выборов – как альтернатив при ПР в ситуации неопределенности и риска [6; 9].

Ключевыми среди личностных свойств, опосредствующих ПР в ситуации неопределенности, выступают такие качества субъекта, которые отражают его отношение к неопределенности. Приоритет в использовании терминов «*толерантность*» и «*интолерантность к неопределенности*» принадлежит Э. Френкель-Брунsvик [28], указавшей на тот факт, что указанные свойства затрагивают как когнитивную, так и эмоциональную сферу. В многочисленных исследованиях продемонстрированы связи толерантности/интолерантности к неопределенности с устойчивыми личностными, когнитивными и эмоциональными особенностями, в связи с чем А. Фернхем и Дж. Маркс предлагают рассматривать толерантность/интолерантность к неопределенности в качестве факторов второго или третьего порядка, влияющих на принятие субъектом решения или выбора им когнитивной стратегии [29].

В качестве личностных факторов, проявляющихся при ПР в широком контексте жизненных ситуаций, выделяют также свойства *импульсивности* и *готовности к риску*. Вклад импульсивности и склонности к риску в регуляцию ПР был продемонстрирован на материале IGT [9; 18; 20]. Детально обсуждена связь прогнозов на отдельных этапах IGT с эмоциональным интеллектом [17; 18]. В регуляции ПР также задействованы особенности субъективной рациональности [8], отражающей готовность субъекта принимать решения в ситуациях неопределенности или при неполноте информации; в этом свойстве проявляется тенденция к обдумыванию решений. Рациональность понимается также как стилевая характеристика – рационально-аналитический стиль при принятии решений, согласно теории С. Эпстайна [14]. Рациональность, в свою очередь, оказывается положительно связанной с *бдительностью* как индивидуально-стилевым свойством регуляции ПР [9].

Применительно к прогностическим задачам регулирующая роль толерантности и интолерантности к неопределенности в предпочтении стратегий решения была показана в исследованиях на материале вербальных задач и компьютеризованной методики IGT [15]. Однако эта модель, позволяющая проследивать динамику многоэтапных выборов, не пред-



полагала возможности самому участнику ситуации регулировать или оценивать уровень субъективной неопределенности.

В компьютеризированной задаче, которую мы предложили в качестве экспериментальной модели в настоящей работе, участникам предоставлялась возможность самостоятельного выбора момента высказывания прогноза; такого рода процедура позволяла регулировать приемлемый для каждого участника уровень неопределенности ситуации. То есть учитывался тот факт, что именно интолерантность к неопределенности может выступать свойством позитивной регуляции прогноза в ситуации, когда потенциально лицу, принимающему решение, может быть доступна вся возможная информация.

Параметрами, задающими условия неопределенности, выступили соотношение известной и недостающей информации (мы обозначили этот параметр, как *информированность*) и степень соответствия полученных сведений гипотезам, на основании которых он совершает выбор (данный параметр мы назвали *обоснованность*). Помимо указанных параметров фиксировались показатели динамики фактора «обоснованность» при появлении новой информации (этот параметр мы назвали *тенденция*). Для мотивирования участников к совершению выбора при минимально приемлемом для них уровне неопределенности использовалась платежная матрица, задающая *ценность прогноза*. Ценность прогноза в настоящем исследовании (как, впрочем, и в большинстве реальных ситуаций прогнозирования) определяется двумя параметрами — своевременностью и точностью. Повышение точности и обоснованности прогноза подразумевает развернутую ориентировку, требующую больше информации и времени.

Предвосхищение возможных исходов и их вероятностей, сбор информации, выдвижение и анализ гипотез, составляющие суть прогностической деятельности, позволяют снизить субъективную неопределенность ситуации. Таким образом, выбирая момент принятия решения, связанный с определенной ценностью прогноза (величина возможного выигрыша), каждый участник выбирал и *субъективно приемлемый уровень неопределенности*. Последний мы рассматриваем как одно из возможных измерений комплексной латентной переменной «непринятие неопределенности и риска» [16].

**Целью** настоящего исследования являлась оценка регулирующей роли личностных свойств (рациональности, готовности к риску, импульсивности, толерантности и интолерантности к неопределенности, интуитивного стиля и стратегий совладания с неопределенностью) и интеллекта в решении прогностических задач, проявляющаяся в предпочтении различных уровней ценности прогнозов.

#### **Гипотезы исследования.**

1. Информированность как более полная ориентировка в ситуации перед принятием решения положительно связана с личностными свойствами, входящими в комплексную латентную переменную «непринятие неопределенности и риска» [16], а именно — с рациональностью и интолерантностью к неопределенности.

2. Обоснованность прогноза, как степень достоверности возможного исхода с точки зрения имеющейся информации, положительно коррелирует с уровнем интеллекта и отрицательно — с готовностью к риску.

3. Тенденция, отражающая склонность реагировать на сиюминутные изменения ситуации при построении прогноза, может быть положительно связана с импульсивностью и соответствующим непродуктивным копингом «сверхбдительность», проявляющемся как склонность принимать импульсивные решения в ситуации неопределенности.





4. Существуют устойчивые паттерны соотношения информированности, обоснованности и тенденции, рассматриваемые как показатели стратегий контроля неопределенности, связанные с различиями в выраженности личностных, интеллектуальных и стилевых свойств, включенных в регуляцию принятия решений.

### Методика

**Участники исследования.** В исследовании приняли участие 78 (79% — женщины) человек в возрасте от 17 до 66 лет ( $M=24$ ;  $SD=10$ ;  $Me=21$ ). Большая часть выборки (60 человек) — студенты, остальные участники имели законченное высшее образование.

#### **Прогностическая задача.**

В качестве прогностической задачи использовалась компьютерная модификация методики оценки когнитивного порога принятия решения, предложенная В.Н. Азаровым [1]. В нашей версии методики задача предьявлялась на экране монитора, который был разделен на две половины, в каждой из которых отображалось 10 одинаковых строк, состоящих из символа «\*». В самом начале открывались первые строки на обеих половинах экрана. В них появлялись наборы вертикальных линий. Различия в количестве линий в строке варьировалось в диапазоне от 0 до 5. По прошествии 7 секунд открывалась вторая строка и так далее. Этот временной интервал был достаточен для того, чтобы увидеть целостную картину, но исключал возможность подсчета линий, и участнику необходимо было опираться на общее впечатление для принятия решения. Цель участника состояла в предугадывании, в какой из половин экрана общее число вертикальных линий будет больше, когда откроются все строки. Выбор осуществлялся нажатием кнопки внизу соответствующей половины экрана (рис. 1).

Для формирования у участников готовности совершить выбор как можно раньше в игре использовалась платежная матрица: в начале каждой серии участнику начислялось 100 игровых долларов. За каждую открытую строку списывалось 10 игровых долларов. Если испытуемый ошибался с выбором, его штрафовали на 50 игровых долларов. Таким образом, чтобы максимизировать выигрыш, он должен был совершать выбор как можно раньше, но при этом стараться не допустить ошибки, т. е. опираться в своем выборе на наличную ситуацию. Всего было 30 таких проб.

Сценарий игры был одинаковым для всех участников. Перед основной серией испытуемому предлагалось пройти тренировочную серию — для ознакомления с принципом работы программы.

**Показатели стратегий.** В оригинальной методике в качестве меры «когнитивного порога принятия решения» выступало среднее значение номера хода по всем пробам. Осуществлялась регистрация трех основных показателей. Решая предложенную прогностическую задачу, испытуемый мог опираться на два характеризующих наличную ситуацию параметра — соотношение открытых и закрытых строк и разность числа вертикальных линий в открытых строках. Чем больше значения этих показателей, тем вероятней, что прогноз окажется верным, однако при этом, согласно условиям задачи, выигрыш будет меньшим. Указанные показатели задают индивидуально приемлемую меру неопределенности, при которой человек готов сделать прогноз. Мы обозначили их как *информированность* и *обоснованность* соответственно. Еще одним параметром, на который могли, с нашей точки зрения, ориентироваться участники исследования, выступила величина (с учетом направления она могла быть как отрицательной, так и положительной) сдвига накопленной к

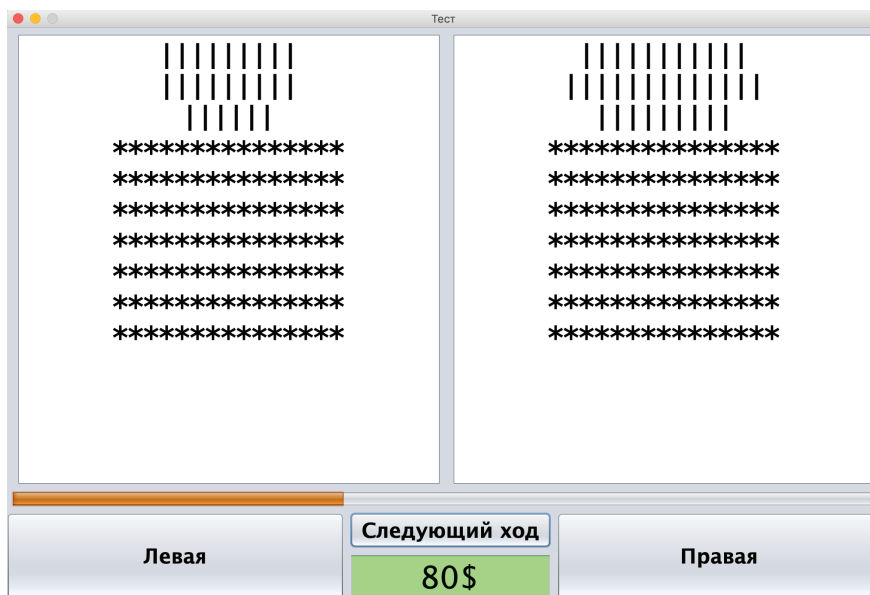


Рис. 1. Интерфейс прогностической задачи

предыдущему ходу разности числа линий в двух половинах экрана. Данный параметр был обозначен как *тенденция*.

#### **Психодиагностические методики.**

1. *Опросник «Личностные факторы решений» (ЛФР-21)* [16]. Включает две шкалы: рациональность — склонность к более полной ориентировке в ситуации ПР; готовность к риску — готовность и умение осуществлять и реализовывать выбор в ситуации неопределенности.

2. *«Новый опросник толерантности к неопределенности» (НТН)* [11]. Диагностирует три свойства: 1) толерантность к неопределенности (ТН), как личностное принятие новизны, сложности, противоречивости условий решения проблем и ПР; готовность действовать новыми необычными способами; 2) интолерантность к неопределенности (ИТН) как стремление к ясности, упорядоченности, избегание неопределенности, ориентация на правила и принципы, тенденция к четкому разделению правильных и неправильных мнений, ценностей и способов действия; 3) межличностная интолерантность к неопределенности (МИТН) как стремление к контролю в межличностных отношениях, желание ясности и переживание дискомфорта в отношениях, где эта ясность отсутствует.

3. *Опросник «Импульсивность 7» (I7)* Г. и С. Айзенков в русскоязычной адаптации [12]. Включает три шкалы: 1) импульсивность как снижение самоконтроля и склонность действовать под влиянием сиюминутных импульсов; 2) склонность к риску, проявляющаяся в поиске сильных ощущений; 3) эмпатия, отражающая способность человека сопереживать другому человеку и заряжаться его эмоциями.

4. *Шкалы интуитивного стиля из опросника С. Эпштейна «Рациональный—Опытный»* [13]: интуитивная способность (ИС) и использование интуиции (ИИ).

5. *Мельбурнский опросник принятия решений (МОПР)* [10], включающий 4 шкалы: 1) бдительность — продуктивная стратегии совладания (копинг) с неопределенностью, заключающаяся в стремлении тщательно продумывать возможные альтернативы при ПР; и



три непродуктивных копинга: 2) избегание — как стремление отказываться от самостоятельного ПР; 3) прокрастинация — как стремление оттянуть принятие решения; 4) сверхбдительность — как склонность к импульсивному ПР, стремление избавиться от ситуации неопределенности без интеллектуальной ориентировки в ней.

6. *Краткий отборочный тест* [3] для оценки уровня общих способностей (общего уровня интеллекта).

## Результаты

### **1. Оценка внутренней согласованности показателей выполнения прогностической задачи.**

Для анализа показателей выполнения прогностической (игровой) задачи с точки зрения рассмотрения их в качестве критериев оценки индивидуальных особенностей принятия решений осуществлялась проверка внутренней согласованности. С этой целью использовался коэффициент Альфа Кронбаха. Полученные значения коэффициента составили: для показателя «информированность» — 0,987, для показателя «обоснованность» — 0,924 и для показателя «тенденция» — 0,555. Первые два показателя в совокупности задают уровень неопределенности ситуации в момент принятия решения. Чем меньше значение каждого из них, тем выше риск совершить ошибку в прогнозе. Столь высокие значения Альфа Кронбаха для этих показателей отражают устойчивость индивидуальных предпочтений ценности прогноза, определяемой соотношением величины риска — как неприемлемого уровня неопределенности — и потенциального выигрыша. Наименее однородным оказался показатель «тенденция», возможно, вследствие наиболее высокой степени взаимосвязи с ситуативными факторами ПР.

### **2. Взаимосвязи между психодиагностическими показателями и характеристиками выполнения игровой задачи.**

Для оценки взаимосвязи между измеренными показателями использовался коэффициент корреляции Спирмена (табл. 1).

Показатели уровня интеллекта обнаруживают единственную значимую взаимосвязь — с предпочтением стратегии «прокрастинация» ( $r=0,245$  при  $p<0,05$ ).

Были выявлены значимые положительные корреляции уровня интеллекта с двумя показателями выполнения прогностической задачи ( $r=0,261$  при  $p<0,05$  — с показателем «информированность»;  $r=0,244$  при  $p<0,05$  — с показателем «обоснованность»). Эти два показателя в совокупности задают неопределенность текущей игровой ситуации. Таким образом, уровень интеллекта связан с тенденцией к более достоверному прогнозированию, с опорой на наличную ситуацию, при том, что потенциальная величина выигрыша снижается.

Показатель «тенденция» положительно коррелирует с показателями по шкале «интолерантность к неопределенности» ( $r=0,226$  при  $p<0,05$ ).

### **3. Выявление стратегий контроля неопределенности при решении прогностической задачи.**

Для выделения различающихся устойчивых паттернов соотношения объективных характеристик, задающих неопределенность игровой ситуации, на которые ориентирова-



Таблица 1

**Матрица интеркорреляций измеренных  
 психодиагностических переменных (N = 78)**

Шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Импульсивность (И7)												
2. Склонность к риску (И7)	-0,037											
3. Готовность к риску (ЛФР-21)	,282**	,390**										
4. Рациональность (ЛФР-21)	-,347**	0,044	-,349**									
5. Бдительность (МОПР)	-,280**	0,05	-0,205	,585**								
6. Избегание (МОПР)	0,084	-,261*	-,453**	0,02	-0,066							
7. Прокрастинация (МОПР)	0,201	-,342**	-,271*	-0,083	-0,123	,725**						
8. Сверхбдительность (МОПР)	,241*	-,227*	-,308**	0,067	0,06	,470**	,494**					
9. Толерантность к неопределенности (НТН)	,253*	0,131	,398**	-0,183	-0,139	-0,004	0,178	0,123				
10. Интолерантность к неопределенности (НТН)	-0,008	-0,102	-0,083	,363**	0,188	0,002	-0,01	,255*	-0,185			
11. Межличностная интолерантность к неопределенности (НТН)	0,115	-0,19	-,339**	,306**	,224*	,221*	0,159	,352**	-0,162	,461**		
12. Интуитивная способность (ИС)	0,11	,258*	,268*	0,119	0,102	-0,188	-0,064	-0,127	0,204	,219*	0,131	
13. Использование интуиции (ИС)	,264*	0,173	0,187	-0,174	-,239*	-0,028	0,097	-0,034	0,19	0,12	-0,039	,562**

Примечания: «\*» – корреляция значима при  $p < 0,05$ ; «\*\*» – корреляция значима при  $p < 0,01$ .

лись участники исследования при ПР в нашей задаче, был проведен кластерный анализ методом К-средних. В качестве переменных для кластеризации использовались показатели выполнения игровой задачи. Рассматривались двух-, трех- и четырехкластерные решения. Сходимость при небольшом числе итераций (4) была достигнута для лвухкластерного решения (табл. 2).

Участники, показатели которых вошли в первый кластер, предпочитали делать более рискованные прогнозы, совершая выбор при меньшем числе открытых строк (информиро-



Таблица 2

**Конечные центры кластеров**

Показатель	Кластеры	
	1-й кластер (42 человек)	2-й кластер (36 человек)
Информированность	2,10	4,27
Обоснованность	4,10	6,52
Тенденция	2,03	1,63

ванность) и при меньших различиях в числе объектов в двух половинах экрана (обоснованность), но при этом в большей степени ориентировались на величину изменения разницы в числе объектов в текущем ходу (тенденция) по сравнению с теми участниками, показатели которых вошли во второй кластер.

Далее мы оценили внутреннюю согласованность показателей «информированность», «обоснованность» и «тенденция» отдельно для каждого из выделенных кластеров (табл. 3).

Таблица 3

**Внутренняя согласованность показателей выполнения игровой задачи  
для двух кластеров наблюдений**

Показатель	Альфа Кронбаха	
	1-й кластер	2-й кластер
Информированность	0,962	0,958
Обоснованность	0,825	0,606
Тенденция	0,468	0,405

В табл. 3 показано, что значения коэффициента альфа различаются для первого и второго кластеров. В обеих группах показатель «информированность» (соотношение числа открытых и закрытых строк на момент прогноза) демонстрирует высокую надежность. Для показателя «обоснованность» (разность числа линий в двух половинах экрана на момент прогноза) достаточный уровень внутренней согласованности наблюдается только для значений, составивших первый кластер. По показателю «тенденция» (изменение числа объектов в двух половинах экрана на момент прогноза) значения коэффициента альфа не достигают удовлетворительных значений. Полученные данные могут означать, что участники, показатели которых вошли в первый кластер, предпочитают информированность и обоснованность при составлении прогноза, а следовательно, именно данные факторы могут рассматриваться как устойчивые критерии выбора стратегии контроля приемлемой неопределенности при ПР. Участники исследования, показатели которых вошли во второй кластер, составляют прогноз на основании лишь одного фактора — «информированность».

Проверка наличия взаимосвязи между значениями показателей выполнения игровой задачи у лиц, показатели которых вошли в разные кластеры, осуществлялась путем расчета коэффициента Спирмена отдельно для двух групп (табл. 4).

Сравнение корреляций показателей выполнения игровой задачи выявило несовпадение связей показателя «тенденция» в двух выделенных кластерах. Отрицательная корре-



Таблица 4

**Связи показателей стратегий выполнения прогностической задачи  
 для участников двух выделенных групп**

1-й кластер \ 2-й кластер	Информированность	Обоснованность	Тенденция
Информированность		,926** (,981**)	-,004 (-,403**)
Обоснованность	,930** (,981**)		,273 (-,318**)
Тенденция	-,565** (-,403**)	-,459** (-,318**)	

*Примечание:* ниже диагонали — данные для первого кластера, выше — для второго. В скобках приведены коэффициенты корреляции, рассчитанные для всей выборки.

Связь показателя «тенденция» с показателями «информированность» и «обоснованность» свидетельствует о том, что участники, результаты которых вошли в первый кластер, делали прогноз раньше и при меньшей разнице линий в двух половинах экрана при заметном увеличении числа линий в открывшейся строке. Корреляционный анализ аналогичных показателей участников второй группы не обнаружил такой взаимосвязи, т. е. у испытуемых данной группы обоснованность прогноза не связана с информированностью.

**4. Оценка индивидуальных различий между участниками в двух выделенных группах.**

Анализ различий в выраженности личностных свойств и уровне интеллекта на основании показателей у испытуемых обеих групп осуществлялся с использованием критерия Манна–Уитни, поскольку для большинства шкал не выполнялось требование нормальности распределения. Значимые различия ( $U=558$  при  $p=0,047$ ) были обнаружены только для одной шкалы — «интолерантность к неопределенности» (опросник НТН): среднее значение по шкале в первой группе составило 59,38, в то время как среднее значение во второй группе составило 55,47.

**Обсуждение результатов**

Полученные в ходе анализа матрицы интеркорреляций данные согласуются с результатами аналогичных исследований: интеркорреляции шкал опросников ЛФР-21, И7, НТН, МОПР и ИС воспроизводят ранее описанные связи [9; 10; 11; 12; 13]. Не было выявлено значимой взаимосвязи стратегии «бдительность» и таких личностных факторов принятия решения, как толерантность и интолерантность к неопределенности, а также готовность к риску (опросник ЛФР-21) [10]. Также обнаруживается лишь частичная взаимосвязь показателей по опроснику Эпстайна с показателями по шкалам ЛФР-21 и НТН [14]. Полученные в настоящем исследовании результаты не согласуются с данными других исследований и могут объясняться сравнительно небольшим размером выборки (что не позволило получить требуемый уровень значимости показателей).

Интолерантность к неопределенности обнаруживает взаимосвязь с рациональностью и бдительностью, а следовательно, данные факторы можно объединить в единый комплекс и обозначить его как неприятие неопределенности и риска [16]. Однако гипотеза 1 о связи данного комплексного фактора с информированностью как критерием выбора оптимальной стратегии ПР отвергается.





Обнаруженная связь показателя «обоснованность» с уровнем интеллекта позволяет принять в этой части вторую гипотезу. Помимо этого, уровень интеллект обнаруживает положительную взаимосвязь с фактором «информированность». Включенность фактора «интеллект» в регуляцию стратегий выборов при решении прогностических задач на материале Айова-теста ранее была продемонстрирована в исследованиях процессов многоэтапного решения разного типа задач [15]. Однако гипотеза 2 о взаимосвязи обоснованности с готовностью к риску отвергается.

Поскольку иных значимых связей показателей выраженности изучаемых в исследовании личностных свойств с показателями «информированность» и «обоснованность» прогностической задачи также не было обнаружено. Результаты свидетельствуют о необходимости отвергнуть гипотезу 3 — о связи этого показателя с импульсивностью и готовностью к риску. При этом была обнаружена положительная взаимосвязь между показателем «тенденция» в стратегии ПР и выраженностью интолерантности к неопределенности. То есть лица с выраженной интолерантностью к неопределенности при составлении прогноза в большей степени ориентировались на изменение текущей игровой ситуации. Такого рода результаты позволяют переформулировать предположение о факторах личностной регуляции ПР и выдвинуть предположение о включенности интолерантности к неопределенности в стратегию контроля динамики изменений ситуативной неопределенности (показатель «тенденция»). При этом необходимо отметить, что показатель «тенденция» (в отличие от двух других) не позволял с высокой вероятностью предсказать исход — такой вариант не предполагался сценарием игры.

Полученные в нашем исследовании данные свидетельствуют о том, что два из трех показателей стратегий (информированность и обоснованность) выполнения прогностической задачи демонстрируют высокую внутреннюю согласованность, и, следовательно, могут рассматриваться как устойчивые индивидуальные основания принятия решения. Мы рассматриваем их выраженность как критерий наличия субъективно приемлемого уровня неопределенности. Взаимосвязь информированности и обоснованности с уровнем интеллекта выявляют регулирующую роль когнитивных компонентов интеллектуально-личностного потенциала [9]. Возможное объяснение отсутствия связей показателей информированности и обоснованности с личностными и стилевыми характеристиками, опосредствующими ПР, может заключаться и в том, что принятие риска на уровне поведения и неопределенности в большей степени определяется ситуативным, а не диспозициональными устойчивыми факторами [7; 9].

Полученные результаты позволяют принять 4-ю гипотезу о существовании устойчивых паттернов соотношения характеристик информированности, обоснованности и тенденции. Два выявленных паттерна соотношения показателей выполнения игровой задачи позволяют говорить о различных стратегиях контроля неопределенности при решении прогностической задачи. Первая предполагает устойчивую ориентировку на большее число параметров ситуации и их связь (об этом свидетельствуют высокие значения коэффициента Альфа Кронбаха для показателей «информированность» и «обоснованность» и их значимые корреляционные связи с третьим параметром — «тенденция»). Использование данной стратегии в предложенной нами задаче свидетельствует о склонности субъекта к риску при прогнозировании исхода игровой ситуации. При этом выраженность интолерантности к неопределенности выше у лиц, использовавших данную стратегию. Стремление к максимальной ясности, характерное для лиц с высокими показателями интолерантности к неопределенности, связано с поиском ориентиров, позволяющих снизить неопределенность ситуации.



Следует также отметить, что используемые ориентиры не всегда позволяют успешней решать стоящую задачу. В нашем исследовании среднее число правильных прогнозов для лиц, использовавших стратегию риска, составило 17,24 (что немногим отличается от вероятности случайного угадывания в 30 пробах) против 20,67 у тех, кто предпочитал альтернативную стратегию. Вторая стратегия связана с устойчивой ориентацией на один фактор — информированность (лишь для него получено удовлетворительное значение коэффициента Альфа). Индивиды, использовавшие данную стратегию, предпочитали составлять прогноз с опорой на соотношение доступной и недостающей информации, открывая большее число строк при решении задачи.

## Выводы

1. Полученные данные свидетельствуют о том, что такие характеристики ситуации прогнозирования, как соотношение доступной и недостающей информации и обоснованность возможного выбора, могут рассматриваться в качестве индивидуально устойчивых субъективных ориентиров при принятии решений в прогностических задачах.

2. Уровень интеллекта связан с тенденцией к более обоснованному прогнозированию с опорой на наибольшее количество доступной информации.

3. Выявлены две стратегии решения прогностических задач, различающиеся развернутостью ориентировки в ситуации прогнозирования. Первая стратегия заключается в ориентации субъекта на оба фактора, отражающих приемлемый уровень неопределенности, — информированность и обоснованность, — и учет их связи с третьим измеряемым фактором (тенденция). Вторая стратегия заключается в устойчивой ориентации только на фактор «информированности». Первая стратегия связана с тенденцией давать более ранние и менее обоснованные прогнозы.

4. Интолерантность к неопределенности связана с более развернутой ориентировкой в ситуации прогнозирования, проявляющейся в тенденции к учету большого числа параметров и их связей без учета их реального вклада в конечный результат, что, в свою очередь, может приводить к недооценке роли значимых параметров, а следовательно, к более рискованным и менее обоснованным прогнозам.

## Литература

1. Азаров В.Н. Стиль действия: Импульсивность—управляемость // Вопросы психологии. 1982. № 3. С. 121—127.
2. Брушлинский А.В. Мышление и прогнозирование (логико-психологический анализ). М.: Мысль, 1979. 230 с.
3. Бузин В.Н. Краткий отборочный тест. М.: Смысл (Психодиагностическая серия, выпуск 4), 1992. 10 с.
4. Каменев И.И., Корнилова Т.В. Принятие интеллектуальных решений в условиях неопределенности // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2002. № 2. С. 24—36.
5. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: АСТ, 2013. 656 с.
6. Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения. Харьков: Гуманитарный центр, 2005. 632 с.
7. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979. 504 с.
8. Корнилова Т.В. Диагностика мотивации и готовности к риску: монография. М.: Институт психологии РАН, 1997. 232 с.
9. Корнилова Т.В. Интеллектуально-личностный потенциал человека в условиях неопределенности и риска. СПб: Нестор-История, 2016. 344 с.
10. Корнилова Т.В. Мельбурнский опросник принятия решений: русскоязычная адаптация [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2013. Т. 6. № 31. С. 4. URL: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2013v6n31/883-kornilova31.html> (дата обращения: 03.07.2019).



11. Корнилова Т.В. Новый опросник толерантности к неопределенности // Психологический журнал. 2010. Т. 31. № 1. С. 74–86.
12. Корнилова Т.В., Долынькова А.А. Диагностика импульсивности и склонности к риску // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 1995. № 3. С. 46–56.
13. Корнилова Т.В., Корнилов С.А. Интуиция, интеллект и личностные свойства (результаты апробации шкал опросника С. Эпстайна) [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2013. Т. 6. № 28. С. 5. URL: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2013v6n28/804-corniliva28.html> (дата обращения: 01.07.2019).
14. Корнилова Т.В., Развалыева А.Ю. Апробация русскоязычного варианта полного опросника С. Эпстайна «Рациональный—Опытный» (Rational-Experiential Inventory) // Психологический журнал. 2017. Т. 38. №3. С. 92–107. doi: 10.7868/S0205959217030084
15. Корнилова Т.В., Чумакова М.А., Корнилов С.А. Интеллект и успешность стратегий прогнозирования при выполнении Айова-теста (IGT) // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2018. Т. 15. № 1. С. 10–21. DOI: 10.17323/1813-8918-2018-1-10-21
16. Корнилова Т.В., Чумакова М.А., Корнилов С.А., Новикова М.А. Психология неопределенности: единство интеллектуально-личностного потенциала человека. М.: Смысл, 2010. 334 с.
17. Красавцева Ю.В., Корнилова Т.В. Эмоциональный и академический интеллект как предикторы стратегий в Игровой задаче Айова IGT) // Психологический журнал. 2018. Т. 39. № 3. С. 29–43. DOI: 10.7868/S0205959218030030
18. Краснов Е.В. Личностные свойства и интеллект как предикторы принятия решений в игровых стратегиях Айова-теста (на выборке военных руководителей) // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 54–66. DOI:10.17759/exppsy.2017100205
19. Ломов Б.Ф., Сурков Е.Н. Антиципация в структуре деятельности. М.: Наука, 1980. 277 с.
20. Медведева Т.И., Большакова С.П., Зинченко О.О., Ениколопова Е.В. Принятие основанных на эмоциях решений в ситуации неопределенности [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2015. Т. 8. № 43. С. 5. URL: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2015v8n43/1190-medvedeva43.html> (дата обращения: 01.07.2019).
21. Регуш Л.А. Психология прогнозирования: успехи в познании будущего. СПб.: Речь, 2003. 352 с.
22. Смирнов С.Д. Прогностическая направленность образа мира как основа динамического контроля неопределенности // Психологический журнал. 2016. Т. 37. № 1. С. 5–13.
23. Степаносова О.В., Корнилова Т.В. Мотивация и интуиция в регуляции вербальных прогнозов при принятии решений // Психологический журнал. 2006. Т. 27. № 2. С. 60–68.
24. Тихомиров О.К. Психология мышления. М.: Издательство МГУ, 1984. 272 с.
25. Тихомиров О.К. Структура мыслительной деятельности человека. М.: Издательство МГУ, 1969. 304 с.
26. Фейгенберг И.М., Иванников В.А. Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям. М.: Издательство МГУ, 1978. 112 с.
27. Bechara A., Damasio H., Damasio A.R., Tranel D. The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers // Trends in cognitive sciences. 2005. Vol. 9(4). P. 159–162. DOI: 10.1016/j.tics.2005.02.002
28. Frenkel-Brunswik E. Intolerance of ambiguity as an emotional and perceptual personality variable // Journal of personality. 1949. Vol. 18(1). P. 108–143.
29. Furnham, A., Marks J. Tolerance of ambiguity: A review of the recent literature // Psychology. 2013. Vol. 4 (09). P. 717–728. doi: 10.4236/psych.2013.49102
30. Gigerenzer G. Simply rational: Decision making in the real world. Evolution and Cognition. New York; NY; US: Oxford University, 2015. P. 328. DOI:10.1093/acprof:oso/9780199390076.001.0001

## References

1. Azarov V.N. Stil' dejstvovaniya: Impul'sivnost' — upravljaemost' [Action style: impulsiveness — controllability]. *Voprosy psichologii [Questions of Psychology]*. 1982. no. 3. pp. 121–127. (In Russ.).
2. Brushlinskij A.V. Myshlenie i prognozirovanie (logiko-psichologicheskij analiz) [Thinking and forecasting (logical and psychological analysis)]. Moscow: Mysl', 1979. 230 p. (In Russ.).
3. Buzin V.N. Kratkij otborochnyj test [Short selective test]. Moscow: Smysl (Psichodiagnosticheskaja serija, vypusk 4), 1992. 10 p. (In Russ.).



4. Kamenev I.I., Kornilova T.V. Prinjatje intellektual'nyh reshenij v uslovijah neopredelennosti [Intellectual decision making under uncertainty]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 14: Psihologija* [Moscow University Psychology Bulletin], 2002. no. 2, pp. 24–36. (In Russ.).
5. Kaneman, D. Dumaj medlenno... reshaj bistro [Think slowly ... decide quickly]. Moscow: AST, 2013. 656 p. (In Russ.).
6. Kaneman D., Slovik P., Tverski A. Prinjatje reshenij v neopredelennosti: Pravila i predubezhdenija [Decision making under uncertainty: rules and biases]. Har'kov: Gumanitarnyj centr, 2005. 632 p. (In Russ.).
7. Kozeleckij Ju. Psihologicheskaja teorija reshenij [Psychological theory of decisions]. Moscow: Progress, 1979. 504 p. (In Russ.).
8. Kornilova T.V. Diagnostika motivacii i gotovnosti k risku (monografija) [Diagnostics of risk readiness motivation]. Moscow: Institut psihologii RAN, 1997. 232 p. (In Russ.).
9. Kornilova T.V. Intellektual'no-lichnostnyj potencial cheloveka v uslovijah neopredelennosti i riska [Intellectual and personal potential in uncertainty and risk conditions]. Saint-Petersburg: Nestor-Istorija, 2016. 344 p. (In Russ.).
10. Kornilova T.V. Mel'burnskij oprosnik prinjatija reshenij: ruskोजazychnaja adaptacija [Melbourne decision making inventory: Russian adaptation]. *Psihologicheskie issledovanija* [Psychological studies], 2013, Vol. 6, no. 31. Available at: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2013v6n31/883-kornilova31.html> (Accessed: 03.07.2019). (In Russ., Abstr. In Engl.).
11. Kornilova T.V. Novyj oprosnik tolerantnosti k neopredelennosti [New Questionnaire of Tolerance for Uncertainty]. *Psihologicheskij zhurnal* [Psychological journal], 2010, Vol. 31, no. 1, pp. 74–86. (In Russ.).
12. Kornilova T.V., Dolnykova A.A. Diagnostika impul'sivnosti i sklonnosti k risku [Diagnostics of impulsiveness and risk seeking]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 14. Psihologija* [Moscow University Psychology Bulletin], 1995, no. 3, pp. 46–56. (In Russ.).
13. Kornilova T.V., Kornilov S.A. Intuicija, intellekt i lichnostnye svojstva (rezul'taty aprobacii shkal oprosnika S. Jepstajna) [Intuition, intelligence and personal qualities (results of approval of S. Jepstain questionnaire scales)]. *Psihologicheskie issledovanija* [Psychological studies], 2013, Vol. 6, no. 28. Available at: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2013v6n28/804-corniliva28.html> (Accessed: 01.07.2019). (In Russ., Abstr. In Engl.).
14. Kornilova T.V., Razvaljaeva A. Ju. Aprobacija ruskोजazychnogo varianta polnogo oprosnika S. Jepstajna "Racional'nyj-Opytnyj" (Rational-Experiential Inventory) [Approval of Russian version of S. Jepstain Rational-Experiential Inventory]. *Psihologicheskij zhurnal* [Psychological journal], 2017, Vol. 38, no. 3, pp. 92–107. doi: 10.7868/S0205959217030084. (In Russ., Abstr. In Engl.).
15. Kornilova T.V., Chumakova M.A., Kornilov S.A. Intellekt i uspeshnost' strategij prognozirovanija pri vypolnenii Ajova-testa (IGT) [Intelligence and Successful Prognostic Strategies in Iowa Gambling Task (IGT)]. *Psihologija. Zhurnal Vysšej shkoly jekonomiki* [Psychology. Journal of the Higher School of Economics], 2018, Vol. 15, no. 1, pp. 10–21. doi:10.17323/1813-8918-2018-1-10-21 (In Russ., abstr. in Engl.).
16. Kornilova T.V., Chumakova M.A., Kornilov S.A., Novikova M.A. Psihologija neopredelennosti: edinstvo intellektual'no-lichnostnogo potenciala cheloveka [Psychology of uncertainty: unity of intellectual and personal potential]. Moscow: Smysl, 2010. 334 p. (In Russ.).
17. Krasavceva Ju.V., Kornilova T.V. Jemocional'nyj i akademicheskij intellekt kak prediktory strategij v Igrovoj zadache Ajova IGT) [Emotional and academic intelligence as strategy predictors in Iowa Gambling Task (IGT)]. *Psihologicheskij zhurnal* [Psychological Journal], 2018, Vol. 39, no 3, pp. 29–43. doi:10.7868/S0205959218030030 (In Russ., Abstr. In Engl.).
18. Krasnov E.V. Lichnostnye svojstva i intellekt kak prediktory prinjatija reshenij v igrovyh strategijah Ajova-testa (na vyborke voennyh rukovoditelej) [Personality traits and intelligence as predictors of decision making process in gambling strategies of IOWA gambling task (on the sample of military executives)]. *Jeksperimental'naja psihologija* [Experimental Psychology], 2017, Vol. 10, no. 2, pp. 54–66. doi:10.17759/expsy.2017100205 (In Russ., Abstr. in Engl.).
19. Lomov B.F., Surkov E.N. Anticipacija v strukture dejatel'nosti [Anticipation in structure of activity]. Moscow: Nauka, 1980. 277 p. (In Russ.).
20. Medvedeva T.I., Bol'shakova, S.P., Zinchenko O.O., Enikolopova E.V. Prinjatje osnovannyh na jemocijah reshenij v situacii neopredelennosti [The emotional decision making in the situations of



- uncertainty]. *Psihologicheskie issledovaniya [Psychological studies]*, 2015, Vol. 8, no. 43. Available at: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2015v8n43/1190-medvedeva43.html> (Accessed: 01.07.2019). (In Russ., Abstr. In Engl.).
21. Regush L.A. Psihologija prognozirovaniya: uspehi v poznanii budushhego [Psychology of forecasting: success in knowing future]. Saint-Petersburg: Rech', 2003. 352 p. (In Russ.).
22. Smirnov S.D. Prognosticheskaja napravlenost' obraza mira kak osnova dinamicheskogo kontrolja neopredelennosti [The prognostic orientation of the world image as the basis for the dynamic control of uncertainty]. *Psihologicheskij zhurnal [Psychological Journal]*, 2016, Vol. 37, no. 1, pp. 5–13. (In Russ., Abstr. in Engl.).
23. Stepanosova O.V., Kornilova T.V. Motivacija i intucija v reguljacii verbal'nyh prognozov pri prinjatii reshenij [Motivation and intuition in verbal predictions regulation in decision making]. *Psihologicheskij zhurnal [Psychological Journal]*, 2006, Vol. 27, no. 2, pp. 60–68. (In Russ., Abstr. in Engl.).
24. Tihomirov O.K. Psihologija myshlenija [Psychology of thinking]. Moscow: MGU Publ., 1984. 272 p. (In Russ.).
25. Tihomirov O.K. Struktura myslitel'noj dejatel'nosti cheloveka [Structure of human thinking activity]. Moscow: MGU Publ., 1969. 304 p. (In Russ.).
26. Fejgenberg I.M., Ivannikov V.A. Verojatnostnoe prognozirovanie i prednastrojka k dvizhenijam. Moscow: MGU Publ., 1978. 112 p. (In Russ.).
27. Bechara A., Damasio H., Damasio A.R., Tranel D. The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends in cognitive sciences*. 2005, 9(4), pp. 159–162. doi: 10.1016/j.tics.2005.02.002 (In Engl.).
28. Frenkel-Brunswik, E. Intolerance of ambiguity as an emotional and perceptual personality variable. *Journal of personality*. 1949, Vol. 18, no. 1, pp. 108–143. (In Engl.).
29. Furnham, A., Marks, J. Tolerance of ambiguity: A review of the recent literature. *Psychology*. 2013, Vol. 4, no. 09, pp. 717–728. doi: 10.4236/psych.2013.49102
30. Gigerenzer, G. Simply rational: Decision making in the real world. Evolution and Cognition. New York, NY, US: Oxford University, 2015. 328 p. doi:10.1093/acprof:oso/9780199390076.001.0001

### **Информация об авторах**

Епишин Виталий Евгеньевич, старший преподаватель кафедры педагогики и медицинской психологии, Первый Московский Государственный Медицинский Университет имени И.М. Сеченова (ФГАОУ ВО ПМГМУ им. И.М. Сеченова), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-826X>, e-mail: [v.e.epishin@gmail.com](mailto:v.e.epishin@gmail.com)

### **Information about the authors**

Vitaliy E. Epishin, Senior Lecturer of Pedagogy and Medical Psychology Department, I.M. Sechenov First MSMU (Sechenov University), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-826X>, e-mail: [v.e.epishin@gmail.com](mailto:v.e.epishin@gmail.com)

Получена 19.07.2019

Принята в печать 01.03.2021

Received 19.07.2019

Accepted 01.03.2021



# ФОРМИРОВАНИЕ АБСТРАКТНОГО ЗНАНИЯ ПРИ ИМПЛИЦИТНОМ УСВОЕНИИ СХЕМЫ РЕШЕНИЯ АНАГРАММ

**ДЕЕВА Т.М.**

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»),  
г. Самара, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6250-7152>, e-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)*

**КОЗЛОВ Д.Д.**

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики» (ФГАОУ ВО «НИУ ВШЭ»),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-5584>, e-mail: [ddkozlov@hse.ru](mailto:ddkozlov@hse.ru)*

Настоящая работа посвящена проблеме неосознанного получения абстрактного знания. Описан эксперимент, связанный с решением круговых 5-буквенных анаграмм, составленных по определенной инвариантной схеме. Выучиваемый инвариант не является перцептивным; использование такого рода стимульного материала отличает данное исследование от классических экспериментов в технике усвоения инвариантных характеристик. Обсуждается возможность имплицитного усвоения схемы решения. Сравняется результативность групп с постоянной схемой решения и с изменением схемы решения на тестовом этапе. Обнаружено, что изменение схемы приводит к снижению эффективности, т. е. к уменьшению количества решенных анаграмм. Полученные данные позволяют сделать вывод в пользу возможности неосознанного усвоения абстрактного правила относительно имеющейся схемы при отсутствии перцептивной инвариантной составляющей. Рассматривается возможность применения подобного стимульного материала для исследования взаимодействия зрительного и вербального компонентов рабочей памяти.

**Ключевые слова:** имплицитное научение, решение анаграмм, усвоение инвариантов, репрезентация абстрактного знания.

---

**Для цитаты:** Деева Т.М., Козлов Д.Д. Формирование абстрактного знания при имплицитном усвоении схемы решения анаграмм // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 95—107. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140103>

# ACQUISITION OF ABSTRACT KNOWLEDGE IN IMPLICIT LEARNING OF ANAGRAM SOLUTION SCHEME

**TATIANA M. DEEVA**

*Samara National Research University, Samara, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6250-7152>, e-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)*





## DMITRII D. KOZLOV

HSE University, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-5584>, e-mail: [ddkozlov@hse.ru](mailto:ddkozlov@hse.ru)

The article addresses the problem of unconscious gaining of abstract knowledge. Participants solved circular 5-letter anagram arranged by the same invariant scheme. The learned schematic invariant is not perceptive, contrary to the usual invariant acquisition technique in other studies. The possibility of implicit learning of a solution scheme is discussed. Efficiency of anagram solving is compared between the groups with constant or changed solution scheme during the test stage. The change of the solution scheme leads to a decrease of efficiency, i.e. to the lower number of the solved anagrams. The results support the possibility of gaining unconscious abstract knowledge concerning the scheme without any perceptual invariant component. Possible use of a similar stimulus material in studies of interaction between visual and verbal components of working memory is briefly discussed.

**Keywords:** implicit learning, anagram solving, invariant learning, representation of abstract knowledge.

**For citation:** Deeva T.M., Kozlov D.D. Acquisition of Abstract Knowledge in Implicit Learning of Anagram Solution Scheme. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 95–107. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140103> (In Russ.).

## Введение

Считается, что в процессе имплицитного научения человек способен неосознанно выучивать закономерности и правила [2]. При этом в большинстве разработанных на сегодняшний день экспериментальных методик приобретение имплицитного знания связано с многократным повторным предъявлением стимульного материала. В такой ситуации неизбежно возникают вопросы как о степени осознаваемости полученного знания, так и об уровне абстрактности его репрезентации [5; 6; 12].

Так, в частности, парадигма выучивания искусственной грамматики предполагает, что испытуемые в процессе эксперимента неосознанно выучивают некоторую сложную закономерность, задаваемую экспериментатором посредством специальной организации стимульного материала, и впоследствии оказываются в состоянии классифицировать новые стимулы на основании этого знания, будучи неспособными сформулировать само правило. При этом сложность правила неизбежно влечет за собой сложность формулировки, что создает дополнительные трудности при попытках выявить частичную экспликацию закономерности. Кроме того, затруднительно определить, обусловлено ли знание усвоением абстрактных правил грамматики или связано с выделением и запоминанием отдельных фрагментов или перцептивных характеристик стимульных строк [25; 28].

Альтернативный подход предлагается в экспериментальной парадигме усвоения инвариантов, которая может рассматриваться и как простейший случай искусственной грамматики. В общем случае под инвариантом понимается некоторая неизменная особенность стимульного материала, которая может носить как перцептивный, так и неперцептивный характер. Закономерностью в этом случае является повторение некоторой элементарной характеристики в каждом из предъявляемых стимулов. Во многих случаях это повторяющаяся буква или цифра, иногда неизменным остается и ее положение внутри стимула. Затруднение экспликации достигается за счет введения задачи-дистрактора в обучающей части, а также благодаря относительно небольшому числу предъявлений обучающих стимулов. Достоинством



такого подхода является невозможность частичной экспликации правила: осознанная закономерность может быть легко вербализована, а использование осознанной стратегии, подразумевающей проверку верной гипотезы о существовании правила, сразу проявляется в существенном улучшении результатов при решении заданий тестовой части.

Эксперименты, связанные с усвоением инвариантов, появились в когнитивной психологии в конце XX века [14; 17; 27]. Результаты большинства исследований, с того времени и по сегодняшний день, говорят в пользу имплицитного характера усвоенного знания [16; 22]. При этом данные относительно уровня репрезентации такого знания противоречивы и, вероятнее всего, оно может быть представлено в сознании как на перцептивном, так и на более абстрактном уровне [16].

Одной из первых работ, в которых высказывалась идея о неосознанной семантической обработке воспринятого инварианта, была публикация П. МакДжорджа (P. McGeorge) и М. Бартона (A.M. Burton) [21]. В записи каждого из чисел, предъявляемых испытуемым в обучающей части, использовалась цифра «3». Этот инвариант был усвоен неосознанно и оказывал влияние на бинарный выбор, совершаемый в тестовой части, даже если числа при этом записывались словами, а не цифрами. В ложной задаче опознания, когда испытуемым предъявлялись пары новых чисел, но сообщалось, что одно из них они уже видели, чаще случайного выбирались числа, содержащие тройку. В ряде дальнейших исследований, тем не менее, были получены противоречивые результаты относительно семантической составляющей знания [11; 22; 23]. В то же время было показано, что восприниматься и усваиваться может не только инвариант, но и более сложные визуальные закономерности в записи предъявляемых чисел, что позволяет испытуемым опираться в тестовой части на различные аспекты «похожести» стимулов [13]. Более поздние эксперименты с использованием того же стимульного материала продемонстрировали двойственную природу получаемого знания, т. е. как имплицитное запоминание перцептивных инвариантных характеристик, так и усвоение абстракций [16].

В исследованиях с решением анаграмм, где инвариантом являлись повторяющиеся в каждом стимуле буквы, были получены подобные результаты [1; 4]. Инвариантные буквы неосознанно использовались испытуемыми в тестовой части в качестве имплицитной подсказки, что, однако, не позволяло сделать однозначный вывод об абстрактном характере усвоенного правила.

Оригинальная попытка избежать воздействия перцептивной составляющей усваиваемого инварианта была предпринята Дж. Брайтом (J.E.H. Bright) и М. Бартоном (A.M. Burton) [11]. В обучающей части испытуемым предлагалось нарисовать стрелки на часах в соответствии с указанным временем. Форма и тип часов, а также способ указания времени варьировались. Таким образом, инвариантом являлся лишь промежуток задаваемого времени (от 6.00 до 12.00), что, по предположению авторов, позволяло говорить о семантическом характере репрезентации знания. Тестовая часть, как и в описанных выше экспериментах с инвариантной цифрой, представляла собой ложную задачу опознания с выбором из двух стимулов одного, «виденного ранее». Однако дальнейшие исследования показали, что полученный эффект может зависеть, в частности, от организации стимульного материала в тестовой части: разницы по времени между стимулами каждой пары [23]. Кроме того, результаты экспериментов, представленных в этой работе, показали, что знания, приобретаемые испытуемыми, содержат как имплицитную, так и эксплицитную составляющую и основываются как на схожести стимулов, так и на усвоении правила. Авторы при этом подчеркивали необходимость



разработки более чувствительного экспериментального инструментария, который позволил бы разграничить имплицитный и эксплицитный аспекты полученного знания, чтобы иметь возможность более подробно рассматривать их взаимовлияние.

Таким образом, в экспериментальной парадигме усвоения инвариантов на сегодняшний день открытым остается вопрос о возможности формирования имплицитного знания без усвоения какой-либо перцептивной составляющей.

В представленном в данной работе эксперименте тестовая часть по форме повторяет обучающую и заключается в решении анаграмм — т. е. в выполнении задания, не связанного ни с бинарным выбором, ни с задачей опознания. Учитывая, что все задания обучающей части соответствовали одной и той же схеме, мы предполагали возможность осознанного или неосознанного усвоения схемы решения анаграмм. По нашему мнению, критериями усвоения правила решения могли бы являться как рост результативности при сохранении схемы решения за счет научения самого по себе, так и уменьшение результативности при изменении схемы решения.

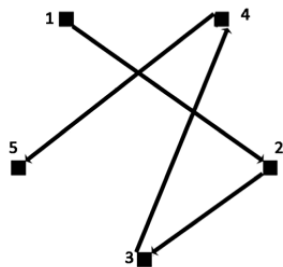
Тот факт, что усвоенная схема может значительно затруднять поиск решения в задачах, где для получения ответа необходим другой порядок действий, впервые был исследован и подробно описан в классических работах А. Лачинса (A.S. Luchins) [18; 19]. Сам А. Лачинс называл указанный феномен «эффектом серии» (mental set) и объяснял его через возникновение и автоматизацию некоторой последовательности операций. Испытуемым предлагались задачи, в каждой из которых требовалось отмерить определенный объем жидкости, используя три емкости различной вместимости. Установочные задачи решались одним и тем же способом, в три действия. После этого предьявлялась тестовая задача, которая могла быть решена двумя способами: привычным и более коротким, в одно действие. Большинство испытуемых не замечали более рационального способа и использовали более привычный. Если же предьявляемая задача имела только короткий способ решения, то она вызывала у испытуемых серьезные затруднения. Заметим, однако, что задачи, предлагаемые А. Лачинсом, подразумевали, прежде всего, аналитический подход к решению, тогда как при решении анаграмм ответ зачастую находится инсайтно. Репрезентация способа решения при этом является неосознанной, т. е. после нахождения ответа испытуемый не в состоянии осознать и описать способ достижения цели.

Отметим также, что в указанных работах А. Лачинса не ставилось цели обнаружить увеличение эффективности решения задач (в скорости или правильности) от начала к концу установочной серии. Однако современные исследования подтверждают наличие этого феномена, по крайней мере, для некоторых типов задач [24].

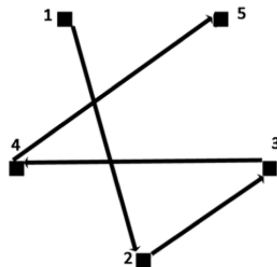
**Гипотезы.** В настоящем исследовании мы предполагали, что имплицитное знание о некоторой закономерности, для которой не существует перцептивного инварианта, может быть неосознанно усвоено и после обучающей части будет проявляться в изменении эффективности решения аналогичных заданий; при этом сохранение схемы решения будет способствовать повышению результативности решения задачи, в то время как ее изменение будет приводить к снижению результативности.

## Метод

**Стимульный материал.** В качестве стимульного материала использовались пятибуквенные анаграммы, представленные в форме пентаграмм. Порядок букв при составлении анаграмм определялся прямой (рис. 1а) или обратной (рис. 1б) схемой. При этом первая буква слова-решения могла находиться в любой позиции (рис. 1в).



а) прямая схема



б) обратная схема

Д М  
Т О  
Е

в) Пример стимула,  
составленного по прямой  
схеме (решение —  
МЕТОД)

Рис. 1. Схемы составления анаграмм

Для составления анаграмм использовались имена существительные (нарицательные, в единственном числе, эмоционально нейтральные) без повторяющихся букв и букв «Ё, Й, Щ, Ъ, Ы, Ь». Все анаграммы имели единственное решение и были составлены из слов с частотностью не менее 50 ipm [3].

**Выборка и отбор испытуемых.** В эксперименте приняли участие 79 человек. Испытуемые случайным образом распределялись по двум экспериментальным группам. Для анализа использовались данные только тех участников, которые успешно справились с решением анаграмм в первой части эксперимента (смогли решить не менее половины заданий). Таким образом, анализировались данные 64 испытуемых от 18 до 44 лет ( $M=23,1$ ), среди которых 17 мужчин и 47 женщин. При этом численность первой экспериментальной группы (ЭГ1) — 32 человека, второй (ЭГ2) — 32 человека.

**Ход эксперимента.** Для предъявления стимулов использовалась программа PsychoPy v.1.90.3. Стимулы предъявлялись в центре монитора с диагональю 15", на расстоянии примерно 55 см от глаз испытуемого. Расстояние между соседними буквами стимула составляло 3,7 см. Таким образом, угловой диаметр круга, по которому располагались буквы анаграммы, составлял около 13°.

Перед началом эксперимента предъявлялась следующая инструкция.

«В этом эксперименте Вам предстоит решать анаграммы, т. е. составлять из представленных букв слово.

Все слова-решения — это хорошо знакомые Вам имена существительные.

Старайтесь решать как можно быстрее. На каждую попытку Вам дается не более 8 с.

Решив анаграмму, нужно сразу нажать клавишу «пробел» и произнести решение, чтобы экспериментатор мог его зафиксировать».

После инструкции, для лучшей ориентации по времени, на экране в течение 8 секунд предъявлялась тренировочная анаграмма, составленная по прямой схеме. Если испытуемый затруднялся с решением, то решение произносил экспериментатор. После этого испытуемый мог задать дополнительные вопросы относительно процедуры эксперимента.

Далее каждому из испытуемых последовательно предъявлялось 40 анаграмм, 30 из которых составляли обучающую часть, а заключительные 10 — тестовую. Каждая анаграмма демонстрировалась на экране в течение 8 секунд или до нажатия клавиши «пробел».



Межстимульный интервал составлял 500 миллисекунд. Верно составленное слово, произнесенное после смены стимула, также засчитывалось как правильный ответ. Правильность ответа фиксировалась экспериментатором вручную.

Обе экспериментальные группы решали анаграммы, составленные из одних и тех же слов. В группе ЭГ1 все предъявляемые анаграммы были составлены по прямой схеме, а в группе ЭГ2 первые 30 — по прямой схеме, а последние 10 — по обратной.

Для дальнейшего анализа и балансировки стимульного материала все предъявленные анаграммы были разбиты на 4 блока по 10 анаграмм в каждом. Порядок предъявления блоков в каждой группе был рандомизирован. Таким образом, обучающая часть состояла из трех блоков, а четвертый соответствовал тестовой части.

После завершения тестовой части для контроля возможной экспликации схемы в обеих группах проводилось постэкспериментальное интервью, в котором испытуемым устно задавались следующие вопросы.

1. Заметили ли Вы какую-либо закономерность в анаграммах, которые решали в ходе эксперимента?

2. Если да, то какую?

3. Как Вам кажется, были ли все анаграммы составлены по определенному правилу, связанному с расположением букв слова-решения?

4. Если да, можете ли Вы описать или нарисовать эту схему?

В заключение испытуемым сообщалось о существовании правила и предлагалось выполнить задание по составлению анаграммы из предложенного экспериментатором нового пятибуквенного слова в соответствии с данным правилом (задача прямой генерации).

#### **Экспериментальные гипотезы:**

1) изменение схемы в группе ЭГ2 приведет к уменьшению количества решенных анаграмм при переходе от блока 3 к блоку 4;

2) в результате научения количество решенных анаграмм будет увеличиваться в ходе обучающей серии (от блока 1 к блоку 3 в обеих группах с дальнейшей тенденцией к возрастанию в блоке 4 в ЭГ1).

## **Результаты**

Ни один из испытуемых, давших положительный ответ хотя бы на один из вопросов постэкспериментального интервью, не смог правильно указать имеющуюся схему или составить по ней анаграмму. По одному участнику в каждой группе успешно справились с задачей составления анаграммы по прямой схеме. При этом каждый из них дал отрицательные ответы на вопросы постэкспериментального интервью. Анализ результатов эксперимента с исключением данных этих участников и без исключения не обнаружил существенных различий в показателях, в связи с чем данные этих испытуемых решено было не исключать из анализа.

Результаты постэкспериментального интервью дают основания предполагать, что полученное испытуемыми знание о схеме составления анаграмм является в большей степени имплицитным. При этом отсутствие перцептивной инвариантной характеристики стимулов говорит в пользу того, что усвоенное имплицитное знание об инварианте носит именно абстрактный характер.

Основные описательные статистики результатов каждой из групп в каждом блоке указаны в табл. 1.



Таблица 1

**Описательные статистики количества правильных решений в сравниваемых группах**

Блок	Группа ЭГ1 (без изменения схемы) N = 32				Группа ЭГ2 (с изменением схемы) N = 32			
	среднее	ст. откл.	min	max	среднее	ст. откл.	min	max
1	6,37	2,02	3	10	6,92	1,35	4	10
2	6,11	1,65	3	9	6,64	1,44	4	9
3	6,37	1,64	3	9	6,56	1,53	4	10
4	5,81	1,64	3	9	5,12	2,07	1	9

Для сравнения групп мы провели двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями по факторам «Группа» и «Блок». Анализировались различия между группами в обучающей части (табл. 2) и при переходе к тестовой части (табл. 3). В качестве зависимой переменной рассматривалось количество решенных в каждом блоке анаграмм (из 10 возможных). Наглядно результаты этого анализа представлены на рис. 2.

Как можно заметить, в обучающей части (блоки 1–3) ни главные факторы, ни их взаимодействие не достигают уровня значимости (во всех случаях  $p > 0,05$ ). При переходе от обучающей части к тестовой (блоки 3–4) взаимодействие факторов «Группа» и «Блок» становится значимым.

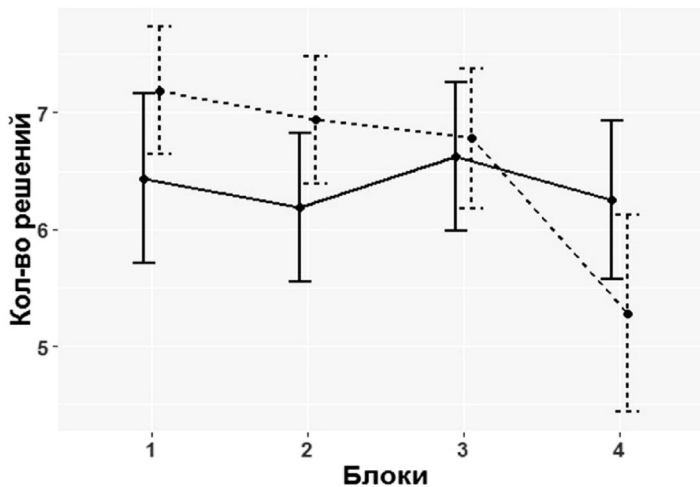


Рис. 2. Среднее количество решенных анаграмм и 95% доверительные интервалы в обучающих (1–3) и тестовом (4) блоках.

Группы: — без изменения схемы (ЭГ1); - - - с изменением схемы (ЭГ2)

Также был проведен анализ решаемости анаграмм методом логистической регрессии со смешанными эффектами. Зависимая переменная принимала значение 1 для решенных и 0 для нерешенных анаграмм. В качестве фиксированных эффектов рассматривались факторы «группа» и «блок», а в качестве случайных эффектов были включены факторы стимула и испытуемого. Из результатов, представленных в табл. 4, видно, что статистически значимое уменьшение числа правильных решений произошло только в группе ЭГ2 и только при переходе к тестовому блоку, т. е. только в случае изменения схемы составления анаграммы (отношение шансов составило 0,43).





Таблица 2

**Результаты дисперсионного анализа по блокам обучающей части**

Источник дисперсии	Блоки 1–3					
	df	SS	MS	F	p	$\eta^2$
МЕЖГРУППОВЫЕ ФАКТОРЫ						
Группа	1	14,63	14,63	3,734	0,058	0,057
Остаточная дисперсия	62	242,91	3,918			
ВНУТРИГРУППОВЫЕ ФАКТОРЫ						
Блок	2	2,01	1,005	0,411	0,664	0,007
Блок x Группа	2	3,76	1,88	0,768	0,466	0,012
Остаточная дисперсия	124	303,56	2,448			

Таблица 3

**Результаты дисперсионного анализа при переходе к тестовой части**

Источник дисперсии	Блоки 3–4					
	df	SS	MS	F	p	$\eta^2$
МЕЖГРУППОВЫЕ ФАКТОРЫ						
Группа	1	5,3	5,281	0,9	0,346	0,014
Остаточная дисперсия	62	363,7	5,866			
ВНУТРИГРУППОВЫЕ ФАКТОРЫ						
Блок	1	28,13	28,125	17,839	<0,001	0,223
Блок x Группа	1	10,13	10,125	6,422	0,012	0,094
Остаточная дисперсия	62	97,75	1,577			

Таблица 4

**Результаты логистической регрессии со смешанными эффектами**

Предикторы	Коэффициент	Ст. ошибка	z	p
Свободный член	0,72	0,225	3,198	0,001
блок 2	0,03	0,210	0,129	0,897
блок 3	-0,12	0,214	-0,567	0,571
блок 4	-0,01	0,229	-0,041	0,968
группа ЭГ2	0,40	0,238	1,703	0,089
блок 2 * группа ЭГ2	-0,20	0,262	-0,750	0,453
блок 3 * группа ЭГ2	-0,18	0,272	-0,542	0,588
блок 4 * группа ЭГ2	-0,84	0,265	-3,191	0,001

**Обсуждение**

Уменьшение количества решенных анаграмм в группе ЭГ2 при изменении схемы в тестовой части дает основания предположить наличие имплицитного научения способу решения, т. е. неосознанного усвоения инвариантной схемы, приводящего к возникновению эффекта, подобного эффекту серии. В группе ЭГ1, где все анаграммы решались по одной схеме, не было обнаружено увеличения количества правильных решений, т. е. улучшения эффективности за счет применения ранее найденного способа решения. Также не было обнаружено увеличения количества решенных анаграмм в течение обучающей части (блоки 1–3) ни в



одной из групп. По мнению авторов, этот результат может объясняться особенностями экспериментальной процедуры. В нашем исследовании мы достаточно строго ограничили время решения анаграмм, а также стремились сделать обучающую серию возможно более короткой с целью уменьшения угрозы валидности, связанной с утомляемостью испытуемых и возможной экспликацией выучиваемой схемы, что также затрудняет отслеживание динамики результативности при решении анаграмм по инвариантной схеме (гипотеза 2).

Задача, решаемая испытуемыми в нашем исследовании, не может быть сведена исключительно к перцептивному научению (*pure perceptual-based learning* [см.: 26]), поскольку решение анаграммы с необходимостью подразумевает выстраивание букв в правильную последовательность, т. е. изменение репрезентации решаемой задачи. Кроме того, анаграммы связаны с фонетическими явлениями языка [7], а в инструкции непосредственно требовалось произнесение ответа вслух, что гарантировало выстраивание некоторой последовательности при репрезентации решенной анаграммы. Заметим также, что если время экспозиции стимулов для разных испытуемых могло сильно варьироваться в зависимости от индивидуальной скорости решения, то время для возможного осознанного восприятия схемы решения было для всех примерно одинаковым и соответствовало интервалу от момента получения ответа до нажатия клавиши «пробел».

Если обсуждать полученный результат в терминах рабочей памяти, то мы можем предположить, что при репрезентации решения была задействована как зрительная рабочая память, связанная с восприятием букв стимула и их начальным расположением, так и вербальная рабочая память, участвующая в составлении последовательности букв и звуков слова-решения. И, также предположительно, эффект научения достигался за счет взаимодействия зрительной и вербальной рабочей памяти. Подчеркнем еще раз, что данное утверждение носит лишь предположительный характер и может стать темой дальнейших исследований, тем более, что связь между зрительной и вербальной рабочей памятью считается слабой и недостаточно изучена на сегодняшний день [8; 9; 10]. Тем не менее, использование подобного стимульного материала представляется нам перспективным для исследования особенностей взаимодействия зрительной и вербальной рабочей памяти.

Отметим также некоторые ограничения нашего исследования, которые заставляют более осторожно относиться к полученным результатам. Во-первых, это касается исключения результатов некоторых испытуемых. Решение использовать для анализа данные только тех испытуемых, которые справились не менее чем с половиной обучающих заданий, было принято априорно и, возможно, в дальнейшем нуждается в уточнении при проведении подобных исследований.

Вторым существенным ограничением является возможность частичной экспликации схемы составления анаграмм и влияние этого знания на эффективность решений. Кроме частичного выучивания общей схемы возможно также и выучивание одной из частных схем, т. е. схемы с определенной позицией первой буквы слова-решения. Формат постэкспериментального интервью в сочетании с однократной задачей генерации не позволяет однозначно говорить ни об отсутствии этих явлений, ни об отсутствии их влияния на результат. В последующих исследованиях может потребоваться более тщательный подход к выявлению частичной экспликации знания.

Заметим, что в данном случае мы не ставили целью исследование влияния визуально-моторного опыта обучающей части на решение последующих задач. Предположительно, эффект визуально-моторного научения был минимизирован посредством рандомизации



позиции первой буквы слова-решения. Такое предположение согласуется с результатами исследования глазодвигательной активности И. Каплан (I.T. Kaplan) и У. Шенфильда (W.N. Schoenfeld) на подобном стимульном материале [15]. Позиция первой буквы слова-решения в этом случае была фиксирована, а буквы анаграммы находились друг от друга на расстоянии, требующем обязательного движения глаз в процессе решения (угловое расстояние между соседними буквами стимула составляло от 28,0° до 41,6°). Согласно полученным данным, порядок фиксации, соответствующий схеме решения анаграммы, наблюдался при этом лишь у тех испытуемых, которые смогли по окончании эксперимента эксплицировать имеющееся правило. Кроме того, в первую очередь усваивалась именно фиксированная позиция первой буквы слова-решения. Однако объем выборки был крайне невелик (7 человек), что ставит под сомнение валидность указанного исследования. Отметим также, что, согласно результатам более современных исследований, глазодвигательная активность способствует выучиванию пространственной последовательности, но не является необходимой для подобного научения [20; 26]. Мы считаем, что в нашем эксперименте возможность связи усвоения схемы с выучиванием моторной последовательности движений глаз (или более сложной окуломоторной активностью) маловероятна, но не исключена и может стать предметом дальнейших исследований.

Также открытым остается вопрос о применении и влиянии на результат полностью или частично осознаваемых стратегий решения, которые могли быть как релевантны решаемым задачам (например, если анаграмма состоит из трех гласных и двух согласных, то более вероятно, что слово-решение начинается с гласной), так и нерелевантны им (например, если гласные буквы в анаграмме расположены симметрично, то решение начинается не с них).

## Выводы

Формирование имплицитного знания о некоторой закономерности представляется возможным без перцептивной инвариантной составляющей, что, в свою очередь, говорит об абстрактном характере научения. Необходимы дальнейшие исследования для ответа на вопросы о том, в каком виде усваиваемое знание абстрактного правила репрезентируется в психике и каковы условия и механизмы имплицитного выучивания инвариантных характеристик.

## Литература

1. Деева Т.М., Агафонов А.Ю., Крюкова А.П., Шилов Ю.Е. Влияние имплицитного усвоения инвариантов на эффективность решения задачи классификации // Петербургский психологический журнал. 2018. № 24. С. 26–39.
2. Иванчей И.И. Теории имплицитного научения: противоречивые подходы к одному феномену или непротиворечивые описания разных? [Электронный ресурс] // Российский журнал когнитивной науки. 2014. Том 1. № 4. С. 4–30. URL: <http://www.cogjournal.ru/1/4/pdf/IvancheiRJCS2014.pdf> (дата обращения: 10.10.2019).
3. Ляшевская О.Н., Шаров С.А. Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка). М.: Азбуковник, 2009. 1087 с.
4. Медынцева А.А. Влияние имплицитной подсказки на автоматические процессы обработки информации в задаче на решение анаграмм [Электронный ресурс] // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 1. С. 23–37. DOI:10.17759/exppsy.2017100103
5. Морошкина Н.В. Влияние конфликта имплицитных и эксплицитных знаний субъекта на результаты научения в задаче классификации // Экспериментальная психология. 2013. № 3. С. 62–73.



6. *Морошкина Н.В., Гершкович В.А.* Актуальные тенденции в исследовании имплицитного научения // Вестник СПбГУ. Серия 16: Психология. Педагогика. 2014. № 4. С. 14–24.
7. *Пузырев А.В.* Анаграммы как явление языка: Опыт системного осмысления М.; Пенза: Ин-т языкознания РАН, ПГПУ имени В.Г. Белинского, 1995. 378 с.
8. *Уточкин И.С., Юревич М.А., Булатова М.Е.* Зрительная рабочая память: методы, исследования, теории [Электронный ресурс] // Российский журнал когнитивной науки. 2016. Том 3. № 3. С. 58–76. URL: [http://www.cogjournal.ru/3/3/pdf/UtochkinYurevichBulatovaR\]CS2016.pdf](http://www.cogjournal.ru/3/3/pdf/UtochkinYurevichBulatovaR]CS2016.pdf) (дата обращения: 10.10.2019).
9. *Baddeley A.* The episodic buffer: a new component of working memory // Trends in Cognitive Sciences. 2000. Vol. 4(11). P. 417–423. DOI:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
10. *Baddeley A.D., Hitch G.* Working memory // Psychology of Learning and Motivation. 1974. Vol. 8. P. 47–89. DOI:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
11. *Bright J.E.H., Burton A.M.* Past midnight: Semantic processing in an implicit learning task // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1994. Vol. 47A. P. 71–89. DOI:10.1080/14640749408401144
12. *Cleeremans A.* Connecting Conscious and Unconscious Processing // Cognitive Science. 2014. P. 1–30. DOI:10.1111/cogs.12149
13. *Cock J.J., Berry D.C., Gaffan E.A.* New strings for old: The role of similarity processing in an incidental learning task // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1994. Vol. 47A. P. 1015–1034. DOI:10.1080/14640749408401105
14. *Jacoby L.L., Dallas M.* On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning // Journal of Experimental Psychology: General. 1981. Vol. 110(3). P. 306–340. DOI:10.1037/0096-3445.110.3.306
15. *Kaplan I.T., Schoenfeld W.N.* Oculomotor patterns during the solution of visually displayed anagrams // Journal of Experimental Psychology. 1966. Vol. 72 (3). P. 447–451. DOI:10.1037/h0023632
16. *Kelly S.W., Wilkin K.* A dual-process account of digit invariance learning // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2006. Vol. 59. P. 1664–1680. DOI:10.1080/17470210500303839
17. *Lewicki P.* Processing information about covariations that cannot be articulated // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition. 1986. Vol. 12 (1). P. 135–146. DOI:10.1037/0278-7393.12.1.135
18. *Luchins A.S.* Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung // Psychological Monographs. 1942. Vol. 54. № 6. P. 1–95. DOI:10.1037/h0093502
19. *Luchins A.S., Luchins E.H.* New experimental attempts at preventing mechanisation in problem solving // Journal of General Psychology. 1950. Vol. 42. P. 279–297. DOI:10.1080/00221309.1950.9920160
20. *Massing M., Blandin Y., Panzer S.* Magnifying visual target information and the role of eye movements in motor sequence learning // Acta Psychologica. 2016. Vol. 163. P. 59–64. DOI:10.1016/j.actpsy.2015.11.004
21. *McGeorge P., Burton A.M.* Semantic processing in an incidental learning task // The Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1990. Vol. 42A. P. 597–609. DOI:10.1080/14640749008401239
22. *Newell B.R., Bright J.E.H.* Evidence against hyperspecifi-city in implicit invariance learning // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2002. Vol. 55A. P. 1109–1126. DOI:10.1080/02724980244000062
23. *Newell B.R., Bright J.E.H.* Well past midnight: Calling time on implicit invariant learning? // European Journal of Cognitive Psychology. 2002. Vol. 14 (2). P. 185–205. DOI:10.1080/09541440143000023
24. *Öllinger M., Jones G., Knoblich G.* Investigating the Effect of Mental Set on Insight Problem Solving // Experimental Psychology. 2008. Vol. 55 (4). P. 269–282. DOI:10.1027/1618-3169.55.4.269
25. *Perruchet P., Pacteau C.* Synthetic grammar learning: Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge? // Journal of Experimental Psychology: General. 1990. Vol. 119 (3). P. 264–275. DOI:10.1037/0096-3445.119.3.264
26. *Remillard G.* Pure perceptual-based sequence learning // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2003. Vol. 29(4). P. 581–597. DOI:10.1037/0278-7393.29.4.581
27. *Sanderson P.* Verbal knowledge and skilled task performance: Association, dissociation and mental models // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition. 1989. Vol. 15 (4). P. 729–747. DOI:10.1037/0278-7393.15.4.729
28. *Shanks D.R., John M.F.St.* Characteristics of dissociable human learning systems // Behavioral and Brain Sciences. 1994. № 17. P. 367–447. DOI:10.1017/S0140525X00035032



## References

1. Deeva T.M., Agafonov A.Yu., Kryukova A.P., Shilov Yu.E. Vliyanie implicitnogo usvoenija invariantov na jeffektivnost' reshenija zadachi klassifikacii [The Impact of the Invariants Implicit Learning on the Effectiveness of Classification]. *Peterburgskij psihologicheskij zhurnal=St. Petersburg Psychological Journal*, 2018, no 24, pp. 26–39. (In Russ.).
2. Ivanchej I.I. Teorii implicitnogo nauchenija: protivorechivye podhody k odnomu fenomenu ili neprotivorechivye opisaniya raznyh? [Theories of Implicit Learning: Contradictory Approaches to the Same Phenomenon or Consistent Descriptions of Different Types of Learning?]. *Rossijskij zhurnal kognitivnoj nauki=The Russian Journal of Cognitive Science*, 2014, Vol. 1, no. 4, pp. 4–30. Available at: <http://www.cogjournal.ru/1/4/pdf/IvancheiRJCS2014.pdf> (Accessed 10.10.2019). (In Russ.).
3. Ljashevskaja O.N., Sharov S.A. Chastotnyj slovar' sovremennogo russkogo jazyka (na materialah Nacional'nogo korpusa russkogo jazyka) [Russian language frequency dictionary (based on the materials of the National corpus of the Russian language)]. Moscow: Azbukovnik, 2009. 1087 p. (In Russ.).
4. Medyncev A.A. Vliyanie implicitnoj podskazki na avtomaticheskie processy obrabotki informacii v zadache na reshenie anagramm [The influence of implicit cue on information processing in anagram solving task]. *Ekspieriment'naja psihologija=Experimental Psychology*, 2017. Vol. 10, no. 1, pp. 23–37. DOI:10.17759/exppsy.2017100103. (In Russ.).
5. Moroshkina N.V. Vliyanie konflikta implicitnyh i jeksplicitnyh znaniy subekta na rezul'taty nauchenija v zadache klassifikacii [Influence of the Conflict of Implicit and Explicit Knowledge of a Subject on the Results of Learning Process in Classification Task] *Ekspieriment'naja psihologija=Experimental Psychology*, 2013, no 3, pp. 62–73. (In Russ.).
6. Moroshkina N.V., Gershkovich V.A. Aktual'nye tendencii v issledovanii implicitnogo nauchenija [Current Tendencies in Implicit Learning Studies]. *Vestnik SPbGU=Vestnik of Saint Petersburg University. Serija 16: Psihologija. Pedagogika*, 2014, no 4, pp. 14–24. (In Russ.).
7. Puzryev A.V. Anagrammy kak javlenie jazyka: Opyt sistemnogo osmyslenija [Anagrams as a Phenomenon of Language: the Experience of System Understanding]. Moscow; Penza: In-t jazykoznanija RAN, PGPU im. V.G. Belinskogo, 1995. 378 p. (In Russ.).
8. Utochkin I.S., Jurevich M.A., Bulatova M.E. Zritel'naja rabochaja pamjat': metody, issledovanija, teorii [Visual Working Memory: Methods, Research, Theory]. *Rossijskij zhurnal kognitivnoj nauki=The Russian Journal of Cognitive Science*, 2016, Vol. 3, no 3, pp. 58–76. Available at: <http://www.cogjournal.ru/3/3/pdf/UtochkinJurevichBulatovaRJCS2016.pdf> (Accessed 10.10.2019). (In Russ.).
9. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2000. Vol. 4 (11), pp. 417–423. DOI:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
10. Baddeley A.D., Hitch G. Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 1974. Vol. 8, pp. 47–89. DOI:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
11. Bright J.E.H., Burton A.M. Past midnight: Semantic processing in an implicit learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1994. Vol. 47A, pp. 71–89. DOI:10.1080/14640749408401144
12. Cleeremans A. Connecting Conscious and Unconscious Processing. *Cognitive Science*, 2014. Pp. 1–30. DOI:10.1111/cogs.12149
13. Cock, J.J., Berry, D.C., Gaffan, E.A. New strings for old: The role of similarity processing in an incidental learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1994. Vol. 47A, pp. 1015–1034. DOI:10.1080/14640749408401105
14. Jacoby L.L., Dallas M. On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1981. Vol. 110 (3), pp. 306–340. DOI:10.1037/0096-3445.110.3.306
15. Kaplan I. T., Schoenfeld W. N. Oculomotor patterns during the solution of visually displayed anagrams // *Journal of Experimental Psychology*, 1966. Vol. 72(3). P. 447–451. DOI:10.1037/h0023632
16. Kelly S.W., Wilkin K. A dual-process account of digit invariance learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2006. Vol. 59, pp. 1664–1680. DOI:10.1080/17470210500303839
17. Lewicki P. Processing information about covariations that cannot be articulated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1986. Vol. 12 (1), pp. 135–146. DOI:10.1037/0278-7393.12.1.135
18. Luchins A.S. Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, 1942. Vol. 54, no. 6, pp. 1–95. DOI:10.1037/h0093502





19. Luchins A.S., Luchins E.H. New experimental attempts at preventing mechanisation in problem solving. *Journal of General Psychology*, 1950. Vol. 42, pp. 279–297. DOI:10.1080/00221309.1950.9920160
20. Massing M., Blandin Y., Panzer S. (2016). Magnifying visual target information and the role of eye movements in motor sequence learning // *Acta Psychologica*. 2016. Vol. 163, pp. 59–64. DOI:10.1016/j.actpsy.2015.11.004
21. McGeorge P., Burton A.M. Semantic processing in an incidental learning task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1990. Vol. 42A, pp. 597–609. DOI:10.1080/14640749008401239
22. Newell B.R., Bright J.E.H. Evidence against hyperspecificity in implicit invariance learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2002. Vol.55A, pp. 1109–1126. DOI:10.1080/02724980244000062
23. Newell B.R., Bright J.E.H. Well past midnight: Calling time on implicit invariant learning? *European Journal of Cognitive Psychology*, 2002. Vol.14(2), pp. 185–205. DOI:10.1080/09541440143000023
24. Öllinger M., Jones G., Knoblich G. Investigating the Effect of Mental Set on Insight Problem Solving // *Experimental Psychology*, 2008. Vol. 55(4), pp. 269–282. DOI:10.1027/1618-3169.55.4.269
25. Perruchet P., Pacteau C. Synthetic grammar learning: Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge? *Journal of Experimental Psychology: General*, 1990. Vol. 119 (3), pp. 264–275. DOI:10.1037/0096-3445.119.3.264
26. Remillard G. Pure perceptual-based sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 29(4). P. 581–597. DOI:10.1037/0278-7393.29.4.581
27. Sanderson P. Verbal knowledge and skilled task performance: Association, dissociation and mental models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1989. Vol. 15 (4), pp. 729–747. DOI:10.1037/0278-7393.15.4.729
28. Shanks D.R., John M.F.St. Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 1994. No. 17, pp. 367–447. DOI:10.1017/S0140525X00035032

### **Информация об авторах**

Деева Татьяна Михайловна, аспирант кафедры общей психологии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6250-7152>, e-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)

Козлов Дмитрий Дмитриевич, старший преподаватель департамента психологии, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (ФГАОУ ВО «НИУ ВШЭ»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-5584>, e-mail: [ddkozlov@hse.ru](mailto:ddkozlov@hse.ru)

### **Information about the authors**

Tatiana M. Deeva, Post-Graduate Student, Chair of General Psychology, Samara National Research University (Samara University), Samara, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6250-7152>, e-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)

Dmitrii D. Kozlov, Senior Lecturer, School of Psychology, HSE University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-5584>, e-mail: [ddkozlov@hse.ru](mailto:ddkozlov@hse.ru)

Получена 05.07.2019

Received 05.07.2019

Принята в печать 01.03.2021

Accepted 01.03.2021





# ИМПЛИЦИТНОЕ ЗАПОМИНАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

## **АГАФОНОВ А.Ю.**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1546-605X>, e-mail: [aa181067@yandex.ru](mailto:aa181067@yandex.ru)*

## **ФОМИЧЕВА А.Д.**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2622-1816>, e-mail: [fomar1999@mail.ru](mailto:fomar1999@mail.ru)*

## **СТАРОСТИН Г.А.**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4850-1504>, e-mail: [star.gregori@gmail.com](mailto:star.gregori@gmail.com)*

## **КРЮКОВА А.П.**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8232-3951>, e-mail: [kryukova.1991@bk.ru](mailto:kryukova.1991@bk.ru)*

В статье рассмотрены исследования, выполненные в парадигме «выучивание последовательностей» (Sequence Learning). Частным случаем этого экспериментального подхода является метод запоминания временных последовательностей, элементами которых являются не стимулы или их пространственная локализация, а интервалы времени. Проведено и описано исследование, предметом которого являлось имплицитное усвоение последовательности временных интервалов. Цель эксперимента — проверить возможность неосознанного выучивания собственно хронометрических последовательностей, не связанных с последовательностями другого типа организации. Для обработки полученных результатов использовались смешанные линейные модели. Было установлено, что запоминание последовательностей временных интервалов может происходить независимо от наличия закономерности в порядке реагирования (моторный тип последовательности), правил организации стимулов (структурная последовательность) или их локализации (пространственная последовательность).

**Ключевые слова:** имплицитное научение, выучивание последовательностей, временные последовательности.

---

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 19-013-00103.

**Для цитаты:** Агафонов А.Ю., Фомичева А.Д., Старостин Г.А., Крюкова А.П. Имплицитное запоминание последовательности временных интервалов // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 108—121. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140104>



# IMPLICIT LEARNING OF THE TIME INTERVAL SEQUENCE

## ANDREY YU. AGAFONOV

Samara National Research University, Samara, Russia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1546-605X>, e-mail: [aa181067@yandex.ru](mailto:aa181067@yandex.ru)

## ARINA D. FOMICHEVA

Samara National Research University, Samara, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2622-1816>, e-mail: [fomar1999@mail.ru](mailto:fomar1999@mail.ru)

## GREGORY A. STAROSTIN

Samara National Research University, Samara, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4850-1504>, e-mail: [star.gregori@gmail.com](mailto:star.gregori@gmail.com)

## ALYONA P. KRYUKOVA

Samara National Research University, Samara, Russia,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8232-3951>, e-mail: [kryukova.1991@bk.ru](mailto:kryukova.1991@bk.ru)

The article considers the studies performed in the «Sequence Learning» paradigm. A special case of this experimental approach is the method of temporal sequences memorization. The elements of such sequences are time intervals instead of stimulus or their spatial localization. The item of the conducted and described study was implicit learning of the time interval sequence. The goal of the experiment was to check the possibility of unconscious acquisition of the temporal sequences, not related to the sequences of another type of organization. To process the obtained results, mixed linear models were used. It was found that the learning of time interval sequences can occur regardless of the presence of regularity in the reaction order (motor sequence) and without rules in stimuli organization (structural sequence) or in the order of their localization (spatial sequence).

**Keywords:** implicit learning, sequence learning, temporal sequences.

---

**Funding.** The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 19-013-00103

**For citation:** Agafonov A.Y., Fomicheva A.D., Starostin G.A., Kryukova A.P. Implicit Learning of the Time Interval Sequence. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 108–121. DOI:<https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140104> (In Russ.).

## Введение

Бессознательные процессы стали предметом когнитивных исследований в шестидесятые годы прошлого века, когда появились новые для того времени экспериментальные методы (дихотическое слушание, техника прайминга, задача лексического решения и пр.). Отдельное направление в этой области изучения — феноменология имплицитного научения.

Под имплицитным научением (ИН) принято понимать неосознанное усвоение закономерностей в процессе познавательной деятельности. В результате такого вида научения у человека формируется знание, которое он не может эксплицировать, а, следовательно, вербализовать, но способен, как правило, довольно эффективно использовать при решении различных когнитивных задач [23; 6; 5; 4]. Иначе говоря, это научение, происходящее независимо от намерения субъекта и без осознания факта приобретенного знания.



Эффекты ИН неоднородны, что объясняется различием существующих методических подходов. К наиболее популярным экспериментальным парадигмам, которые используются по сей день при изучении ИН, относят: «усвоение искусственных грамматик», «решение комплексных динамических задач» и «выучивание последовательностей» [9].

Экспериментальный метод «выучивание последовательностей» (Sequence Learning) применяют в исследованиях ИН, связанного не просто с усвоением закономерности в структуре информационного материала, а с овладением правилом, устанавливающим порядок чередования элементов некоторой последовательности. Такими элементами могут выступать:

- а) моторные реакции (моторная последовательность);
- б) место локализации стимулов (пространственная последовательность);
- в) местонахождение стимула в структуре последовательности (структурная последовательность);
- г) интервалы времени (временная последовательность).

В русле исследований с использованием метода «выучивание последовательностей» М. Ниссен и П. Буллемер предложили так называемую SRT-парадигму (Serial Reaction Time task), которая предполагает решение задачи последовательного реагирования [18]. В ходе эксперимента испытуемый отвечает на предъявляемые стимулы нажатием соответствующих клавиш. Стимулы (или определенные характеристики стимулов) организованы в некоторую заданную экспериментатором последовательность, которая многократно повторяется. Эмпирическим маркером ИН в данном случае выступает уменьшение времени реакции в конце обучающей серии или, напротив, увеличение времени реагирования при нарушении закономерности, в соответствии с которой последовательность была выстроена. Размерность и организация последовательности определяются таким образом, чтобы испытуемый не смог ее эксплицировать. Данные тех испытуемых, которые смогли эксплицировать заданное экспериментатором правило, согласно которому последовательность построена, исключаются из дальнейшего анализа. Факт осознания последовательности стимульных элементов устанавливается в постэкспериментальном интервью.

Кроме SRT-парадигмы в экспериментальной практике также применяют TSL-парадигму (Task Sequence Learning), которая представляет собой последовательное решение задач. Эта техника предполагает выполнение серии однотипных задач. Последовательность организована определенным порядком смены правильных ответов [3; 14]. В данном случае зависимыми переменными могут выступать как время реакции, так и правильность выполнения задач. Разновидностью TSL-парадигмы является задача последовательного именованного (Serial Naming Task). Решая такого рода задачу, испытуемый должен отнести предъявленный стимул к одной из категорий. Стимулы предъявляются в случайном порядке, а последовательность категорий (например, «съедобное/несъедобное») определяется в соответствии с некоторой закономерностью их чередования [2].

В первых экспериментах с использованием техники «выучивание последовательностей» исследователи ставили перед собой задачу выявить роль внимания в усвоении латентных закономерностей. С этой целью, помимо реагирования на целевые стимулы, испытуемым предлагалось выполнять дополнительную задачу, которая, как оказалось, мешает усвоению скрытого правила. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что для ИН необходимо участие внимания [18]. А. Коэн с коллегами, в свою очередь, показали, что эффекты ИН в существенной мере зависят от структуры последовательности и ее осо-



бенностей. Так, например, последовательности, где связь между элементами определяется единственным способом (например, после *a* всегда следует *b*), могут эффективно усваиваться и без активности внимания. Напротив, наличие нескольких способов связи (после *a* может появиться либо *b*, либо *c*), что характеризует структурные последовательности вероятностного типа организации, требует усиления сознательного контроля [10].

Насколько широки возможности «когнитивного бессознательного» (Ж. Пиаже) и в какой мере требуется участие сознания в ИН? Этот вопрос стал ключевым для исследователей данного направления. Неудивительно, что после экспериментов первой волны техника «выучивание последовательностей» стала модифицироваться и усложняться, что позволило обнаружить новые эмпирические данные, уточняющие представление о природе ИН. Так, в частности, в экспериментах стали использовать комбинированные последовательности. Их отличительной особенностью является сочетание нескольких параметров (как правило, двух) предъявляемых стимулов (например, формы и цвета). Один из параметров является релевантным (требует реакции), другой — иррелевантным (не требует ответа). Существует два типа комбинированных последовательностей: коррелированные и некоррелированные.

В коррелированных последовательностях параметры стимулов строго заданы единой структурой. Ряды последовательностей равны по количеству элементов и связаны между собой. В качестве примера, демонстрирующего данный тип структурной последовательности, можно привести эксперимент, где использовались два параметра стимулов: форма (круг, квадрат, треугольник) и цвет (синий, желтый, красный). На обучающем этапе испытуемым предлагалось реагировать на определенную форму фигур. На тестовом этапе релевантным параметром становился цвет стимула. В группах, где последовательность цветов была аналогичной последовательности обучающей серии, время реакции значительно сокращалось, в отличие от группы испытуемых, для которых цвет менялся случайным образом. Полученный результат может служить одним из оснований для признания возможности имплицитного усвоения нескольких закономерностей в ходе когнитивной деятельности [1].

Подобное исследование было проведено Х. Хуангом с коллегами. Испытуемым предъявлялась последовательность букв (релевантный стимул) на цветном фоне (нерелевантный стимул). В зависимости от условий цвет либо задавался определенным правилом, либо изменялся случайным образом. Результаты показали, что корреляция двух правил улучшает усвоение целевой последовательности букв. Случайное же чередование цвета, наоборот, мешает этому процессу [15].

Некоррелированный тип последовательности отличается тем, что ряды параметров стимулов образованы различным количеством элементов, т. е. имеют разную размерность. Смещение двух рядов относительно друг друга осложняет процесс усвоения нескольких правил, однако не делает его невозможным. Например, в исследовании У. Мэйра испытуемым было необходимо реагировать на характеристики стимулов (черные или белые круги и квадраты), которые предъявлялись в одном из четырех секторов экрана. Результаты показали, что участники эксперимента имплицитно усвоили и последовательность локализации, и последовательность самих стимулов [17].

В подавляющем большинстве случаев испытуемым при выполнении экспериментальных заданий требуется реагировать на каждый предъявляемый стимул. В связи с этим возникает резонный вопрос: какого свойства имплицитное знание приобретается в процессе научения? Если запоминается последовательность стимулов, то следует гово-



речь о перцептивном научении. В этом случае испытуемые приобретают знание правила чередования перцептивных характеристик стимуляции (например таких, как размер, цвет или форма стимула). Если же усваивается последовательность реакций (например, закономерность в порядке нажатия клавиш), то речь должна идти о моторном научении [26]. Дифференциация перцептивного и моторного научения является важной методической задачей, поскольку особенности моторных реакций в ответ на последовательно предъявляемые стимулы могут объясняться как усвоением перцептивной последовательности, так и моторным научением.

Одними из первых данной темой заинтересовались Д.Б. Виллингем с коллегами. Результаты их экспериментов выявили возможность взаимодействия двух типов имплицитного знания с преобладанием моторного компонента научения [26]. М. Стадлер, изменив в одном условии способ реагирования, а в другом — локализацию предъявляемых стимулов, обнаружил, что изменение перцептивной информации влечет за собой большее увеличение времени реакции, нежели при изменении ответных реакций [25]. В другом эксперименте испытуемым было необходимо реагировать на последовательность цветных стимулов, появляющихся в четырех заданных правилом позициях. Предполагалось, что увеличение времени реакции при нарушении последовательности локализации будет служить показателем перцептивного научения, а при изменении порядка чередования цвета — моторного научения. В результате было отмечено наличие обоих типов знания, однако эффект усвоения перцептивной закономерности оказался менее выраженным [11]. В свою очередь, Г. Ремиллард, используя последовательности с вероятностной структурой организации, получил свидетельства в пользу доминирования перцептивного научения [21].

Позднее было предложено использовать задачу последовательного реагирования в сочетании с задачей на соотнесение стимулов. Так, Ф. Гейзен и коллеги предъявляли испытуемым три маленьких квадрата разных цветов, после чего на экране появлялся один большой квадрат. Ответом являлось нажатие клавиши, соответствующей количеству маленьких квадратов, имеющих тот же цвет, что и большой квадрат. В первом эксперименте задавалась последовательность цветов, во втором — последовательность ответов. В результате было получено два независимых свидетельства в пользу как перцептивного, так и моторного видов научения [13].

Таким образом, несмотря на противоречивость накопленных экспериментальных данных, есть основания полагать, что в процессе ИН могут одновременно усваиваться разные закономерности.

Приведенные выше экспериментальные работы посвящены изучению имплицитного усвоения структурных последовательностей, которые образованы с помощью параметров стимулов или посредством их пространственной локализации. Принципиально иными по способу организации являются временные последовательности, образованные различными интервалами времени. Последовательности временного типа организации строятся не по правилу структурирования стимульного ряда, а по правилу чередования временных промежутков. Например, И.Р. Олсон и М.М. Чан установили, что порядок продолжительности событий может также усваиваться путем имплицитного научения. В своем исследовании авторы задавали последовательность длительностей предъявления серии букв. Каждая инвариантная последовательность предшествовала появлению целевой буквы, требующей ответной реакции испытуемых. На обучающем этапе использовалась последовательность из восьми значений длительности (52 мс, 104 мс, 200 мс и т. д.). На тестовом этапе в одном



условии применялась другая последовательность, но по суммарной продолжительности равная последовательности обучающего этапа. Во втором условии между инвариантной последовательностью и целевым стимулом вводилось несколько букв произвольной длительности предъявления. Задержка реакции во всех условиях тестового этапа в сравнении с обучающей частью процедуры свидетельствовала о том, что эффективность выполнения задания обусловлена приобретением имплицитного знания именно порядка длительностей предъявления стимулов, а не общей продолжительностью последовательности [19].

А. Дестребекс и А. Клирманс предположили, что величина интервалов между моторным ответом и появлением следующего элемента стимульного ряда (response-to-stimulus intervals) может влиять на результативность выполнения задачи последовательного реагирования, а также на эффективность запоминания пространственной последовательности, т. е. на усвоение закономерности в локализации стимулов. Было установлено: более длительные интервалы времени (например, 1500 мс) способствуют приобретению знания о последовательности, которое впоследствии может быть эксплицировано. При отсутствии интервалов между реакциями и предъявлением последующих стимулов испытуемые не могли продемонстрировать осознанное знание порядка чередования локализации [12].

Временная последовательность может быть также образована закономерным чередованием межстимульных интервалов разной длительности. Ж. Шин и Р. Иври провели серию экспериментов, в которых межстимульные интервалы задавались определенным правилом чередования. Было выявлено, что последовательность временных интервалов может быть усвоена неосознанно, но только в том случае, если она согласована (скоррелирована) с последовательностью локализации стимулов. Авторы объясняют результаты тем, что время воспринимается в связи с определенными, последовательно сменяющимися друг друга событиями, а не как некая абстрактная сущность [24].

Таким образом, временные последовательности могут быть образованы либо посредством варьирования длительности демонстрации стимулов, либо различными временными интервалами между экспозициями. Вместе с тем открытым остается вопрос о том, возможно ли имплицитное запоминание временной последовательности, когда она не связана ни со структурным, ни с пространственным, ни с моторным типами последовательности. Если будет получена экспериментальная верификация гипотезы о наличии такого вида имплицитного научения, то это расширит сферу неосознаваемых психических явлений, обогатив наши представления о возможностях когнитивного бессознательного.

В проведенном и описанном ниже экспериментальном исследовании объектом являлось имплицитное научение, предметом — усвоение последовательностей временного типа организации. Моторные реакции также чередовались в случайном порядке. В этом состоит принципиальное отличие разработанной экспериментальной модели. Хотя ранее были получены результаты, свидетельствующие о возможности выучивания последовательности временных интервалов в условии их соотношения с другими видами последовательностей, нельзя говорить, что была усвоена именно последовательность интервалов времени. Связанность двух последовательностей (например, временной и пространственной) в данном эксперименте может являться источником угрозы внутренней валидности. В настоящей работе временная последовательность была обособлена от каких-либо других закономерностей чередования стимулов, т. е. целью исследования было обнаружение эффекта имплицитного выучивания собственно временной последовательности. Этим определяется новизна исследовательского замысла.





Согласно гипотезе, имPLICITНОЕ усвоение временной последовательности межстимульных интервалов приведет к повышению результативности решения целевых задач, которые не связаны с временными промежутками. В случае нарушения последовательности продуктивность решения должна снижаться, что и будет говорить об эффекте ИН. Проверка данного предположения позволит ответить на вопрос, возможно ли неосознанное усвоение собственно временных последовательностей в отсутствие каких-либо закономерностей в организации информационного материала или характере реагирования. В случае положительного результата можно будет говорить о новом виде имPLICITНОГО знания.

### Метод исследования

В эксперименте приняли участие 29 добровольцев в возрасте от 30 до 48 лет ( $M=36,4$ ). Из них — 12 мужчин и 17 женщин. С каждым испытуемым процедура эксперимента проводилась индивидуально в лабораторных условиях. Для проведения исследования была разработана компьютерная программа, позволяющая произвольно устанавливать время экспозиции стимулов, изменять межстимульные интервалы, фиксировать время реакции и сохранять результаты в базе данных. Программа была создана в среде Microsoft Visual Studio на языке C# с использованием NET Ramework WPF 3.5. В качестве стимулов использовались числа от 10 до 99 черного цвета, которые предъявлялись на сером фоне в центре экрана. Диагональ экрана — 70 см. Числа демонстрировались в случайном порядке. Размер стимулов —  $6,2 \times 7,8$  см.

По инструкции испытуемый, который располагался перед экраном монитора компьютера, должен был как можно быстрее реагировать нажатием клавиши «→» при предъявлении четного числа и нажатием клавиши «←» при демонстрации нечетного числа. Расстояние от глаз до экрана составляло 80 см. Реакция осуществлялась средним и указательным пальцами ведущей руки: правши реагировали нажатием на клавишу «→» средним пальцем и нажатием на клавишу «←» указательным пальцем, а левши, — наоборот. Стимулы предъявлялись через фиксированные интервалы времени: 1600 мс / 800 мс / 3200 мс / 2400 мс. Таким образом, временная последовательность, образующая один цикл, включала в себя четыре указанных межстимульных интервала и составляла по длительности 8 с. Интервалы времени автоматически отсчитывались от реакции испытуемого на стимул до появления следующего стимула. Время экспозиции стимулов не являлось константным и отсчитывалось от момента появления стимула на экране до момента нажатия на соответствующую клавишу. После реакции стимул исчезал с экрана.

Процедура эксперимента строилась следующим образом.

На *первом*, ознакомительном, этапе с целью адаптации испытуемого к экспериментальным условиям проводилась учебная серия, состоящая из двух циклов, в ходе которых предъявлялось 9 стимулов. Такое количество предъявлений достаточно для понимания сути задания и знакомства участника с условиями эксперимента. Результаты этого этапа не учитывались при последующей обработке. Через 15 с следовал следующий этап.

На *втором*, обучающем, этапе временная последовательность, составляющая цикл, повторялась 30 раз. Таким образом, всего предъявлялось 120 стимулов, что является оптимальным количеством экспозиций для обучающего этапа. Уменьшение количества предъявлений всегда связано с уменьшением вероятности возникновения эффекта имPLICITНОГО научения. В свою очередь, увеличение количества предъявлений приводит к утомлению, потере интереса к заданию и пр., что негативно сказывается на времени реакции.



На *третьем*, тестовом, этапе, который служил контрольным условием, предъявлялись 32 стимула, но те же самые межстимульные интервалы чередовались уже в случайном порядке. На третьем этапе было решено использовать такое же количество экспозиций, как в начале и в конце этапа обучения, т. е. 32 предъявления, поскольку последующая обработка данных предполагала сравнение времени реакции в начале (2–32-я реакции) и в конце (89–120-я реакции) обучающего этапа, а также сравнение времени реакции в конце обучающего и на тестовом этапах. Второй и третий этапы не разделялись временным промежутком.

На *четвертом* этапе с испытуемым проводилось постэкспериментальное интервью, целью которого было выявление адекватных экспликаций относительно наличия и характера заданной временной последовательности.

### Результаты и их обсуждение

После удаления выбросов (больше/меньше 2,5 сигм от среднего времени реакции) первым шагом при анализе полученных данных было сравнение времени реакции в начале (2–32-я реакции) и в конце (89–120-я реакции) обучающего этапа. Полученные результаты показали, что различия во времени реакции в начале обучения (645 мс) и в конце этапа обучения (638 мс) незначимы ( $t=0,9$ ;  $p=0,657$ ).

Для дальнейшего анализа полученных данных были выбраны результаты только тех испытуемых, которые продемонстрировали уменьшение времени реакции в конце второго этапа.

Эффект научения был обнаружен у 18 испытуемых. При последующем анализе данных принимались во внимание только их результаты.

В ходе обработки сравнивалось время реакции в начале (2–32-я реакции) и в конце (89–120-я реакции) второго этапа. (Реакция на первый стимул второго этапа была исключена из обработки). В свою очередь, время реакции в конце второго этапа сравнивалось со временем реакции на третьем этапе (121–152-я реакции).

Для обработки использовались смешанные линейные модели [7]. В качестве фиксированного эффекта задавался сравниваемый блок стимулов, а в качестве случайных эффектов — порядковый номер испытуемого и порядковый номер стимула. Этот способ обработки результатов по своей сути аналогичен дисперсионному анализу для повторных измерений, однако позволяет контролировать случайную изменчивость, связанную с особенностями, как стимулов, так и испытуемых, а потому позволяет получить более надежные и точные результаты.

Анализируемая смешанная модель была построена на языке R [20] в среде RStudio [22] с использованием пакета lme4 [8]. Значения р-уровня были получены с использованием аппроксимации числа степеней свободы по методу Саттертуэйта в пакете lmerTest [16]. Результаты представлены на рис. 1.

Анализ данных показал наличие значимых различий во времени реакции между сравниваемыми блоками стимулов ( $F(2;89) = 4,95$ ;  $p = 0,009$ ). Результаты свидетельствуют о том, что, во-первых, испытуемые значительно быстрее реагировали к концу второго этапа (649 мс) по сравнению с началом обучающей серии (680 мс) ( $t(90) = 3,01$ ;  $p = 0,003$ ). Во-вторых, демонстрируют снижение результативности, т. е. увеличение времени реакции (673 мс), при переходе к третьему этапу, когда структура последовательности изменялась и межстимульные интервалы чередовались случайным образом. При сравнении результатов третьего этапа и времени реакции в конце второго этапа получены значимые различия ( $t(89,1) = 2,29$ ;  $p = 0,024$ ). При этом среднее время реакции в начале второго этапа значимо не отличается от времени реакции на третьем этапе ( $t(89,1) = 0,73$ ;  $p = 0,468$ ).

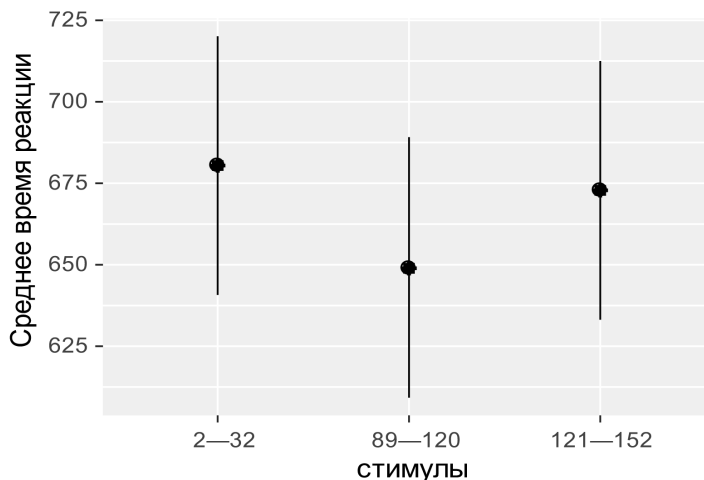


Рис. 1. Средние значения времени реакции и 95% доверительные интервалы для сравниваемых блоков стимулов

Сравнительный анализ времени реакции отдельно на четные и нечетные числа не проводился, поскольку результаты такого анализа в отношении цели исследования не являются информативными. Количество ошибочных ответов составило менее 2%. Время ошибочных реакций отдельно не учитывалось.

В ходе постэкспериментального интервью всем испытуемым задавались следующие вопросы: Какова цель данного эксперимента? Вы смогли заметить какую-либо закономерность при демонстрации чисел? Если «да», то в чем она состояла? Была ли какая-либо закономерность в смене временных промежутков? Если «да», то в чем она состояла?

Результаты интервью показали, что ни один из испытуемых, включая тех, чьи данные были исключены из статистического анализа, не смог сказать, в чем состояла закономерность в смене межстимульных интервалов. Среди тех, чьи результаты вошли в окончательный анализ (18 человек), шесть испытуемых предположили наличие правила в смене четных и нечетных чисел, что не соответствовало действительности, четыре человека указали на разную длительность временных промежутков, но при этом не могли описать закономерность, в соответствии с которой они чередовались на этапе обучения. Заметим, что второй и третий этапы процедуры не разделялись, что существенно осложняло задачу экспликации испытуемыми временной закономерности, так как на третьем этапе интервалы сменялись в случайном порядке. К тому же, в случае последовательностей временного типа организации использовать стандартную процедуру теста генерации не представляется возможным. Данный тест направлен на выявление эксплицитного знания той последовательности, которую испытуемые предположительно выучили в течение эксперимента. Как правило, ответом является название конкретного элемента стимульного ряда (например, F, R, W, U, J, R, T и т. д., или «круг», «квадрат», «круг», «треугольник», «ромб» и т. д.). В проведенном же исследовании последовательность была образована промежутками времени, составление последовательности которых в аналогичном варианте не представляется возможным. Поэтому мы ограничились опросом участников, в ходе которого выяснялось, были или не были обнаружены испытуемым какие-либо закономерности при восприятии стимульного материала и условий его предъявления.



Анализ результатов испытуемых, у которых было выявлено повышение эффективности реагирования к концу второго этапа, свидетельствует о возможности имплицитного усвоения последовательности, имеющей временной тип организации. Поскольку стимулы предъявлялись в случайном порядке, т. е. смена четных и нечетных чисел не подчинялась правилу, нельзя говорить о том, что испытуемыми была усвоена категориальная последовательность («четные» и «нечетные» числа) или последовательность моторных реакций. Значимое увеличение времени реакции на третьем этапе указывает на имплицитное усвоение на этапе обучения именно закономерности в чередовании интервалов внутри цикла. Если бы не были обнаружены различия во времени реакции в конце второго этапа и на этапе тестирования, то тогда нельзя было бы утверждать, что обнаружен эффект ИН. В этом случае результаты объяснялись бы научением, связанным с решением задачи различения (реагирование на четные и нечетные числа), но не имплицитным усвоением правила чередования межстимульных интервалов. Именно нарушение закономерности на тестовом этапе, что и привело к задержке времени реакции, является информативным маркером ИН. Другими словами, *необходимым* условием для установления эффекта ИН является повышение результативности в конце обучающего этапа, а *достаточным* условием — ухудшение результатов (увеличение времени реакции) на тестовом этапе по сравнению с концом этапа обучения.

Таким образом, результаты проведенного эксперимента продемонстрировали возможность имплицитного запоминания последовательностей временных интервалов независимо от наличия закономерностей в порядке реагирования и в отсутствие правила в предъявлении стимулов. Отсутствие закономерностей в смене локализации, чередовании перцептивных стимулов и сенсомоторных реакций служит доказательством того, что их наличие не является необходимым для усвоения порядка чередования временных интервалов, а значит, выучивание последовательности межстимульных интервалов от них не зависит.

В свою очередь, полученный результат — и в этом состоит его теоретическая значимость — позволяет выдвинуть предположение о наличии в когнитивной системе человека специального механизма, ответственного за имплицитное восприятие и запоминание не просто временных интервалов, а строго организованной последовательности, построенной из временных промежутков разной длительности. Стоит заметить, что в отличие от других экспериментальных техник, используемых при изучении ИН («усвоение искусственных грамматик», «комплексные динамические задачи»), в экспериментах по исследованию выучивания последовательностей основным маркером научения выступает время реакции (правильность решения в данном случае не оценивается). Уменьшение времени реагирования в условиях наличия закономерности, а затем возрастание времени реакции при ее отсутствии может свидетельствовать о выработке не просто одной определенной установки как «бессознательной готовности к совершению действия» (Д.Н. Узнадзе), а об определенной структуре имплицитных ожиданий относительно появления события (предъявления стимула). Формирование этой структуры и происходит вследствие многократного повторения последовательности временных отрезков, чередование которых носит закономерный характер.

Вопрос о том, почему не все испытуемые обнаружили эффект научения, требует специального рассмотрения. В любом эксперименте по имплицитному научению, какая бы техника ни использовалась, испытуемые показывают разную результативность. Поэтому индивидуально-типологические факторы эффективности научения могут являться предметом отдельного исследования.



## Выводы

Результаты проведенного исследования с применением экспериментальной техники «выучивание последовательностей» (Sequence Learning) свидетельствуют в пользу гипотезы о возможности имплицитного выучивания последовательностей временного типа организации.

Кроме того, результаты эксперимента демонстрируют — и в этом состоит новизна полученного эффекта — что данная последовательность усваивается независимо от отсутствия других типов связанных с ней последовательностей (моторная, перцептивная, пространственная).

Обнаруженный эффект позволяет сделать допущение: в когнитивной системе существует особый механизм (когнитивный оператор), который отвечает за неосознанное запоMинание последовательностей, элементом которых являются не перцептивные стимулы или их локализация, а временные интервалы.

## Литература

1. Агафонов А.Ю., Бурмистров С.Н., Козлов Д.Д., Крюкова А.П. ИмPLICITНОЕ выучивание комбинированных последовательностей // Интеграция образования. 2018. Том 22. № 2. С. 340—353. DOI: 10.15507/1991-9468.091.022.201802.340-353
2. Агафонов А.Ю., Деева Т.М., Шилов Ю.Е. ИмPLICITНОЕ усвоение категориальных последовательностей [Электронный ресурс] // Когнитивные исследования на современном этапе: материалы Всероссийской конференции с международным участием по когнитивной науке (19—22 ноября 2018 г.). Электронные текстовые данные. Архангельск: САФУ, 2018. С. 9—11. URL: [https://narfu.ru/upload/medialibrary/ec1/Sbornik-KISE\\_2018-\\_isbn\\_.pdf#page=10](https://narfu.ru/upload/medialibrary/ec1/Sbornik-KISE_2018-_isbn_.pdf#page=10) (дата обращения: 04.03.2019).
3. Бурмистров С.Н., Крюкова А.П., Агафопова С.В. Эксплицитные и имPLICITНЫЕ процессы: эффекты интерференции при решении задач разного типа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2017. Том 19. № 2. С. 33—37.
4. Крюкова А.П., Агафонов А.Ю., Бурмистров С.Н., Козлов Д.Д., Шилов Ю.Е. Эффект переноса имPLICITНОГО знания на сенсомоторную деятельность // Экспериментальная психология. 2018. Том 11. № 3. С. 63—77. DOI:10.17759/exrpsy.2018110305
5. Морошкина Н.В. Влияние конфликта имPLICITНЫХ и эксплицитных знаний субъекта на результаты научения в задаче классификации // Экспериментальная психология. 2013. Том 6. № 3. С. 62—73.
6. Морошкина Н.В., Иванчей И.И. ИмPLICITНОЕ научение: исследование соотношения осознаваемых и неосознаваемых процессов в когнитивной психологии // Методология и история психологии. 2012. Том 6. № 4. С. 109—131.
7. Четвериков А.А. Линейные модели со смешанными эффектами в когнитивных исследованиях // Российский журнал когнитивной науки. 2015. Том 2. № 1. С. 41—51.
8. Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4 // Journal of Statistical Software. 2015. Vol. 67(1). P. 1—48. DOI:10.18637/jss.v067.i01
9. Cleeremans A., Destrebecqz A., Boyer M. Implicit learning: news from the front // Trends in Cognitive Sciences. 1998. Vol. 2. № 10. P. 406—416. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01232-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01232-7)
10. Cohen. A., Ivry R.I., Keele S.W. Attention and structure in sequence learning // Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1990. Vol. 16. № 1. P. 17—30. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.1.17>
11. Deroost N., Soetens E. Perceptual or motor learning in SRT tasks with complex sequence structures // Psychological Research. 2006. Vol. 70. № 2. P. 88-102. DOI: 10.1007/s00426-004-0196-3 · Source: PubMed
12. Destrebecqz A., Cleeremans A. Temporal effects in sequence learning // Advances in Consciousness Research. 2003. Vol. 48. P. 181—214. DOI: 10.1075/aicr.48.11des



13. Gheysen F., Gevers W., Schutter E.D., Wealvelde H.V., Fias W. Disentangling perceptual from motor implicit sequence learning with a serial color-matching task // *Experimental Brain Research*. 2009. Vol. 197. P. 163–174. DOI: 10.1007/s00221-009-1902-6
14. Heuer H., Schmidtke V., Kleinsorge T. Implicit learning of sequences of tasks // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2011. Vol. 27 (4). P. 967–983. DOI: 10.1037//0278-7393.27.4.967
15. Huang H.X., Zhang J.X., Liu D.Z., Li Y.L., Wang P. Implicit Sequence Learning of Background and Goal Information Under Double Dimensions // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 116. P. 2989–2993. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.01.694
16. Kuznetsova A., Brockhoff P., Christensen R. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models // *Journal of Statistical Software*. 2017. Vol. 82(13). P. 1–26. DOI: 10.18637/jss.v082.i13
17. Mayr U. Spatial Attention and Implicit Sequence Learning: Evidence for Independent Learning of Spatial and Nonspatial Sequences // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1996. Vol. 22, № 2. P. 350–364. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.22.2.350>.
18. Nissen M.J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measure // *Cognitive Psychology*. 1987. Vol. 19. № 1. P. 1–32. DOI: 10.1016/0010-0285(87)90002-8
19. Olson I.R., Chun M.M. Temporal Contextual Cuing of Visual Attention // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. № 5. P. 1299-1313. DOI: 10.1037//0278-7393.27.5.1299
20. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. URL: <https://www.R-project.org>
21. Remillard G. Pure perceptual-based sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol 29. № 4. P. 581–597. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.4.581>
22. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA, 2016. URL: <http://www.rstudio.com/>
23. Seger C. A. Implicit learning // *Psychological Bulletin*. 1994. Vol. 115. № 2. P. 163–196. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.2.163>
24. Shin J., Ivry R. Concurrent learning of temporal and spatial sequences // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 28. № 3. P. 445–457. DOI: 10.1037//0278-7393.28.3.445
25. Stadler M.A. On learning complex procedural knowledge // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. № 6. P. 1061–1069. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.6.1061>
26. Willingham D.B., Nissen M.J., Bullemer P. On the development of procedural knowledge // *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. № 6. P. 1047–1060. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.6.1047>

## References

1. Agafonov A.Y., Burmistrov S.N., Kozlov D.D., Kryukova A.P. Implicitnoye vyuchivaniye kombinirovannykh posledovatel'nostey [Implicit Learning of Combined Sequences]. *Integratsiya obrazovaniya [Integration of education]*. 2018. Vol. 22. № 2. Pp. 340–353. DOI: 10.15507/1991-9468.091.022.201802.340-353 (In Russ.).
2. Agafonov A.Y., Deeva T.M., Shilov Y.E. Implicitnoye usvoyeniye kategorial'nykh posledovatel'nostey [Implicit acquisition of categorical sequences]. *Kognitivniye issledovaniya na sovremennom etape: materialy Vserossiyskoy konferentsii s megdunarodnym uchastiyem po kognitivnoy nauke 19–22 noyabrya 2018. — Elektronniye tekstoviyeye danniiye. Arkhangel'sk: SAFU [Cognitive research at the present stage: materials of the All-Russian conference with international participation in cognitive science November 19–22, 2018]. Electronic text data. Arkhangel'sk: NAFU*. 2018. Pp. 9–11. URL: [https://narfu.ru/upload/medialibrary/ec1/Sbornik-KISE\\_2018-\\_isbn\\_.pdf#page=10](https://narfu.ru/upload/medialibrary/ec1/Sbornik-KISE_2018-_isbn_.pdf#page=10) (Accessed 04.03.2019). (In Russ.).
3. Kryukova A.P. Agafonov A.Y., Burmistrov S.N., Kozlov D.D., Shilov Y.E. Effect perenosa implicitnogo znaniya na sensomotornuyu deyatelnost' [Effect of transfer of implicit knowledge of artificial grammar under sensorimotor activity]. *Ekspperimental'naya psikhologiya [Experimental psychology]*, 2018. Vol. 11. No. 3. Pp. 63–77. doi:10.17759/exppsy.2018110305. (In Russ.).





4. Moroshkina N.V. Vliyaniye konflikta implicitnich i explicitnich znaniy subyecta na resul'tati naucheniya v zadache klassifikatsii [Influence of the conflict of implicit and explicit knowledge of a subject on the results of learning process in classification task]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental psychology]*. 2013. Vol. 6. No. 3. Pp. 62–73. (In Russ.).
5. Moroshkina N.V., Ivanchei I.I. Implicitnoe naucheniye: issledovaniye sootnosheniya ooznavayemich i neosoznavayemich processov v kognitivnoi psikhologii [Implicit learning: a study of the relation of perceived and unconscious processes in cognitive psychology]. *Metodologiya i istoriya psikhologii [Methodology and history of psychology]*. 2012. Vol. 6. No. 4. Pp. 109–131. (In Russ.).
6. Chetverikov A. Lineiniye modeli so smeshannimi effectami v kognitivnich issledovaniyach [Linear Mixed Effects Regression in Cognitive Studies]. *Rossiyskiy jurnal kognitivnoi nauki [The Russian Journal of Cognitive Science]*. 2015. Vol. 2. No 1. Pp. 41 – 51. (In Russ.).
7. Burmistrov S.N., Kryukova A.P., Agafonova S.V. Explicitniye i implicitniye processyi: effectyi interferentsii pri reshenii zadach raznogo tipa [Explicit and implicit processes: effects of an interference at problem solving of different types]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsial'nyye, gumanitarnyye, mediko-biologicheskiye nauki [Izvestiya of the Samara Science Centre of the Russian Academy of Sciences. Social, humanitarian, medicobiological sciences]*. 2017. Vol. 19. № 2. Pp. 33–37. (In Russ.).
8. Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4 // *Journal of Statistical Software*. 2015. Vol. 67(1). Pp. 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01
9. Cleeremans A., Destrebecqz A., Boyer M. Implicit learning: news from the front // *Trends in Cognitive Sciences*. 1998. Vol. 2. № 10. Pp. 406–416. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01232-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01232-7)
10. Cohen. A., Ivry R.I., Keele S.W. Attention and structure in sequence learning // *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1990. Vol. 16. No. 1. Pp. 17–30. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.1.17>
11. Deroost N., Soetens E. Perceptual or motor learning in SRT tasks with complex sequence structures // *Psychological research*. 2006. Vol. 70. No. 2. Pp. 88–102. DOI: [10.1007/s00426-004-0196-3](https://doi.org/10.1007/s00426-004-0196-3)
12. Destrebecqz A., Cleeremans A. Temporal effects in sequence learning // *Advances in Consciousness Research*. 2003. Vol. 48. Pp. 181–214.
13. Gheysen F., Gevers W., Schutter E.D., Wealvelde H.V., Fias W. Disentangling perceptual from motor implicit sequence learning with a serial color-matching task // *Experimental Brain Research*. 2009. Vol. 197. Pp. 163–174. DOI [10.1007/s00221-009-1902-6](https://doi.org/10.1007/s00221-009-1902-6)
14. Heuer H., Schmidtke V., Kleinsorge T. Implicit learning of sequences of tasks // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27 (4). Pp. 967–983. DOI: [10.1037/0278-7393.27.4.967](https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.4.967)
15. Huang H.X., Zhang J.X., Liu D.Z., Li Y.L., Wang P. Implicit Sequence Learning of Background and Goal Information Under Double Dimensions // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 116. Pp. 2989–2993. DOI: [10.1016/j.sbspro.2014.01.694](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.694)
16. Kuznetsova A., Brockhoff P., Christensen R. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models // *Journal of Statistical Software*. 2017. Vol. 82(13). Pp. 1–26. doi: [10.18637/jss.v082.i13](https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13)
17. Mayr U. Spatial Attention and Implicit Sequence Learning: Evidence for Independent Learning of Spatial and Nonspatial Sequences // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1996. Vol. 22, No. 2. Pp. 350–364. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.22.2.350>
18. Nissen M.J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measure // *Cognitive psychology*. 1987. Vol. 19. No. 1. Pp. 1–32. DOI: [10.1016/0010-0285\(87\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90002-8)
19. Olson I.R., Chun M.M. Temporal Contextual Cuing of Visual Attention // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No. 5. Pp. 1299–1313. DOI: [10.1037/0278-7393.27.5.1299](https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.5.1299)
20. R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org>
21. Remillard G. Pure perceptual-based sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol 29. No. 4. Pp. 581–597. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.4.581>
22. RStudio Team (2016). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com>.



23. Seger C. A. Implicit learning // *Psychological Bulletin*. 1994. Vol. 115. № 2. Pp. 163–196. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.2.163>
24. Shin J., Ivry R. Concurrent learning of temporal and spatial sequences // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 28. No 3. Pp. 445–457. DOI: [10.1037/0278-7393.28.3.445](https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.445)
25. Stadler M.A. On learning complex procedural knowledge // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. No. 6. Pp. 1061–1069. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.6.1061>
26. Willingham D.B., Nissen M.J., Bullemer P. On the development of procedural knowledge // *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. No. 6. Pp. 1047–1060. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.6.1047>

### **Информация об авторах**

*Агафонов Андрей Юрьевич*, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1546-605X>, e-mail: [aa181067@yandex.ru](mailto:aa181067@yandex.ru)

*Фомичева Арина Дмитриевна*, студент факультета психологии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2622-1816>, e-mail: [fomar1999@mail.ru](mailto:fomar1999@mail.ru)

*Старостин Григорий Анатольевич*, аспирант кафедры общей психологии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4850-1504>, e-mail: [star.gregori@gmail.com](mailto:star.gregori@gmail.com)

*Крюкова Алена Павловна*, ассистент кафедры общей психологии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (ФГАОУ ВО «Самарский университет»), г. Самара, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8232-3951>, e-mail: [kryukova.1991@bk.ru](mailto:kryukova.1991@bk.ru)

### **Information about the authors**

*Andrey Yu. Agafonov*, Dr.Sci. (Psychology), Professor, Head of the Department of General Psychology, Samara National Research University, Samara, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1546-605X>, e-mail: [aa181067@yandex.ru](mailto:aa181067@yandex.ru)

*Arina D. Fomicheva*, Undergraduate Student of the Faculty of Psychology, Samara National Research University, Samara, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2622-1816>, e-mail: [fomar1999@mail.ru](mailto:fomar1999@mail.ru)

*Gregory A. Starostin*, Post-Graduate Student of the Department of General Psychology Samara National Research University, Samara, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4850-1504>, e-mail: [star.gregori@gmail.com](mailto:star.gregori@gmail.com)

*Alyona P. Kryukova*, Assistant of the Department of General Psychology, Samara National Research University, Samara, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8232-3951>, e-mail: [kryukova.1991@bk.ru](mailto:kryukova.1991@bk.ru)

Получена 02.09.2019

Принята в печать 01.03.2021

Received 02.09.2019

Accepted 01.03.2021



# МЕХАНИЗМЫ ОБРАБОТКИ ФИГУРАЛЬНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ

**БАНГУРА М.**

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7211-0554>, e-mail: [marb@mail.ru](mailto:marb@mail.ru)*

Современные модели обработки фигуральных выражений (далее ФВ), например, метафор, постулируют, что при понимании ФВ устанавливаются категориальные связи между понятиями. Однако существуют ФВ, которые могут быть поняты просто посредством нахождения общих признаков компонентов ФВ, и данный процесс лучше объясняется ранней моделью семантической сети, являющейся основой для более сложных современных концепций. В настоящем исследовании сравнивались возможности объяснения обработки двух типов ФВ с помощью категориальных подходов и модели семантической сети. В эксперименте испытуемые (N=67) выполняли задания на семантическое решение, оценивая, совпадает ли значение предъявляемого прилагательного со значением прилагательного в контексте целого выражения, предъявленного ранее. Результаты анализа времени реакции при выполнении заданий с разными типами ФВ показывают, что категориальный подход не является исчерпывающим для объяснения механизма понимания ФВ, а часть обнаруженных закономерностей может объясняться с точки зрения модели семантической сети. Полученные результаты свидетельствуют в пользу правомерности приложения некоторых постулатов моделей семантической сети к объяснению специфики семантической обработки и оценки ФВ.

**Ключевые слова:** метафора, фигуральное выражение, семантическая сеть, категоризация, обработка языковой информации.

---

*Для цитаты:* Бангура М. Механизмы обработки фигуральных выражений разных типов // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 122—134. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140105>

# MECHANISMS OF DIFFERENT TYPES OF FIGURATIVE EXPRESSIONS PROCESSING

**MARIAM BANGURA**

*Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7211-0554>, e-mail: [marb@mail.ru](mailto:marb@mail.ru)*

Modern models of figurative language processing postulate that figurative expressions (FE), e.g. metaphors, are processed through inclusion of one FE component to the category of another. However, some FE can simply be understood by finding commonalities between FE components. This way of processing is better explained by the early semantic network model, on which modern models of figurative language processing are based. The current study attempts to reveal capabilities of categorization approach and semantic network model to explain mechanisms of different FE processing. Subjects (N=67) performed semantic decision tasks, which required answering the question whether the meaning of the presented adjective cor-



responds to the meaning of an adjective in the context of an expression presented earlier. The results of reaction time analysis suggest that categorization approach is not exhaustive for the explanation of figurative language processing and some of the effects might be explained in terms of the semantic network model. This indicates that it is necessary to include some semantic network model postulates into modern approaches of figurative language comprehension.

**Keywords:** metaphor, figurative expression, semantic network, categorization, language processing.

**For citation:** Bangura M. Mechanisms of Different Types of Figurative Expressions Processing. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 122–134. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140105> (In Russ.).

## Введение

В когнитивных исследованиях такое фигуральное выражение, как метафора, обычно характеризуют как словесный оборот, устанавливающий связи между понятиями, принадлежащими к разным доменам и, следовательно, позволяющий говорить об одном явлении в терминах другого [см.: 3; 16: 12]. Так как в психологических исследованиях подход к определению метафоры может не совпадать с лингвистическим и иногда применяется к другим выразительным средствам языка, в данном исследовании используется более широкий термин «фигуральные выражения» (далее — ФВ). В исследованиях когнитивных механизмов обработки ФВ обычно опираются на структуру ФВ, предложенную Дж. Лакоффом и М. Джонсоном [16], где ФВ — это выражение, состоящее из мишени (обычно более абстрактного и неясного понятия) и источника (более конкретного, понятного концепта, проясняющего мишень). Существует множество теорий и подходов объяснения обработки языковой информации, которые могут быть использованы в том числе и для понимания механизма обработки ФВ.

## Модель семантической сети

Одной из ранних моделей, объясняющей обработку языка, была модель семантической сети, предложенная Р. Куиллианом [18]. Понятия в данной модели представляют собой узлы в системе памяти, взаимосвязанные ассоциациями различных типов: иерархическими, ассоциациями через свойства, значения и т. д.

Модель семантической сети ставит своей целью объяснение влияния особенностей хранения лексики на возникновение различных лексических взаимосвязей: таких, как антонимия, инклюзия (суперординатные или субординатные отношения), двусмысленность и противоречия [14].

Данная модель предсказывает, что время ответа на разные вопросы, связанные с понятиями, будет изменяться в зависимости от расстояния между узлами: решение о том, умеет ли канарейка петь, будет дано гораздо быстрее, чем о том, умеет ли она летать, так как атрибут «умеет летать» относится к птицам в целом, и в этом случае расстояние от «канарейки» к атрибуту «умение летать» увеличивается. А. Коллинз и Э. Лофтус [5] уточнили модель, добавив, что связи имеют разный «вес»: например, частая активация одних и тех же связей (или частое употребление понятий) приводит к более быстрой активации этих связей впоследствии. Наличие такого рода взаимосвязи объясняет более быструю обработку уже известных ФВ, которые, тем не менее, устанавливают связи между далекими категориальными доменами, по сравнению со скоростью обработки буквальных выражений, [2].



При применении модели семантической сети к обработке ФВ за основу следует взять такие процессы, как обработка многозначных слов и абсурдных выражений. Выбор значения многозначного слова в модели семантической сети объясняется «ограничением выбора». Например, во фразе «Я высадил друга у метро» слово «высадить» не может означать «закопать семена в земле», потому что в данном контексте возможные значения слова «высадил» ограничиваются «другом» (человеком). Абсурд характеризуется как фраза, нарушающая «ограничение выбора»: фраза «Тарелка супа съела сэндвич» является абсурдной, так как глагол «съесть» может описывать только действие живых существ [14]. Однако эту же фразу можно интерпретировать метафорически, если между понятиями установить связь типа «как бы» («сэндвич был как бы съеден супом»). Тем не менее, до сих пор не существует объяснения тому, в чем состоит отличие связей с точки зрения обработки семантики: теория не объясняет, как связи, являющиеся разными с лингвистической точки зрения, качественно отличаются друг от друга спецификой когнитивной обработки. Следовательно, ранняя модель семантической сети не совсем подходит для объяснения механизма обработки ФВ.

Существуют эффекты обработки ФВ, в частности, метафор, с объяснениями которых модель семантической сети полностью не справляется. Например, «пригодность» (уместность) («aptness») ФВ, под которой подразумевается ее понятность [21], «удачность» [20], степень, в которой выражение проясняет важные характеристики мишени [4] и т. д., находится в положительной взаимосвязи со скоростью обработки ФВ и потому обеспечивает более быструю обработку незнакомых ФВ по сравнению со знакомыми [2]. По некоторым данным, наибольшей пригодностью обладает метафора в случае среднего семантического расстояния между мишенью и источником, однако ее пригодность снижается в случае слишком большого или слишком незначительного расстояния между ними [20]. Данные наблюдения также указывают на нелинейный характер зависимости скорости понимания ФВ от семантического расстояния мишени и источника. Такого рода данные противоречат постулатам модели семантической сети, которая предсказывает, что, чем ближе узлы сети, тем более быстрой будет обработка вербального материала. Однако, по другим данным, пригодность положительно коррелирует со степенью сходства мишени и источника [например: 13]. Также пригодность как характеристика ФВ критикуется за неточность определения, поэтому вопрос о ее влиянии на скорость обработки ФВ остается открытым [7].

Тем не менее, некоторые эффекты при обработке метафор могут быть объяснены данной моделью. В частности, на новых метафорах было показано, что если источник и мишень являются конкретными и у каждого из этих компонентов имеется значительное количество близких по значению синонимов, то происходит замедление обработки выражения [1]. Данная тенденция может быть связана с перебором большого количества потенциально подходящих значений выражения с целью нахождения того, которое не нарушит «ограничения выбора».

### **Современные модели обработки фигуральных выражений**

Современные модели когнитивной обработки ФВ отчасти базируются на концепции семантической сети и берут за основу положение о том, что понимание ФВ осуществляется за счет построения связей между структурами понятий [19]. Примерами таких моделей являются категориальный подход [см.: 10] и теория структурного отображения [см.: 8].

Обе теории сходятся в том, что категориальная обработка метафор может осуществляться с использованием механизма двойной референции (активации буквальной и мета-



форической категорий источника), но, согласно теории структурного отображения, категориальным способом обрабатываются только конвенциональные метафоры (источник которых обладает закрепившимся метафорическим значением) [8], а согласно категориальному подходу, — только пригодные [15; 6]. В процессе обработки ФВ мишень включается в метафорическую категорию источника, а затем дополнительные признаки из этой категории применяются к мишени. Например, в метафоре «Моя работа (мишень) — это каторга (источник)» «моя работа» включается в метафорическую категорию мест с тяжелыми и сложными условиями труда, которые представляются каторгой. При этом буквальная категория каторги (места принудительных работ для осужденных) также автоматически активируется, но отторгается в силу несоответствия контексту; прайминг словом, связанным с буквальной категорией, замедляет время обработки метафоры [11].

Однако существуют метафоры, которые могут быть поняты без процесса категоризации. К таковым, например, относятся атрибутивные метафоры, характеризующиеся наличием у источника и мишени общих признаков или предикатов, нахождение которых позволяет понять метафору [9] (например, «Солнце — это апельсин», где у мишени и источника имеются в наличии общие признаки — круглая форма и оранжевый цвет).

На противоположном полюсе находятся относительные ФВ, понимание которых не сводится к нахождению общих признаков мишени и источника и осуществляется через поиск общих отношений с дополнительной «готовой» метафорической категорией (как в выражении «Моя работа — каторга») [9]. Следовательно, категориальный способ обработки скорее применим к относительным ФВ, но не к атрибутивным.

При этом модель семантической сети может быть более применима к объяснению обработки атрибутивных ФВ. В частности, мишень и источник атрибутивных ФВ семантически более близки, чем мишень и источник относительных ФВ, так как содержат общие предикаты, включающиеся в процесс понимания. Таким образом, установление связей между компонентами атрибутивных ФВ должно происходить быстрее по сравнению с относительными ФВ. Также, из-за более простых процессов нахождения общих признаков, не должно возникать затруднений в понимании новых атрибутивных ФВ по сравнению со знакомыми, а из-за отсутствия механизма двойной референции следует ожидать, что не возникнет интерференционного эффекта буквального значения в процессе понимания атрибутивного ФВ.

### Гипотезы

В пользу применимости модели семантической сети к объяснению механизма обработки ФВ должны указывать следующие результаты:

- 1) более быстрая обработка атрибутивных выражений по сравнению с относительными;
- 2) отсутствие различий в скорости обработки новых и знакомых атрибутивных ФВ;
- 3) отсутствие интерференционного эффекта буквального значения источника при обработке атрибутивных ФВ.

В случае если все-таки верны модели, предполагающие категоризационный этап в обработке ФВ, то следует ожидать одинаковый паттерн обработки для атрибутивных и для относительных ФВ, а именно:

- 1) одинаковую скорость обработки;
- 2) более длительную обработку новых выражений;
- 3) интерференционный эффект буквального значения источника ФВ.





## Методы

### Отбор стимульного материала

Был составлен список из 105 фигуральных выражений вида прилагательное—существительное — 72 относительных («золотые руки») и 33 атрибутивных («пузатый чайник»), из которых 51 были составлены с опорой на словари<sup>1</sup>, а остальные 54 придуманы как потенциальные новые ФВ (например, «дырявая беседа» — новое относительное ФВ). Деление ФВ на атрибутивные и относительные осуществлялось с опорой на определение этих видов ФВ, данное в работе К. Клемент и Д. Джентнер [9]: к атрибутивным относились ФВ, существительное и прилагательное которых указывали на объект или признак, содержащие общий атрибут. Например, в ФВ «пузатый чайник» прилагательное «пузатый» указывает на атрибут округлости, а существительное «чайник» указывает на объект, который может обладать данным атрибутом. К относительным были отнесены ФВ, прилагательное и существительное которых находились в общих отношениях с определенной категорией: например, в ФВ «золотые руки» источник «золотые» репрезентирует категорию «ценности». Те признаки «ценностей», которые могут быть применимы к «рукам» (ловкие, умелые, но не стоящие определенную сумму денег), переносятся на «руки». При этом признаки «умелые», «ловкие» не являются общими для рук и золотых объектов. Если бы данная метафора была атрибутивной, то она бы могла означать «руки золотого цвета».

В предварительном исследовании, целью которого был отбор стимульного материала, респондентам предлагалось выполнить три задания. Первое и второе задания были выполнены 58 респондентами (преимущественно студентами гуманитарных специальностей 1 и 2-го курсов), а третье — 34 из них.

Для первого задания выражения были поделены на 6 примерно равных по длине списков. Респонденты должны были оценить каждое выражение из полученного списка по понятности и знакомости по шкалам от 0 до 2, где 0 соответствовал вариантам «совсем непонятно/никогда не слышал»; 1 — «не совсем понятно, но можно догадаться о смысле выражения/иногда слышал или употреблял»; 2 — «понятно/часто слышал и употреблял». Задачей данного этапа было отобрать только понятные ФВ, а также выделить группы ФВ, являющиеся новыми и знакомыми.

Во втором задании испытуемому нужно было придумать до трех синонимов, которыми можно было бы заменить прилагательное из ФВ с сохранением значения всего ФВ. Данный этап предназначался для отбора фигуральных стимулов — слов, отражающих фигуральное (метафорическое) значение прилагательного.

Третье задание содержало изолированные прилагательные, взятые из ФВ, которые не предъявлялись данному испытуемому в первом задании; к ним также нужно было придумать до трех синонимов. Данный этап позволял отобрать буквальный стимул, соответствующий буквальному значению прилагательного.

Выражения, отобранные для эксперимента, соответствовали следующим условиям:

- 1) по среднему показателю понятности были больше единицы;
- 2) средний показатель знакомости был либо меньше нижней границы 95% доверительного интервала (0,93) (в этом случае ФВ относилось к категории «новые»), либо больше верхней границы (1,19) («знакомые»);

<sup>1</sup> Горбачевич К.С. Словарь эпитетов русского литературного языка. СПб., 2001; Козинец С.Б. Словарь словообразовательных метафор русского языка. — Саратов: Саратовский источник, 2011.



3) фигуральный синоним для отбора должен был встречаться не менее, чем у четырех испытуемых, а буквальный (полностью соответствующий слову) синоним — не менее, чем трех (так как его отбирало меньшее количество респондентов). В качестве фигурального синонима для атрибутивных ФВ испытуемые чаще всего указывали признак, являющийся общим для прилагательного и существительного, а для относительных ФВ — определение, не сводимое к общим признакам компонентов ФВ, что подтверждает правомерность разделения ФВ на эти два типа.

Всего было отобрано 19 ФВ: по 4 новых атрибутивных, знакомых атрибутивных, новых относительных ФВ и 7 знакомых относительных ФВ. Также вручную было составлено 19 контрольных буквальных выражений (далее — БВ) с прилагательным, взятым из ФВ. Всего стимульный материал содержал 38 выражений.

Описательная статистика показателей понятности и знакомости для отобранных ФВ представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Описательная статистика показателей понятности и знакомости отобранных фигуральных выражений**

Измеряемый параметр	Тип фигурального выражения	Атрибутивное знакомое	Атрибутивное новое	Относительное знакомое	Относительное новое
	Количество	4	4	7	4
Знакомость	Среднее	1,898	0,72	1,851	0,585
	Стандартное отклонение	0,142	0,06	0,243	0,27
	Минимум	1,7	0,63	1,36	0,27
	Максимум	2	0,75	2	0,82
Понятность	Среднее	1,975	1,518	1,959	1,393
	Стандартное отклонение	0,05	0,106	0,078	0,043
	Минимум	1,9	1,38	1,8	1,36
	Максимум	2	1,63	2	1,45

Каждому ФВ также соответствовал фигуральный стимул (самый частотный синоним, подобранный к прилагательному в контексте всего выражения). И ФВ, и БВ соответствовали буквальный стимул (самый частотный синоним, подобранный к изолированному прилагательному) и дистрактор (подбранное вручную прилагательное, далекое от значения прилагательного в выражении) (примеры стимульного материала см. в табл. 2). Стимульный материал был поделен на 2 списка из 19 выражений с примерно равным количеством ФВ и БВ, чтобы в каждом списке не встречалось ФВ и БВ с одним и тем же прилагательным (например, ФВ «кривая душа» и БВ «кривая башня» находились в разных списках).

Экспериментальный дизайн: независимые переменные (внутрисубъектные) — тип ФВ (относительное/атрибутивное), новизна (новое/знакомое), тип стимула (фигуральный/буквальный/дистрактор); зависимая переменная — время реакции.

БВ с соответствующими им буквальный стимулом и дистрактором служили в качестве контрольного условия.



Таблица 2

### Примеры стимульного материала

Тип фигурального выражения	Фигуральное выражение	Тип стимула			Буквальное выражение
		Фигуральный	Буквальный	Дистрактор	
Атрибутивное знакомое	Шоколадный загар	Темный	Коричневый	Узкий	Шоколадный пирог
Атрибутивное новое	Солнечный лимон	Желтый	Яркий	Короткий	Солнечный свет
Относительное знакомое	Золотые руки	Умелые	Блестящие	Длинные	Золотые кольца
Относительное новое	Кривая душа	Лживая	Косая	Большая	Кривая башня

### Основной эксперимент

**Испытуемые.** 67 студентов РАНХиГС гуманитарных специальностей преимущественно 1-го курса. Эксперимент проводился на компьютере индивидуально с каждым испытуемым посредством программы PsychoPy 1.90.1 [17]. 32 испытуемым были предъявлены выражения из списка 1, 35 испытуемым — из списка 2.

**Процедура.** В начале эксперимента испытуемые проходили тренировочную серию из 10 проб. Экспериментальная серия состояла из 19 проб.

Испытуемому на экране предъявлялось одно выражение. Прочитав выражение, испытуемый нажимал «пробел», и вместо выражения на экране появлялся стимул (прилагательное), тип которого (фигуральный/буквальный/дистрактор) выбирался случайно (для БВ предъявлялись только буквальныe стимулы или дистракторы). Испытуемому с помощью кнопок нужно было ответить, можно ли заменить этим словом прилагательное из выражения, чтобы смысл выражения сохранился. Затем предъявлялась следующая проба. Порядок предъявления выражений был случайным. Ответы, которые засчитывались в дальнейшем как правильные, представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Ответы испытуемых, которые засчитывались как верные на примере проб с фигуральным выражением «золотые руки» и буквальным выражением «золотые кольца»

Тип стимула	ФВ (золотые руки)	Буквальные выражения (золотые кольца)
Фигуральный (умелые)	да	нет
Буквальный (блестящие)	нет	да
Дистрактор (длинные)	нет	нет

Данная процедура является инновационной: чаще всего в других исследованиях зависимой переменной является время ответа, данного с помощью кнопок на клавиатуре, на вопрос, состоит ли метафора из существующих слов языка [11] и является ли понятной [3; 11; 21]. Непосредственно само понимание либо не проверяется [11; 21], либо заключается в том, что испытуемый пишет свои интерпретации тех ФВ, которые предъявлялись ему в эксперименте [3]. Процедура же нашего эксперимента позволяет проверить понимание ФВ непосредственно во время выполнения заданий.



## Анализ данных

**Очистка данных.** Были исключены ошибочные пробы, выбросы (пробы, в которых время реакции превосходило среднее на более чем 3 стандартных отклонения), результаты троих испытуемых, совершивших ошибки более чем в трети проб, и пробы для трех буквальных выражений, в которых буквальным стимулом отличался низким уровнем соответствия значению прилагательного в выражении и часто приводил к ошибкам.

Всего было проанализировано 979 проб из 1034 (94,7%).

**Методы статистического анализа данных.** Так как тип стимула, предъявляемый после ФВ, выбирался программой случайно, не все испытуемые проходили через все возможные сочетания факторов «Тип стимула» и «Тип ФВ», поэтому для дальнейшей обработки была произведена процедура замещения пропущенных значений средними значениями ряда (где ряд – сочетание типа ФВ и типа стимула).

Для сравнения времени реакции в зависимости от экспериментальных условий использовался дисперсионный анализ с повторными измерениями. В дополнение к нему проводились апостериорные сравнения, скорректированные по методу Бонферрони, для выявления различий между уровнями каждой переменной. Для выявления различий во времени реакции в экспериментальных и контрольных условиях использовался критерий Вилкоксона.

Для сравнения чувствительности к разным типам стимулов использовался двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями.

## Результаты

Итоговую описательную статистику времени реакции во всех сочетаниях условий см. в табл. 4.

Таблица 4

**Описательная статистика времени реакции (с) для всех типов фигуральных выражений, буквальных выражений и соответствующих им типов стимулов**

Тип выражения		Тип стимула		
		Фигуральный	Буквальный	Дистрактор
Фигуральное выражение	Атрибутивное знакомое	1,41 ± 0,56	1,47 ± 0,36	1,30 ± 0,47
	Атрибутивное новое	1,50 ± 0,69	1,83 ± 0,87	1,66 ± 1,08
	Относительное знакомое	1,33 ± 0,56	1,75 ± 0,64	1,31 ± 0,53
	Относительное новое	1,44 ± 0,52	2,01 ± 0,48	1,44 ± 0,51
Буквальное выражение		-	1,62 ± 0,77	1,47 ± 0,52

В процессе обработки результатов выяснилось, что в условии для атрибутивных ФВ с буквальным стимулом большинство проб были ошибочными, вероятно, из-за семантического сходства буквального и фигурального стимулов (например, «оранжевые» и «рыжие» для ФВ «апельсиновые волосы» соответственно); при проведении следующего дисперсионного анализа время реакции на буквальные стимулы было исключено.

Трехфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями для всех ФВ не обнаружил значимого взаимодействия факторов «новизны», «типа выражения» и «типа стимула» (за исключением буквального стимула):  $F(1,63)=0,953$ ;  $p=0,333$ . Однако результаты анализа свидетельствуют о большей длительности обработки новых выражений по



сравнению с обработкой знакомых ( $t=3,712$ ;  $p_{\text{bonf}} < 0,001$ ) (см. график для атрибутивных ФВ на рис. 1).

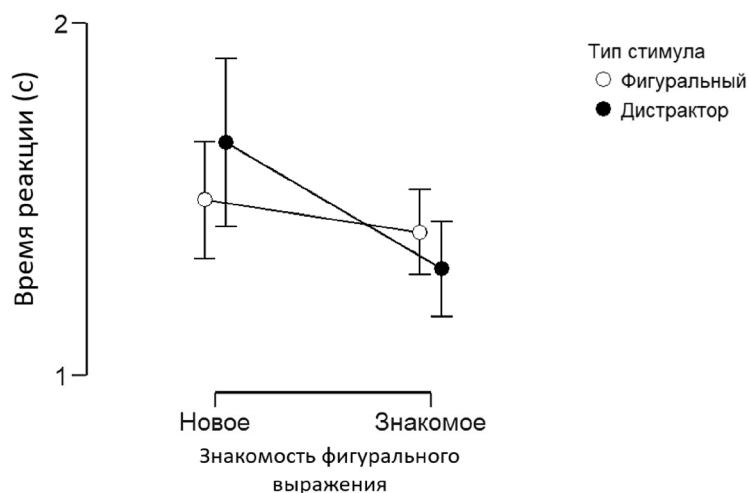


Рис. 1. График среднего времени реакции при выполнении задания с атрибутивными фигуральными выражениями в случае фигурального стимула и дистрактора (отрезками отмечены 95% доверительные интервалы)

При сравнении времени реакции на фигуральный стимул после ФВ и буквальный после БВ (т. е. ответов «да») выяснилось, что и новые, и знакомые относительные выражения обрабатываются быстрее буквальных ( $W=1358$ ;  $p=0,034$  и  $W=1570$ ;  $p<0,001$  соответственно), а атрибутивные ФВ по времени обработки от БВ не отличались.

Так как проанализировать время реакции на буквальный стимул после предъявления атрибутивных ФВ не представлялось возможным по причинам, описанным выше, отдельно был проведен двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (знакомость  $\times$  тип стимула) только для относительных ФВ. Анализ не показал статистически значимого взаимодействия «знакомости» и «типа стимула»:  $F(1,126)=0,674$ ;  $p=0,512$  (см. рис. 2). Согласно результатам апостериорных сравнений с поправкой Бонферрони, существуют значимые различия между временем реакции на новые и знакомые ФВ (новые  $>$  знакомые:  $t=3,704$ ;  $p_{\text{bonf}}<0,001$ ), а буквальный стимул обрабатывается дольше, чем фигуральный ( $t=6,509$ ;  $p_{\text{bonf}}<0,001$ ) и дистрактор ( $t=8,93$ ;  $p_{\text{bonf}}<0,001$ ).

Сравнение времени реакции по критерию Вилкоксона показало, что после предъявления новых относительных ФВ буквальный стимул обрабатывается значительно дольше, чем после предъявления знакомых ( $W=1614$ ;  $p<0,001$ ), а в случае фигурального стимула таких различий обнаружено не было ( $W=751$ ;  $p=0,054$ ).

В заключение был проведен анализ верных и ошибочных проб (в том числе для буквальных стимулов после предъявления атрибутивных ФВ) с помощью метода «Да—Нет», разработанного в рамках теории обнаружения сигнала. Для каждого ФВ была посчитана чувствительность ( $d'$ ) для «буквального шума» и «шума-дистрактора» (ответы «да» на эти стимулы — «ложные тревоги») (см. табл. 5). «Попаданием» считались ответы «да» для фигурального стимула. При проведении двухфакторного дисперсионного анализа отдельно для каждого типа шума (факторы, тип выражения и знакомость) был

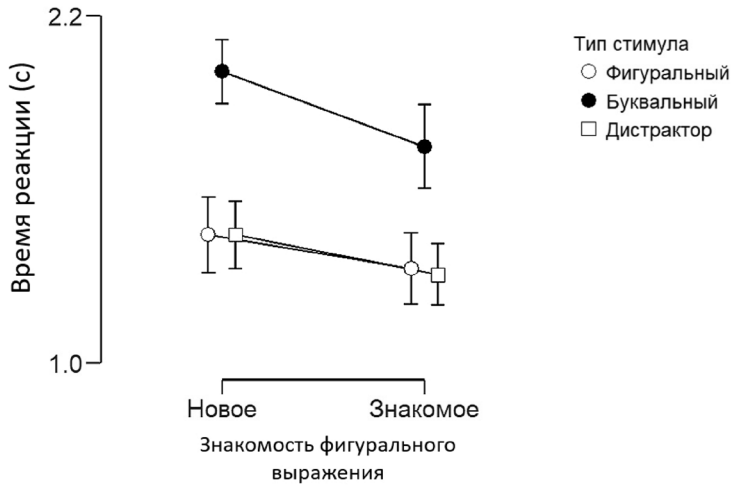


Рис. 2. График среднего времени реакции при выполнении задания с относительными фигуральными выражениями для всех типов стимулов (отрезками отмечены 95% доверительные интервалы)

обнаружен главный эффект типа ФВ только в том в случае, если тип шума – буквальный стимул (для атрибутивных ФВ  $d'$  меньше, чем для относительных:  $F(1,15)=5,373$ ;  $p=0,035$ ).

Таблица 5

**Средний уровень чувствительности ( $d'$ ) при разном типе шума для двух типов фигуральных выражений**

Тип шума	Тип фигурального выражения	Новизна	Среднее	Стандартное отклонение
Буквальный	Атрибутивное	Новое	-0,033	2,778
		Знакомое	1,100	0,978
	Относительное	Новое	1,870	1,606
		Знакомое	3,284	1,755
Дистрактор	Атрибутивное	Новое	4,308	2,418
		Знакомое	5,065	1,309
	Относительное	Новое	2,510	0,950
		Знакомое	4,856	1,406

**Обсуждение и выводы**

Результаты скорее подтверждают гипотезу о применимости категориального подхода ко всем ФВ. Во-первых, и новые атрибутивные, и новые относительные ФВ обрабатываются дольше знакомых. Во-вторых, не были обнаружены различия во времени обработки относительных и атрибутивных ФВ. Также буквальный стимул обрабатывается дольше, чем другие виды стимулов у относительных ФВ, однако из-за семантического сходства буквального и фигурального значений у атрибутивных ФВ осуществить проверку интерференцию буквальным стимулом в случае этого вида ФВ не представлялось возможным. Дополнительный анализ подтвердил, что точность обработки фигуральных стимулов после





предъявления атрибутивных ФВ гораздо ниже, чем после предъявления относительных ФВ при «буквальном шуме» (но не при «шуме-дистракторе»).

Тем не менее, для полной уверенности в том, что обработка обоих типов ФВ осуществляется категориальным способом, необходимо проведение дополнительного анализа того, склонны ли индивиды включать мишень в категорию источника после прочтения ФВ. Такая проверка может быть осуществлена с помощью предъявления задач по категоризации.

Однако мы также получили результаты, не объясняемые ни одной из теорий: несмотря на то, что атрибутивные и относительные ФВ не отличаются по времени обработки, верное значение источника для относительных ФВ (и для новых, и для знакомых) выбирается быстрее, чем для БВ, а для атрибутивных ФВ — с такой же скоростью, как и для БВ.

Возможно, в нашем случае разделение ФВ на атрибутивные и относительные привело к появлению дополнительной переменной: конкретности и семантической плотности (наличия близких синонимов) компонентов ФВ. При обработке ФВ активируются различные узлы семантической сети источника ФВ, и если эти узлы обладают смысловой близостью, то обработка затрудняется из-за необходимости отвержения похожих активированных ранее значений. Именно такая ситуация могла возникнуть при обработке атрибутивных ФВ: в них чаще встречались слова, означающие конкретные предметы, чем в относительных ФВ, а значит, обладающие большим количеством признаков. В относительных ФВ фигуральное и буквальное значения семантически далеки друг от друга, что позволяет легко отвергнуть неподходящие значения. Полученные данные согласуются с результатами исследования Х. Аль-Азари и Л. Буканан [1].

Таким образом, результаты нашего исследования не позволяют сделать однозначный вывод о том, что атрибутивность и относительность ФВ предполагают разный тип обработки. Скорее всего, атрибутивность и относительность — параметры, либо характеризующие степень семантической близости буквального и фигурального значений источника выражения, либо сильно связанные с ней и оказывающие воздействие на скорость обработки.

Стоит отметить, что исследование обладает определенными ограничениями: строгий отбор стимульного материала, с одной стороны, повысил его качество, но, с другой стороны, позволил отобрать не более 7 ФВ каждого вида, что затрудняет перенос результатов на широкий круг ФВ. Также тип стимула для каждого выражения у одного испытуемого выбирался случайно: это исключило необходимость предъявлять одно и то же выражение каждому испытуемому более одного раза. Такая процедура, с одной стороны, способствует уменьшению времени реакции на повторяющиеся выражения по причине привыкания, с другой стороны, позволяет выявить различия в обработке разного типа стимулов после предъявления одного выражения лишь на основании показателей оценки разных испытуемых. Ввиду того, что выборка исследования была достаточно однородной, возможно, данная процедура не так сильно исказила результаты, однако в дальнейших исследованиях было бы надежнее использовать план, позволяющий устранить данный фактор.

Итак, ранняя модель семантической сети объясняет лишь отдельные закономерности обработки ФВ. И поэтому следующим шагом в изучении особенностей семантических процессов обработки фигуральных выражений, и, в частности, метафор, является метафор является создание более сложных, комплексных моделей, которые, тем не менее, должны включать в себя достижения и основные постулаты модели семантической сети.

### **Литература**

1. Al-Azary H., Buchanan L. Novel metaphor comprehension: Semantic neighbourhood density interacts with concreteness // *Memory & Cognition*. 2017. Vol. 45 (2). P. 296–307. DOI: 10.3758/s13421-016-0650-7



2. *Blasko D.G., Connine C.M.* Effects of familiarity and aptness on metaphor processing // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1993. № 19. P. 295–308. DOI: 10.1037/0278-7393.19.2.295
3. *Bowdle B.F., Gentner D.* The Career of Metaphor // *Psychological Review*. 2005. Vol. 112 (1). P. 193–216. DOI:10.1037/0033-295X.112.1.193
4. *Chiappe D.L., Kennedy J.M., Smykowski T.* Reversibility, aptness, and the conventionality of metaphors and similes // *Metaphor & Symbol*. 2003. № 18. P. 85–105.
5. *Collins A.M., Loftus E.F.* A spreading-activation theory of semantic processing // *Psychological Review*. 1975. Vol. 82 (6). P. 407–428. DOI: 10.1037/0033-295X.82.6.407
6. *Dulcinati G., Mazzarella D., Pouscoulous N., Rodd J.* Processing metaphor: The role of conventionality, familiarity and dominance // *UCL Working Papers in Linguistics*. 2014. № 26, P. 1–17.
7. *Gentner D., Bowdle B.* Metaphor as structure-mapping // *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought* / R. Gibbs (Ed.). New York, NY: Cambridge University Press. 2008. P. 109–128. DOI: 10.1017/CBO9780511816802.008
8. *Gentner D., Bowdle B.F., Wolff P., Boronat C.* Metaphor is like analogy // *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*. 2001. P. 199–253. DOI: 10.1.1.5.5863
9. *Gentner D., Clement C.* Evidence for Relational Selectivity in the Interpretation of Analogy and Metaphor // *Psychology of Learning and Motivation*. 1988. № 22. P. 307–358. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60044-4
10. *Glucksberg S., Keysar B.* Understanding metaphorical comparisons: Beyond similarity // *Psychological Review*. 1990. № 97. P. 3–18. DOI: 10.1037/0033-295X.97.1.3
11. *Glucksberg S., Newsome M.R., Goldvarg Y.* Inhibition of the literal: Filtering metaphor-irrelevant information during metaphor comprehension // *Metaphor & Symbol*. 2001. № 16. P. 277–293. DOI: 10.1080/10926488.2001.9678898
12. *Holyoak K.J., Stamenković D.* Metaphor comprehension: A critical review of theories and evidence // *Psychological Bulletin*. 2018. Vol. 144 (6). P. 641–671. DOI: 10.1037/bul0000145
13. *Johnson M.G., Malgady R.G.* Some cognitive aspects of figurative language: Association and metaphor // *Journal of Psycholinguistic Research*. 1979. № 8. P. 249–265.
14. *Johnson-Laird P.N., Herrmann D.J., Chaffin R.* Only connections: A critique of semantic networks // *Psychological Bulletin*. 1984. Vol. 96 (2). P. 292–315. DOI: 10.1037/0033-2909.96.2.292
15. *Jones L.L., Estes Z.* Metaphor comprehension as attributive categorization // *Journal of Memory and Language*. 2005. Vol. 53 (1). P. 110–124. DOI: 10.1016/j.jml.2005.01.016
16. *Lakoff G., Johnson M.* *Metaphors We Live by*. Chicago: University of Chicago Press. 1980.
17. *Peirce J.W.* Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy // *Frontiers in Neuroinformatics*. 2009. Vol. 2 (10). P. 1–8. DOI:10.3389/neuro.11.010.2008
18. *Quillian M.R.* *Semantic Memory* // *Semantic Information Processing* / M. Minsky (Ed.). Cambridge, MA: MIT Press, 1968. P. 227–270.
19. *Sun R.* A Microfeature Based Approach Towards Metaphor Interpretation // *IJCAI'95 Proceedings of the 14th international joint conference on Artificial intelligence* / Chris S. Mellish (Ed.) Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco. 1995. Vol. 1. P. 424–429.
20. *Tourangeau R., Sternberg R.J.* Aptness in metaphor // *Cognitive Psychology*. 1981. Vol. 13 (1). P. 27–55. DOI: 10.1016/0010-0285(81)90003-7
21. *Wolff P., Gentner D.* Structure-mapping in metaphor comprehension // *Cognitive Science*. 2011. Vol. 35 (8). P. 1456–1488. DOI: 10.1111/j.1551-6709.2011.01194.x

## References

1. Al-Azary H., Buchanan L. Novel metaphor comprehension: Semantic neighbourhood density interacts with concreteness. *Memory & Cognition*, 2017, vol. 45(2), pp. 296–307. DOI: 10.3758/s13421-016-0650-7
2. Blasko D.G., Connine C.M. Effects of familiarity and aptness on metaphor processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1993, no. 19, pp. 295–308. DOI: 10.1037/0278-7393.19.2.295
3. Bowdle B. F., Gentner D. The Career of Metaphor. *Psychological Review*, 2005, vol. 112(1), pp. 193–216. DOI:10.1037/0033-295X.112.1.193
4. Chiappe D. L., Kennedy J. M., Smykowski T. Reversibility, aptness, and the conventionality of metaphors and similes. *Metaphor & Symbol*, 2003, no. 18, pp. 85–105.



5. Collins A.M., Loftus E.F. A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 1975, vol. 82 (6), pp. 407–428. DOI: 10.1037/0033-295X.82.6.407
6. Dulcinati G., Mazzarella D., Pouscoulous N., Rodd J. Processing metaphor: The role of conventionality, familiarity and dominance. *UCL Working Papers in Linguistics*, 2014, no. 26, pp. 1–17.
7. Gentner D., Bowdle B. Metaphor as structure-mapping. In R. Gibbs (Ed.) *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought*. New York, NY: Cambridge University Press. 2008. pp. 109–128. DOI: 10.1017/CBO9780511816802.008
8. Gentner D., Bowdle B.F., Wolff P., Boronat C. Metaphor is like analogy. *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*, 2001, pp. 199–253. DOI: 10.1.1.5.5863
9. Gentner D., Clement C. Evidence for Relational Selectivity in the Interpretation of Analogy and Metaphor. *Psychology of Learning and Motivation*, 1988, no. 22, pp. 307–358. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60044-4
10. Glucksberg S., Keysar B. Understanding metaphorical comparisons: Beyond similarity. *Psychological Review*, 1990, no. 97, pp. 3–18. DOI: 10.1037/0033-295X.97.1.3
11. Glucksberg S., Newsome M.R., Goldvarg Y. Inhibition of the literal: Filtering metaphor-irrelevant information during metaphor comprehension. *Metaphor & Symbol*, 2001, no. 16, pp. 277–293. DOI: 10.1080/10926488.2001.9678898
12. Holyoak K. J., Stamenković D. Metaphor comprehension: A critical review of theories and evidence. *Psychological Bulletin*, 2018, vol. 144, no. 6, pp. 641–671. DOI: 10.1037/bul0000145
13. Johnson-Laird P.N., Herrmann D.J., Chaffin R. Only connections: A critique of semantic networks. *Psychological Bulletin*, 1984, vol. 96, no. 2, pp. 292–315. DOI: 10.1037/0033-2909.96.2.292
14. Johnson M.G., Malgady R.G. Some cognitive aspects of figurative language: Association and metaphor. *Journal of Psycholinguistic Research*, 1979, no. 8, pp. 249–265.
15. Jones L.L., Estes Z. Metaphor comprehension as attributive categorization. *Journal of Memory and Language*, 2005, vol. 53, no. 1, pp. 110–124. DOI: 10.1016/j.jml.2005.01.016
16. Lakoff G., Johnson M. *Metaphors We Live by*. Chicago: University of Chicago Press, 1980.
17. Peirce J.W. Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2009, vol. 2, no. 10, pp. 1–8. DOI:10.3389/neuro.11.010.2008
18. Quillian M.R. Semantic Memory. In M. Minsky (Ed.) *Semantic Information Processing*, Cambridge, MA: MIT Press, 1968, pp. 227–270.
19. Sun R.A. Microfeature Based Approach Towards Metaphor Interpretation. In Chris S. Mellish (Ed.) *IJCAI'95 Proceedings of the 14th international joint conference on Artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, 1995, vol.1, pp. 424–429.
20. Tourangeau R., Sternberg R. J. Aptness in metaphor. *Cognitive Psychology*, 1981, vol. 13, no. 1, pp. 27–55. DOI: 10.1016/0010-0285(81)90003-7
21. Wolff P., Gentner D. Structure-mapping in metaphor comprehension. *Cognitive Science*, 2011, vol. 35, no. 8, pp. 1456–1488. DOI: 10.1111/j.1551-6709.2011.01194.x

### **Информация об авторах**

*Бангура Мариам*, научный сотрудник лаборатории когнитивных исследований, факультет психологии, Институт общественных наук, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7211-0554>, e-mail: marb@mail.ru

### **Information about the authors**

*Mariam Bangura*, Researcher, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7211-0554>, e-mail: marb@mail.ru

Получена 03.07.2019

Принята в печать 01.03.2021

Received 03.07.2019

Accepted 01.03.2021



# ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ И НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ МОЗГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКЛОНЕНИЙ ПОВЕДЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ

## **КОРНЕЕВ А.А.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»); Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)

## **ЗАХАРОВА М.Н.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: [voronova-m@mail.ru](mailto:voronova-m@mail.ru)

## **КУРГАНСКИЙ А.В.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО); Институт общественных наук Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (ИОН РАНХиГС), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: [akurg@yandex.ru](mailto:akurg@yandex.ru)

## **ЛОМАКИН Д.И.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: [lomakindima4@gmail.com](mailto:lomakindima4@gmail.com)

## **МАЧИНСКАЯ Р.И.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: [reginamachinskaya@gmail.com](mailto:reginamachinskaya@gmail.com)

В работе представлены результаты построения прогностической модели возникновения отклоняющегося поведения на основе нейрофизиологических и нейропсихологических показателей регуляторных функций мозга у подростков. Использовались данные о состоянии регуляторных систем (РС) головного мозга, полученные в результате экспертного анализа паттернов ЭЭГ, данные о состоянии управляющих функций (УФ), полученные на основании нейропсихологического обследования и результатов выполнения компьютеризированных диагностических методик. В исследовании приняли участие 166 подростков, 69 из них — с признаками отклоняющегося поведения. С помощью логистического регрессионного анализа показано, что значимыми предикторами отклоняющегося поведения могут быть как ЭЭГ-признаки неоптимального функционирования РС, так и нейропсихологические показатели снижения эффективности УФ. Анализ результатов компьютерной диагностики управляющих функций у участников исследования указывает на их слабую прогностическую силу. Предложена общая прогностическая модель оценки вероятности развития отклоняющегося поведения в подростковом возрасте, основанная на включении в анализ всех трех групп методов — анализа пат-



тернов ЭЭГ, данных о состоянии управляющих функций (УФ), полученных с помощью нейропсихологического обследования и компьютерных методик.

**Ключевые слова:** подростки, отклоняющееся поведение, ЭЭГ, нейропсихология, логистическая регрессия.

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 17-06-00837-ОГН.

**Для цитаты:** Корнеев А.А., Захарова М.Н., Курганский А.В., Ломакин Д.И., Мачинская Р.И. Прогностическое значение электроэнцефалографических и нейропсихологических показателей состояния регуляторных функций мозга для оценки вероятности отклонений поведения у подростков // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 135–150. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140106>

# PROGNOSTIC VALUE OF ELECTROENCEPHALOGRAPHIC AND NEUROPSYCHOLOGICAL INDICATORS OF THE STATE OF REGULATORY FUNCTIONS OF THE BRAIN TO ASSESS THE LIKELIHOOD OF BEHAVIORAL ABNORMALITIES IN ADOLESCENTS

**ALEKSEI A. KORNEEV**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)

**MARINA N. ZAKHAROVA**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: [voronova-m@mail.ru](mailto:voronova-m@mail.ru)

**ANDREI V. KURGANSKY**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: [akurg@yandex.ru](mailto:akurg@yandex.ru)

**DMITRII I. LOMAKIN**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: [lomakindima4@gmail.com](mailto:lomakindima4@gmail.com)

**REGINA I. MACHINSKAYA**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: [reginamachinskaya@gmail.com](mailto:reginamachinskaya@gmail.com)

The paper presents the results of a prognostic model of the occurrence of deviant behavior based on neurophysiological and neuropsychological indicators of behavioral regulation functions in adolescents. We used data on the state of the regulatory systems of the brain obtained on the basis of EEG analysis, data on the state of brain executive functions (EF), obtained on the basis of a neuropsychological examination, and the results of computer tests aimed at evaluating various components of attention. The study involved 166 adolescents, 69 of them with signs of deviant behavior. Using logistic regression analysis, it



was shown that EEG-signs of suboptimal RS performance and evaluation of individual EF components (i.e. the ability to form and maintain an acquired action plan, signs of inertia and perseveration) can be significant predictors of deviant behavior. Computer test results showed poor predictive ability. A general model is also proposed that includes predicted probabilities of adolescents belonging to a group with signs of deviant behavior based on the results of using all three methods. A prognostic accuracy of the model is quite high.

**Keywords:** adolescents, deviant behavior, EEG, executive functions, logistic regression analysis.

**Funding.** The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 17-06-00837-OGN.

**For citation:** Korneev A.A., Zakharova M.N., Kurgansky A.V., Lomakin D.I., Machinskaya R.I. Prognostic Value of Electroencephalographic and Neuropsychological Indicators of the State of Regulatory Functions of the Brain to Assess the Likelihood of Behavioral Abnormalities in Adolescents. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 135–150. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140106> (In Russ.).

## Введение

В подростковом возрасте происходят изменения, связанные, с одной стороны, с качественными преобразованиями всех физиологических систем организма [3; 7], а с другой — с существенными изменением социально-психологического контекста, в котором оказывается подросток. Такого рода изменения могут приводить к снижению порогов физиологических и психологических реакций на стресс и повышать вероятность возникновения различных проявлений отклоняющегося (девиантного) поведения [15; 20].

В литературе, посвященной психологии отклоняющегося поведения подростков, подробно обсуждаются личностные и социально-психологические предпосылки его возникновения [10; 31]. В нейрокогнитивных исследованиях причины отклоняющегося поведения у подростков связывают с дисбалансом в функционировании различных регуляторных систем мозга (РС) [30]. Согласно представлениям о последствиях появления дисбаланса между РС мозга, обеспечивающими мотивационные компоненты поведения, и системами когнитивного контроля [16; 24], в аффективно нагруженных ситуациях подростки в большей степени склонны принимать импульсивные решения по сравнению с детьми и взрослыми; результатом такого импульсивного и рискованного поведения может стать нанесение вреда здоровью, а также трудности адаптации [29].

Цель настоящего исследования состояла в определении индивидуальных особенностей регуляторных функций мозга, которые могут быть предикторами склонности подростков к девиантному поведению.

Индивидуальные особенности регуляторных функций мозга можно оценить на основе анализа суммарной электрической активности мозга — электроэнцефалограммы [27]. Один из методов — экспертная оценка специфических паттернов ЭЭГ, характеризующих неоптимальное состояние определенных глубинных и корковых структур мозга в состоянии покоя — структурный анализ ЭЭГ (см. подробное описание в наших работах [9; 11]). Он позволяет определить индивидуальные признаки неоптимального состояния различных регуляторных структур мозга на макроуровне и затем сравнить частоту представленности определенных отклонений функционирования РС в различных выборках, а также





сопоставлять результаты ЭЭГ исследования с результатами поведенческих, в частности, нейропсихологических методов (см. сравнительное исследование [9]).

Качественный нейропсихологический анализ, основанный на принципах системного подхода А.Р. Лурии, позволяет исследовать эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности как управляющих функций мозга (УФ) на поведенческом уровне. Применение методов нейропсихологии в исследованиях индивидуальных особенностей подростков с проявлениями отклоняющегося поведения, несмотря на потенциальную продуктивность, носит фрагментарный характер [см., например: 5]. Так, в указанной работе анализируются особенности профилей латерализации функций головного мозга у подростков с признаками отклоняющегося поведения, но при этом никак не обсуждаются УФ, в то время как данные других исследований свидетельствуют о взаимосвязи дефицитарности УФ и проявлений девиантного поведения [19; 23].

Для количественной оценки различных компонентов когнитивной деятельности, в том числе УФ, у подростков со склонностью к девиантному поведению используются также компьютеризированные нейропсихологические тесты, например, автоматизированная батарея САНТАВ (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery) [17].

Междисциплинарный подход, в рамках которого проводится настоящее исследование, предполагает применение различных методов (ЭЭГ, нейропсихологическое обследование, компьютерное тестирование УФ) для анализа регуляторных функций мозга как возможных предикторов риска отклоняющегося поведения [9]. Одним из возможных статистических методов анализа и отбора таких предикторов является метод логистической регрессии [см., например: 21].

Задача данного исследования состояла в анализе степени применимости индивидуальных оценок функционального состояния РС мозга и УФ к прогнозированию вероятности отнесения подростка к группе риска с точки зрения склонности к отклоняющемуся поведению, а также в нахождении наиболее оптимальных в отношении составления прогноза сочетаний таких оценок.

## Методика

### **Выборка**

В исследовании приняли участие две группы подростков, учащихся школ г. Москвы и г. Жуковского. В группу с признаками отклоняющегося поведения вошли подростки, имеющие поведенческие и эмоциональные проблемы в школе и дома (данные были собраны с помощью школьных психологов), далее группа D (69 человек, средний возраст  $14,4 \pm 1,08$ , 19 девочек). В контрольную группу вошли подростки без признаков отклоняющегося поведения, далее группа N (97 человек, средний возраст  $14,2 \pm 1,28$ , 41 девочка). Все испытуемые и их родители подписали письменное согласие на участие в исследовании.

В обеих группах подростков было проведено анкетирование с помощью опросника «Диагностика склонности к отклоняющемуся поведению (СОП)» [12] и методики диагностики эмоциональных и поведенческих проблем у детей и подростков Т. Ахенбаха Youth Self Report (YSR), адаптированной для русскоязычной популяции [32]. Межгрупповые сравнения результатов анкетирования по t-критерию Стьюдента выявили значимо более высокие баллы в группе D по шкалам склонности к преодолению норм и правил ( $t(164) = -4,420$ ;  $p < 0,001$ ), к агрессии и насилию ( $t(164) = -5,040$ ;  $p < 0,001$ ), к делинквентному поведению ( $t(164) = -4,996$ ;  $p < 0,001$ ) и слабости волевого контроля эмоциональных реакций ( $t(164) = -2,853$ ;  $p = 0,005$ ) ме-



тодики СОП, а также по шкалам «Делинквентность» ( $t(164)=-5,150$ ;  $p<0,001$ ) и «Агрессия» ( $t(164)=-4,708$ ;  $p<0,001$ ) опросника YSR.

Оценка функционального состояния РС мозга основывалась на визуальном экспертном анализе паттернов ЭЭГ в состоянии покоя. ЭЭГ регистрировалась с помощью электроэнцефалографа (Electrical Geodesics, Inc, США) в полосе частот 0,1–70 Гц (частота оцифровки – 250 Гц). Принципы этого анализа и выделяемые ЭЭГ паттерны подробно описаны в нашем предыдущем исследовании [8]. Определялись наличие и степень выраженности ЭЭГ-признаков неоптимального состояния следующих РС: 1) фронто-таламической системы (ФТС); 2) диэнцефальных (гипоталамических) отделов; 3) лимбической системы; 4) лобно-базальных структур; 5) лобных и/или лобно-височных отделов левого полушария. Использовалась следующая шкала: 1 – отсутствие изменений данного генеза, 2 – наличие негрубых изменений в фоновой ЭЭГ, 3 – наличие выраженных изменений в фоновой ЭЭГ в виде высокоамплитудных и/или пароксизмальных паттернов.

Особенности состояния УФ оценивались с помощью качественного нейропсихологического обследования [1], на основании которого рассчитывались интегральные показатели дефицита УФ (см. подробнее: Семенова и др., 2015): 1) трудности усвоение инструкций; 2) трудности формирования стратегии деятельности; 3) импульсивность; 4) персеверации; 5) инертность; 6) трудности длительного поддержания усвоенной программы; 7) трудности контроля текущей деятельности. Данные показатели оценивались с помощью следующих единиц измерения: 0 – наилучшее, 1 – наихудшее состояние функции.

Для количественной оценки эффективности УФ у подростков использовались компьютерные методики: тест Струпа [27]; корректурная проба Бурдона, состоящая из трех серий [6]; двухцветные таблицы Шульте–Горбова [4].

Общий уровень развития интеллекта оценивался с помощью компьютерного варианта теста «Цветные прогрессивные матрицы Равена». Все компьютерные методики были выполнены в системе «Практика МГУ» [2].

### **Обработка результатов и анализ данных**

Для оценки согласованности изучаемых параметров и вероятности возникновения отклонений поведения применялась биномиальная логистическая регрессия, в которой в качестве независимых переменных использовались перечисленные выше параметры, а в качестве зависимой переменной – бинарная переменная принадлежности индивида к группе N или D. Метод позволяет оценить влияние предикторов на вероятность принадлежности испытуемого к группе D, а также рассчитать модельную вероятность принадлежности к ней для каждого испытуемого. Сопоставив эти вероятности с полученными данными, можно оценить точность прогноза модели [с подробным описанием этого метода можно ознакомиться в работах: 13; 26]. В настоящем исследовании результаты биномиальной регрессии описаны коэффициентом регрессии (b), его стандартной ошибкой (se) и оценкой значимости отличия коэффициента от нуля. Качество модели оценивалось с помощью R<sup>2</sup> Нэйджелкерка (аналога коэффициента детерминации R<sup>2</sup> в линейном регрессионном анализе) и критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ), который характеризует статистическое отличие модели с включением изучаемых параметров (предикторов) от «нулевой» модели без включения последних. Использовались методы *автоматической пошаговой регрессии* (в данном случае наиболее значимые со статистической точки зрения параметры – предикторы отбираются алгоритмически) и *иерархической логистической регрессии* с построением набора вложен-



ных моделей и последовательным добавлением различных показателей и оценкой изменения модели.

## Результаты

Анализ проводился в два этапа. На первом этапе основная задача состояла в определении наиболее существенных предикторов склонности к отклоняющемуся поведению.

### *Анализ результатов электроэнцефалографического обследования*

В этой части в качестве независимых переменных использовались полученные слепым методом экспертные оценки наличия и степени выраженности ЭЭГ-изменений определенного генеза на индивидуальных кривых ЭЭГ (см. описание методики).

Для отбора оптимальных предикторов мы использовали пошаговый логистический регрессионный анализ (прямой пошаговый метод Вальда). Была получена модель, включающая в себя 4 предиктора (за исключением ЭЭГ-изменений диэнцефального генеза), оценки итоговой модели оказались достаточно хорошими:  $\chi^2(4) = 51,868$ ;  $p < 0,001$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,361. Точность отнесения испытуемых к той или иной группе на основании этой модели составила 73,5%.

Для проверки существенности вклада каждого из выделенных типов неоптимального функционирования РС мы провели дополнительный иерархический логистический анализ с последовательным добавлением ЭЭГ-паттернов (в качестве предикторов) и произвели оценку изменения модели. Порядок включения регистрируемых показателей неоптимального функционирования РС (каждая следующая модель включала показатели из предыдущих):

- 1) лимбические;
- 2) фронто-таламические;
- 3) передне-височные отделы левого полушария;
- 4) лобно-базальные;
- 5) диэнцефальные (гипоталамические) отделы.

Оценки качества моделей приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты иерархического логистического анализа для ЭЭГ-показателей неоптимального функционирования РС

Сочетание ЭЭГ-паттернов	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Лимбические	28,814 ( $p < 0,001$ )	0,215	71,1
+ Фронто-таламические	4,603 ( $p = 0,032$ )	0,245	71,1
+ Передне-височные отделы левого полушария	9,304 ( $p = 0,002$ )	0,305	71,7
+ Лобно-базальные	9,147 ( $p = 0,002$ )	0,361	73,5
+ Диэнцефальные (гипоталамические) отделы	2,969 ( $p = 0,085$ )	0,379	71,7

*Примечание:* здесь и далее в таблицах  $\chi^2$  отражает значимость улучшения модели по сравнению с предыдущей.

Помимо базового вклада ЭЭГ-признаков лимбического происхождения, значимое улучшение модели наблюдается при добавлении признаков неоптимального функцио-



нирования лобно-височных отделов левого полушария, лобно-базальных и фронто-таламических отделов (в порядке убывания значимости). Добавление в модель дизэнцефальных знаков незначимо улучшает качество модели. Таким образом, иерархическая модель подтверждает результаты пошагового анализа, итоговая модель представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Итоговая модель для ЭЭГ показателей неоптимального функционирования РС**

ЭЭГ-паттерны	b	se	Значимость
Фронтоталамические	1,236	0,480	0,010
Лимбические	1,637	0,347	<0,001
Лобно-базальные	1,129	0,385	0,003
Передне-височные отделы левого полушария	2,315	0,846	0,006
Константа	-7,937	1,449	<0,001

**Анализ результатов нейropsychологического обследования**

При анализе влияния дефицита различных компонентов УФ, оцениваемых с помощью нейropsychологического обследования, использовался тот же алгоритм, что и в случае анализа результатов ЭЭГ-обследования.

В качестве наиболее существенных предикторов склонности к отклоняющемуся поведению были выделены трудности формирования стратегии деятельности, персеверации, инертность. Оценка модели оказалась достаточно хорошей:  $\chi^2(3) = 43,435$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,310. Для дополнительной оценки роли отдельных нейropsychологических показателей (НПП) был проведен иерархический регрессионный анализ, результаты которого представлены в табл. 3. В него последовательно включались отдельные показатели нейropsychологического анализа, а их порядок был определен на основании результатов предшествующего анализа и содержательных соображений об их взаимосвязи со склонностью к отклонениям в поведении. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты иерархического анализа для НПП состояния УФ**

Сочетание различных НПП	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Трудности удержания усвоенной программы	24,680 (p<0,001)	0,186	68,7
+Трудности формирования стратегии деятельности	7,723 (p=0,005)	0,239	68,7
+Инертность	7,475 (p=0,006)	0,288	71,7
+Персеверации	5,364 (p=0,021)	0,321	73,5
+Трудности усвоения инструкций	3,344 (p=0,067)	0,342	75,9
+Импульсивность	1,391 (p=0,238)	0,360	74,1
+Трудности контроля текущей деятельности	0,529 (p=0,467)	0,353	75,9

Из табл. 3 видно, что значимый вклад в модель получен для показателей удержания программы, формирования стратегии, инертности и персевераций. Соответственно, ито-



говая модель, на которой мы остановились, включала в себя первые четыре предиктора. Оценки этой модели представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Итоговая модель логистического анализа для НПП состояния УФ**

НПП дефицита УФ	b	se	Значимость
Трудности длительного поддержания усвоенной программы	1,622	0,780	0,038
Трудности формирования стратегии деятельности	1,096	0,542	0,043
Инертность	2,193	0,775	0,005
Персеверации	1,472	0,802	0,066
Константа	-3,003	0,511	0,000

*Примечание:* оценки итоговой модели:  $\chi^2(3) = 45,242$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,321.

**Анализ результатов компьютерных методик**

При анализе результатов оценки состояния управляющих функций с помощью компьютерных методик (КМ) в силу большого количества показателей был проведен отбор наиболее информативных параметров с точки зрения оценки вероятности возникновения признаков отклоняющегося поведения. На этом этапе в каждом из тестов был выделен один показатель, для которого была обнаружена взаимосвязь с вероятностью принадлежности испытуемого к группе D: в корректурной пробе — разница в среднем времени выполнения двух простых и третьего, сложного субтестов; в тесте «Таблицы Шульте» — время выполнения пятой таблицы; в тесте Струпа — время выполнения первой, бесконфликтной, пробы и в прогрессивных матрицах Равена — число правильных ответов.

Пошаговый логистический регрессионный анализ показал, что в модели стоит оставить только два последних показателя (в таком случае  $R^2$  Нэйджелкерка = 0.210). Схожие выводы можно сделать на основании иерархического анализа (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты иерархического анализ  
(результаты оценки состояния управляющих функций с помощью КМ)**

Сочетание показателей выполнения КМ	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Время выполнения первого субтеста Струпа	20,741 (p<0,001)	0,158	65,7
+Число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена	7,470 (p=0,006)	0,210	68,1
+Разница времени выполнения простых и третьего субтестов в корректурной пробе	2,475 (p=0,116)	0,227	70,5
+Время выполнения пятой таблицы Шульте	0,011 (p=0,918)	0,227	70,5

В итоговую модель были включены два показателя — время выполнения первого субтеста Струпа и число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена. Коэффициенты этой модели представлены в табл. 6.



Таблица 6

**Итоговая модель логистического анализа для результатов КМ**

Показатели выполнения КМ	b	se	Значимость
Время выполнения первого субтеста Струпа	-0,061	0,023	0,008
Число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена	0,023	0,008	0,002
Константа	-0,330	1,438	0,818

Приложение: оценки итоговой модели:  $\chi^2(2) = 28,211$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,210.

**Обобщенная модель**

Для получения обобщенной модели оценки влияния комбинации исследуемых показателей на вероятность развития девиантного поведения в качестве предикторов использовались модельные значения вероятности принадлежности испытуемых к группе D, рассчитанные на основании уравнений логистической регрессии на предыдущем этапе: прогнозируемая вероятность, рассчитанная на основании результатов ЭЭГ, результатов нейропсихологического обследования (НП) и показателей состояния когнитивных функций (полученных на основании компьютерных методик). Результаты оценки модели приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Результаты итогового иерархического анализа**

Сочетание прогнозируемых вероятностей, рассчитанных для трех типов показателей	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
ЭЭГ	50,197 (p<0,001)	0,351	73,5
ЭЭГ + НП	32,085 (p<0,001)	0,526	83,1
ЭЭГ + НП + КМ	10,515 (p=0,021)	0,577	84,3

Добавление показателей состояния управляющих функций по результатам компьютерных методик к объединенному комплексу параметров, выделенных при анализе ЭЭГ и нейропсихологического обследования, значимо, но довольно слабо увеличивают  $R^2$  и точность прогноза. И следовательно, в итоговую модель можно включить параметры всех трех методов оценки регуляторных функций мозга. Коэффициенты итоговой модели представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Коэффициенты итоговой модели**

Предиктор	B	SE	Значимость
Предсказанная вероятность по результатам анализа ЭЭГ	5,515	1,038	<0,001
Предсказанная вероятность по результатам нейропсихологического обследования	3,375	1,013	0,001
Предсказанная вероятность по результатам КМ	3,849	1,221	0,002
Константа	-5,758	0,857	<0,001

Примечание: оценки итоговой модели:  $\chi^2(2) = 92,798$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,577; точность прогноза — 84,3%.

На рис. 1 представлены результаты анализа точности оценки принадлежности к группе D, полученные на основании оценки показателей ЭЭГ, показателей, выделенных в ходе





нейропсихологического обследования и диагностики состояния управляющих функций участников исследования с помощью компьютерных методик, и обобщенного показателя, полученного на последнем этапе анализа (рис. 1).

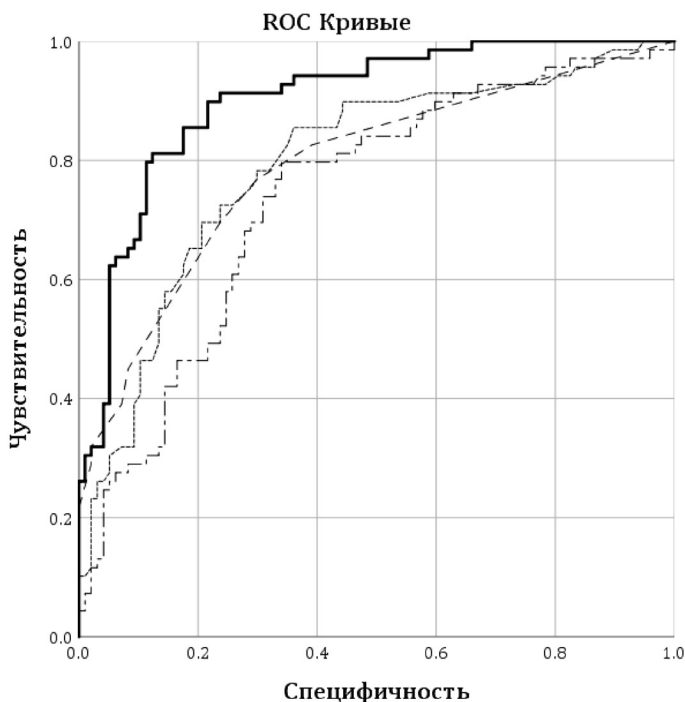


Рис. 1. ROC-кривые определения принадлежности подростков к группе D, полученные на основе использования трех типов данных и обобщенного показателя: штрих-пунктирная линия — прогноз на оценки управляющих функций с помощью компьютерных методик, крупный пунктир — прогноз на основе нейропсихологического обследования, мелкий пунктир — прогноз на основе ЭЭГ, сплошная линия — прогноз на основе оценки всех методов

Показатель AUC (площадь под кривой) составил состояния управляющих функций на основе: КМ — 0,739, для НП — 0,794, для ЭЭГ — 0,791, а для интегрального обобщенного показателя — 0,902. Такой результат свидетельствует о том, что сочетанное использование нескольких методов оценки регуляторных функций позволяет сделать более надежный прогноз — специфичность и чувствительность классификации в этом случае возрастают.

### Обсуждение

Результаты показывают, что данные об особенностях мозговой активности и состоянии когнитивных функций у подростков могут использоваться для оценки вероятности возникновения отклоняющегося поведения, однако данные, полученные с помощью разных методов, обладают разной прогностической силой.

Среди признаков неоптимального функционирования РС мозга наиболее значимым предиктором отклоняющегося поведения являются ЭЭГ паттерны лимбического происхождения: такой результат согласуется с данными нашего предыдущего исследования [9]. В совокупности результаты этих двух исследований свидетельствуют в пользу связи отклоняюще-



гося поведения в подростковом возрасте с неоптимальным состоянием мозговых систем эмоционально-мотивационной регуляции. В литературе можно найти противоречивые данные об особенностях функционирования и развития лимбических систем у подростков. Так, в обзоре [14] приводятся аргументы как «за», так и «против» повышения активации амигдалы при восприятии социально значимой эмоционально окрашенной информации у подростков. В другом обзоре [18] приводятся данные о сниженной по сравнению с предыдущим периодом развития активности амигдалы при восприятии лицевых паттернов, а также сниженной активности тесно функционально связанных с лимбическими структурами медиальных зон префронтальной коры при принятии социально значимых решений. Полученные нами результаты свидетельствуют о негативном влиянии неоптимального функционирования этих отделов мозга на регуляцию поведения и согласуются с результатами фМРТ-исследований подростков [22], демонстрирующих снижение реактивности лимбических структур у испытуемых с проявлениями асоциального и агрессивного поведения при восприятии изображения страха или боли других людей. Также заметную негативную роль могут играть изменения мозговой активности, связанные с неоптимальным состоянием лобно-височных отделов левого полушария, лобно-базальных и фронто-таламических отделов мозга [8]. Результаты настоящего исследования указывают на важную роль неоптимального функционирования глубинных компонентов РС мозга как фактора, увеличивающего вероятность проявлений отклоняющегося поведения. Можно предположить, что сочетание этого фактора с относительной возрастной или индивидуальной незрелостью префронтальных механизмов когнитивного контроля в значительной степени определяет импульсивность подростков и их склонность к рискованным поступкам, которые в результате могут привести к развитию девиантного поведения.

В таком случае нейропсихологическая оценка УФ у подростков также может оказаться информативной с точки зрения прогнозирования возникновения отклоняющегося поведения, о чем свидетельствуют результаты настоящего исследования. Данные других исследований также указывают на возможную роль эффективности УФ в возникновении отклоняющегося поведения [25]. Среди использованных нами переменных, характеризующих дефицит различных компонентов УФ, сложнее, чем при анализе параметров ЭЭГ, выделить доминирующий с точки зрения прогноза показатель (см. табл. 4). Такого рода результат может объясняться недостаточной дифференцированностью нейропсихологических показателей состояния УФ. Значимость данного исследования состоит в подборе оптимального (в рамках имеющихся данных) набора предикторов отклоняющегося поведения, среди которых можно выделить: трудности формирования стратегии деятельности, трудности длительного поддержания усвоенной программы, выраженность инертности и персеверации. В целом, эти признаки могут говорить о дефиците планирования деятельности, с одной стороны, и стереотипности усвоенных программ — с другой.

Относительно слабая прогностическая сила результатов компьютерного тестирования может быть связана с тем, что эти методики предполагают решение многокомпонентных, с точки зрения когнитивных функций, задач; для их решения оказываются важны не только УФ, но и процессы обработки зрительной информации и общий уровень функционального состояния (уровень бодрствования) участника исследования. В этом отношении данные ЭЭГ оказываются более информативными, они специфически связаны с индивидуальными особенностями функционального состояния отдельных корковых и глубинных структур мозга и таким образом могут служить более надежными критериями прогноза возникновения отклоняющегося поведения.



Тем не менее, в итоговую общую модель, для полноты картины, мы включили интегральные показатели трех видов оценки состояния регуляторных функций у подростков. Учет разных факторов, и физиологических, и когнитивных, заметно повышает качество прогноза. В рамках данной работы мы сосредоточились в основном на регуляторных функциях, ответственных, так или иначе, за организацию целенаправленного поведения. Добавление методов оценки других индивидуальных особенностей — личностных, эмоциональных, мыслительных — может сделать прогноз еще более полным и точным.

Отбор участников основной экспериментальной группы (D) осуществлялся на основании заключений школьных психологов, составленных в соответствии с запросами педагогов и/или родителей. В результате группа D могла оказаться разнородной. Такая разнородность выборки может, с одной стороны, затруднить дифференцирование причин возникновения тех или иных проявлений отклонений в поведении, но с другой стороны, позволяет включить в анализ различные варианты отклоняющегося поведения и выделить общие для всех факторы и взаимосвязи между ними.

### Заключение

В результате проведенного исследования был выделен ряд нейрофизиологических и нейропсихологических показателей индивидуальных особенностей РС мозга подростков, обнаруживших взаимосвязь с вероятностью развития девиантного поведения. Данные показатели обладают, таким образом, высокой прогностической точностью и могут быть использованы при оценке риска развития отклоняющегося поведения в подростковом возрасте. Перспективами дальнейших исследований являются поиск и анализ мотивационных и эмоциональных компонентов поведения в качестве критериев составления прогноза развития отклоняющегося поведения и дополнение уже разработанной диагностической модели. Результаты исследования указывают на важность комплексной оценки факторов, которые могут привести к отклоняющемуся поведению у подростков, в том числе на важность оценки индивидуальных особенностей функционального состояния РС мозга.

### Литература

1. Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. и др. Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. М.: В. Секачев, 2016. 278 с.
2. Ахутина Т.В., Кремлёв А.Е., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Гусев А.Н. Разработка компьютерных методик нейропсихологического обследования. // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г. / Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: ООО «Буки Веди»; ИППиП, 2017. С. 486–490.
3. Безруких М.М., Фарбер Д.А. Актуальные проблемы физиологии развития ребенка // Новые исследования. 2014. Том 40. № 3. С. 4–19.
4. Горбов Ф.Д. Детерминация психических состояний // Вопросы психологии. 1971. Том 5. С. 20–29.
5. Гут Ю.Н., Кабардов М.К. Природные и социальные факторы девиантного поведения у подростков // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 4. С. 80–90. DOI: 10.17759/pse.2018230408
6. Когнитивная психология: учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина Д.В. Ушакова. М.: ПЕР СЭ. 2002. 480 с.
7. Дубровинская Н.В. Психофизиологическая характеристика подросткового возраста // Физиология человека. 2015. Том 41. № 2. С. 113–122. DOI: 10.7868/S013116461502006X
8. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга // Журнал Высшей Нервной Деятельности имени И.П. Павлова. 2015. Том 65. № 1. С. 33–60.



9. *Мачинская Р.И., Захарова М.Н., Ломакин Д.И.* Регуляторные системы мозга у подростков с признаками девиантного поведения. Междисциплинарный анализ // Физиология человека. 2020. Том 46. № 3. С. 37–55.
10. *Реан А.А.* Факторы риска девиантного поведения: семейный контекст // Национальный психологический журнал. 2015. Том 20. № 4. С. 105–110. DOI: 10.11621/npj.2015.0410
11. *Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И.* Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности у детей. Сообщение I. Нейропсихологический и электроэнцефалографический анализ возрастных преобразований регуляторных функций мозга в период от 9 до 12 лет // Физиология человека. 2015. Том 41. № 4. С. 5–17. DOI: 10.7868/S0131164615040128
12. *Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М.* Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. М.: Изд-во Института Психотерапии, 2002. 362 с.
13. *Шарашова Е.Е., Холматова К.К., Горбатова М.А., Гржибовский А.М.* Применение множественного логистического регрессионного анализа в здравоохранении с использованием пакета статистических программ SPSS // Наука и здравоохранение. 2017. № 3. С. 5–31.
14. *Blakemore S.J., Choudhury S.* Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition // Journal of Child Psychology and Psychiatry. 2006. Vol 47. № 3–4. P. 296–312. DOI: 10.1111/j.1469-7610.2006.01611.x
15. *Casey B.J., Jones R.M.* Neurobiology of the adolescent brain and behavior: implications for substance use disorders // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2010. Vol 49. № 12. P. 1189–1201. DOI: 10.1016/j.jaac.2010.08.017
16. *Casey B.J., Tottenham N., Liston C., Durston S.* Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? // Trends in cognitive sciences. 2005. Vol 9. № 3. P. 104–110.
17. *Cauffman E., Steinberg L., Piquero A.R.* psychological, neuropsychological and physiological correlates of serious antisocial behavior in adolescence: the role of self-control // Criminology. 2005. № 1 (43). С. 133–176. DOI: 10.1111/j.0011-1348.2005.00005.x
18. *Crone E.A., Dahl R.E.* Understanding adolescence as a period of social–affective engagement and goal flexibility // Nature Reviews Neuroscience. 2012. Vol 13. № 9. P. 636–650. DOI: 10.1038/nrn3313
19. *Cruz A.R., de Castro-Rodrigues A., Barbosa F.* Executive dysfunction, violence and aggression // Aggression and Violent Behavior. 2020. Vol 51. P. 101380. DOI: 10.1016/j.avb.2020.101380
20. *Dishion T.J., Tipsord J.M.* Peer contagion in child and adolescent social and emotional development // Annual Review of Psychology. 2011. Vol 62. P. 189–214. DOI: 10.1146/annurev.psych.093008.100412
21. *Escario J.J., Wilkinson A.V.* Exploring predictors of online gambling in a nationally representative sample of Spanish adolescents // Computers in Human Behavior. 2020. Vol 102. P. 287–292.
22. *Fairchild G., Hagan C. C., Passamonti L., Walsh N.D., Goodyer I.M., Calder A.J.* Atypical neural responses during face processing in female adolescents with conduct disorder // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2014. Vol 53. № 6. P. 677–687.
23. *Himmant J.B., Forman-Alberti A.B.* Deviant peer behavior and adolescent delinquency: Protective effects of inhibitory control, planning, or decision making? // Journal of Research on Adolescence. 2019. Vol 29. № 3. P. 682–695.
24. *MacPherson L., Reynolds E.K., Daughters S.B., Wang F., Cassidy J., Mayes L. C., Ljuejue C.W.* Positive and negative reinforcement underlying risk behavior in early adolescents // Prevention Science. 2010. Vol 11. № 3. P. 331–342.
25. *Morgan A.B., Lilienfeld S.O.* A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function // Clinical Psychology Review. 2000. Vol 20. № 1. P. 113–136.
26. *Osborne J.W.* Best practices in logistic regression. Los Angeles: Sage Publications, 2014. 488 p.
27. *Reyes A.C., Amador A.A.* Qualitative and quantitative EEG abnormalities in violent offenders with antisocial personality disorder // Journal of Forensic and Legal Medicine. 2009. Vol 16. № 2. P. 59–63.
28. *Scarpina, F., Tagini, S.* The stroop color and word test // Frontiers in Psychology. Vol. 8. P. 557. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00557
29. *Somerville L.H., Casey B.J.* Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems // Current Opinion in Neurobiology. 2010. Vol 20. № 2. P. 236–241. DOI: 10.1016/j.conb.2010.01.006



30. *Steinberg L.* A dual systems model of adolescent risk-taking // *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*. 2010. Том 52. № 3. pp. 216–224.
31. *Tian Y., Yu C., Lin S., Lu J., Liu Y., Zhang W.* Parental psychological control and adolescent aggressive behavior: deviant peer affiliation as a mediator and school connectedness as a moderator // *Frontiers in psychology*. 2019. Vol 10. P. 358.
32. *Vasin G., Lobaskova M., Gindina E.* The Youth Self Report: validity of the Russian version // *SHS Web Conf*. 2016. Vol 29. Art. 02041. DOI: 10.1051/shsconf/20162902041

## References

1. *Akhutina Vol.V., Korneev A.A., Matveeva E.Yu. et al.* Metody neiropsikhologicheskogo obsledovaniya detei 6–9 let [Methods of neuropsychological assessment of children 6–9 years old]. Moskva: V. Sekachev, 2016. (in Russ.).
2. *Akhutina Vol., Kremlev A., Korneev A., Matveeva E., Gusev A. (2017).* *Razrabotka komp'yuternykh metodik neiropsikhologicheskogo obsledovaniya* [The Computerized Battery of Neuropsychological Tests]. In Pechenkova E., Falikman M. (Eds.) *Cognitive science in Moscow: new researches*. Moscow, 2017. (in Russ.).
3. *Bezrukikh M. M., Farber D. A.* Aktual'nye problemy fiziologii razvitiya rebenka [Actual problems of the physiology of child development]. // *Novye issledovaniya*. 2014. Vol. 40. no3. pp. 4–19. (in Russ.).
4. *Gorbov F.D.* Determinatsiya psikhicheskikh sostoyanii [Determination of psychological states] // *Voprosy Psihologii*. 1971. Vol. 5. pp. 20–29. (in Russ.).
5. *Gut Yu.N., Kabardov M.K.* Prirodnye i sotsial'nye faktory deviantnogo povedeniya u podrostkov [Neuropsychological and Social Factors of Deviant Behaviour in Adolescents] // *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie*. 2018. Vol. 23. no 4. pp. 80–90. doi: 10.17759/pse.2018230408 (in Russ.).
6. *Kognitivnaya psikhologiya. Uchebnik dlya vuzov* [Cognitive psychology]/ M.:Per Se. 2002. 480 p. (in Russ.).
7. *Dubrovinskaya N.V.* Psikhofiziologicheskaya kharakteristika podrostkovogo vozrasta [Psychophysiological Features of Adolescents] // *Fiziologiya cheloveka*. 2015. Vol. 41. no. 2. pp. 113–122). doi: 10.7868/S013116461502006X (in Russ.).
8. *Machinskaya R.I.* Upravlyayushchie sistemy mozga [The brain executive systems] // *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni IP Pavlova*. 2015. Vol. 65. no 1. pp. 33–60. (in Russ.).
9. *Machinskaya R.I., Zakharova M.N., Lomakin D.I.* Regulyatornye sistemy mozga u podrostkov s priznakami deviantnogo povedeniya. Mezhdistsiplinarnyi analiz [Brain regulatory functions in adolescents showing signs of deviant behavior. An interdisciplinary analysis]// *Fiziologiya cheloveka*. 2020. Vol. 46. no 3. pp. 37–55. (in Russ.).
10. *Rean A.A.* Faktory riska deviantnogo povedeniya: semeinyi kontekst [Risk factors of deviant behaviour in the family context] // *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal*. 2015. no4 (20). pp. 105–110. doi: 10.11621/npj.2015.0410 (in Russ.).
11. *Semenova O.A., Machinskaya R.I., Lomakin D.I.* Vliyanie funktsional'nogo sostoyaniya regulyatornykh sistem mozga na effektivnost' programmirovaniya, izbiratel'noi regulyatsii i kontrolya kognitivnoi deyatel'nosti u detei. Soobshchenie I. Neiropsikhologicheskii i elektroentsefalograficheskii analiz vozrastnykh preobrazovaniy regulyatornykh funktsii mozga v period ot 9 do 12 let [The influence of the functional state of brain regulatory systems on the programming, selective regulation and control of cognitive activity in children: I. Neuropsychological and EEG analysis of age-related changes in brain regulatory functions in children aged 9–12 years] // *Fiziologiya cheloveka*. 2015. Vol. 41. no. 4. pp. 5–17. doi: 10.7868/S0131164615040128 (in Russ.).
12. *Fetiskin N.P., Kozlov V.V., Manuilov G.M.* Sotsial'no-psikhologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i mal'nykh grupp [Socio-psychological diagnosis of personality development and small groups]. M.: Izd-vo Instituta Psikhoterapii, 2002. 362 s. (in Russ.).
13. *Sharashova E.E., Kholmatova K.K., Gorbatova M.A., Grzhibovskii A.M.* Primenenie mnozhestvennogo logicheskogo regressionnogo analiza v zdavookhraneni s ispol'zovaniem paketa statisticheskikh programm SPSS [Multivariable logistic regression using spss software in health research]// *Nauka i zdavookhranenie*. 2017. no. 3. pp. 5–31. (in Russ.).
14. *Blakemore S.J., Choudhury S.* Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition // *Journal of child psychology and psychiatry*. 2006. Vol 47. no. 3–4. pp. 296–312. DOI: 10.1111/j.1469-7610.2006.01611.x





15. Casey B.J., Jones R.M. Neurobiology of the adolescent brain and behavior: implications for substance use disorders // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2010. Vol 49. no. 12. pp. 1189–1201. DOI: 10.1016/j.jaac.2010.08.017
16. Casey B.J., Tottenham N., Liston C., Durston S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? // Trends in cognitive sciences. 2005. Vol 9. no. 3. pp. 104–110.
17. Cauffman E., Steinberg L., Piquero A.R. psychological, neuropsychological and physiological correlates of serious antisocial behavior in adolescence: the role of self-control // Criminology. 2005. no. 1 (43). C. 133–176. DOI: 10.1111/j.0011-1348.2005.00005.x
18. Crone E.A., Dahl R.E. Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility // Nature Reviews Neuroscience. 2012. Vol 13. no. 9. pp. 636–650. DOI: 10.1038/nrn3313
19. Cruz A.R., de Castro-Rodrigues A., Barbosa F. Executive dysfunction, violence and aggression // Aggression and Violent Behavior. 2020. Vol 51. pp. 101380. DOI: 10.1016/j.avb.2020.101380
20. Dishion Vol.J., Tipsord J.M. Peer contagion in child and adolescent social and emotional development // Annual review of psychology. 2011. Vol 62. pp. 189–214. DOI: 10.1146/annurev.psych.093008.100412
21. Escario J.J., Wilkinson A.V. Exploring predictors of online gambling in a nationally representative sample of Spanish adolescents // Computers in Human Behavior. 2020. Vol 102. pp. 287–292.
22. Fairchild G., Hagan C. C., Passamonti L., Walsh N.D., Goodyer I.M., Calder A.J. Atypical neural responses during face processing in female adolescents with conduct disorder // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2014. Vol 53. no. 6. pp. 677–687. e5.
23. Hinnant J.B., Forman-Alberti A.B. Deviant peer behavior and adolescent delinquency: Protective effects of inhibitory control, planning, or decision making? // Journal of research on adolescence. 2019. Vol 29. no. 3. pp. 682–695.
24. MacPherson L., Reynolds E.K., Daughters S.B., Wang F., Cassidy J., Mayes L. C., Lejuez C.W. Positive and negative reinforcement underlying risk behavior in early adolescents // Prevention Science. 2010. Vol. 11. no. 3. pp. 331–342.
25. Morgan A.B., Lilienfeld S.O. A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function // Clinical Psychology Review. 2000. Vol 20. no. 1. pp. 113–136.
26. Osborne J.W. Best practices in logistic regression. Los Angeles: Sage Publications, 2014. 488 p.
27. Reyes A.C., Amador A.A. Qualitative and quantitative EEG abnormalities in violent offenders with antisocial personality disorder // Journal of Forensic and Legal Medicine. 2009. Vol 16. no. 2. pp. 59–63.
28. Scarpina, F., Tagini, S. The stroop color and word test // Frontiers in psychology. Vol. 8. pp. 557. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00557
29. Somerville L.H., Casey B.J. Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems // Current opinion in neurobiology. 2010. Vol 20. no. 2. pp. 236–241. DOI: 10.1016/j.conb.2010.01.006
30. Steinberg L. A dual systems model of adolescent risk-taking // Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology. 2010. Vol. 52. no 3. pp. 216–224.
31. Tian Y., Yu C., Lin S., Lu J., Liu Y., Zhang W. Parental psychological control and adolescent aggressive behavior: deviant peer affiliation as a mediator and school connectedness as a moderator // Frontiers in psychology. 2019. Vol 10. pp. 358.
32. Vasin G., Lobaskova M., Gindina E. The Youth Self Report: validity of the Russian version // SHS Web Conf. 2016. Vol 29. Art. 02041.

### **Информация об авторах**

Корнеев Алексей Андреевич, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»); старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)





*Захарова Марина Николаевна*, старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: vorona-m@mail.ru

*Курганский Андрей Васильевич*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: akurg@yandex.ru

*Ломакин Дмитрий Игоревич*, научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: lomakindima4@gmail.com

*Мачинская Регина Ильинична*, доктор биологических наук, заведующая лабораторией нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: reginamachinskaya@gmail.com

### **Information about the authors**

*Aleksei A. Korneev*, Ph.D. in Psychology, Senior Researcher, Psychology Department, Lomonosov Moscow State University; Senior Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: korneeff@gmail.com.

*Marina N. Zakharova*, Senior Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: voronova-m@mail.ru

*Andrei V. Kurgansky*, PhD in Biology, Leading Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: akurg@yandex.ru

*Dmitrii I. Lomakin*, Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: lomakindima4@gmail.com

*Regina I. Machinskaya*, PhD in Biology, Head of Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: reginamachinskaya@gmail.com

Получена 16.12.2019

Received 16.12.2019

Принята в печать 01.03.2021

Accepted 01.03.2021



# ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА И НАРУШЕНИЯ МЫШЛЕНИЯ У ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОГРАНИЧНЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ РЕЗИДУАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКОГО ГЕНЕЗА

**БЕРЕЗКИН Д.В.**

*Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение здравоохранения  
Центр восстановительного лечения «Детская психиатрия» имени С.С. Мнухина  
(СПб ГКУЗ ЦВЛ «Детская психиатрия» им. С.С. Мнухина),*

*г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7122-8115>, e-mail: [berezkin.dm@yandex.ru](mailto:berezkin.dm@yandex.ru).*

**ГОРБУНОВ И.А.**

*Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБУ ВО СПбГУ),*

*г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-750X>, e-mail: [i.a.gorbunov@spbu.ru](mailto:i.a.gorbunov@spbu.ru).*

В статье приводятся результаты исследования особенностей мышления и биоэлектрической активности коры головного мозга у детей с пограничными расстройствами резидуально-органического генеза. В исследовании приняли участие 80 детей со следующими диагнозами: органическое эмоционально лабильное [астеническое] расстройство [F 06.06]; энурез неорганический [F 98.0], энкопрез [F 98.1], стереотипные двигательные расстройства [F 98.4], другие уточненные эмоциональные расстройства и расстройства поведения с началом, обычно приходящимся на детский возраст [F 98.8]. У детей исследовались особенности биоэлектрической активности коры головного мозга, оценивались способности к пространственному анализу и синтезу, арифметическому счету, усвоению логико-грамматических конструкций, наличие вязкости, детализированности и разноплановости мышления. Исследовались различия биоэлектрической активности и особенностей мышления у детей в зависимости от особенностей пограничного расстройства. Показано, что на фоне астенизации наблюдаются более выраженные нарушения когнитивных функций. Дети с астеническими расстройствами [F 06.06] обладают наибольшим разбросом данных, чем пациенты с энурезом [F 98.0], энкопрезом [F 98.1], стереотипными двигательными расстройствами [F 98.4], нарушениями поведения [F 98.8]. При этом в среднем у них наблюдаются наиболее существенные нарушения мышления, что происходит на фоне повышения спектральной мощности низкочастотной активности дельта- и тета-ритмов в целом, а также дельта-ритма в лобных отделах головного мозга. Повышение низкочастотной активности в лобных долях обоих полушарий приводит к более выраженным нарушениям мышления, чем аналогичные изменения в височной, теменной, затылочной областях правого полушария и речевых зонах левого полушария. В первом случае они проявляются в нарушениях пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности и разноплановости мышления, а также в сложностях в знаково-символической деятельности, усвоении логико-грамматических конструкций и в арифметическом счете. Во втором — только в нарушениях пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности и разноплановости мышления.

**Ключевые слова:** пограничные психические расстройства у детей, нарушения мышления, функциональные показатели коры головного мозга, биоэлектрическая активность коры головного мозга, электроэнцефалография.



**Для цитаты:** Берёзкин Д.В., Горбунов И.А. Особенности биоэлектрической активности коры головного мозга и нарушения мышления у детей с различными пограничными расстройствами резидуально-органического генеза // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 151–171. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140107>

## FEATURES OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE CEREBRAL CORTEX AND THINKING DISORDERS IN CHILDREN WITH VARIOUS BORDERLINE DISORDERS OF RESIDUAL ORGANIC GENESIS

**DMITRII V. BEREZKIN**

*St. Petersburg S.S. Mnukhin Rehabilitation Center “Children’s psychiatry”, St. Petersburg, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7122-8115>, e-mail: [berezkin.dm@yandex.ru](mailto:berezkin.dm@yandex.ru)*

**JEANA. GORBUNOV**

*Clinical Psychology and Psychophysiology department, St Petersburg State University, St. Petersburg, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-750X>, e-mail: [i.a.gorbunov@spbu.ru](mailto:i.a.gorbunov@spbu.ru)*

The article presents the results of a study of the features of cognitive function and bioelectric activity cerebral cortex in children with borderline mental disorders of residually organic genesis. 80 children participated with the following diagnoses: organic emotionally labile [asthenic] disorder [F 06.06]; inorganic enuresis [F 98.0], encopresis [F 98.1], stereotypical motor disorders [F 98.4], other specified emotional and behavioral disorders with onset usually occurring in childhood [F 98.8]. The features of bioelectric activity of the cerebral cortex, the ability to spatial analysis and synthesis, arithmetic counting, assimilation of logical and grammatical structures, the presence of viscosity, detail and diversity intellectual activity were studied in children. Data of electroencephalographic examinations were compared with the results of psychodiagnostic methods using the methods of mathematical statistics. Differences of bioelectric activity and features of thinking in children were investigated depending on features of boundary disorder. It is shown that on the background of asthenization more pronounced cognitive impairment is observed. Children with asthenic disorders [06.06] have the largest scatter of data than patients with enuresis [F98.0], encopresis [F 98.1], stereotypical movement disorders [F 98.4], disorders of behavior [F 98.8]. At the same time, on average, they have the most significant violations of thinking, what happens against the background of increasing spectral power of low-frequency activity of delta and theta rhythms in general, as well as of delta rhythm in the frontal part of the brain. Increase of low-frequency activity in the frontal lobes of both hemispheres leads to more pronounced disorders of thinking, than similar changes in the temporal, parietal, occipital regions of the right hemisphere and speech zones of the left hemisphere. In the first case, they are manifested in violations of spatial analysis and synthesis, viscosity, detail and diversity of thinking, as well as in difficulties in the semantic and symbolic activity, in the assimilation of logical and grammatical structures and arithmetic. In the second case – only in violations of spatial analysis and synthesis, viscosity, detail and diversity of thinking.

**Keywords:** borderline mental disorders in children, disorders of thinking, functional parameters of the cerebral cortex, EEG, bioelectric activity of the cerebral cortex, electroencephalography.

**For citation:** Berezkin D.V., Gorbunov J.A. Features of Bioelectric Activity of the Cerebral Cortex and Thinking Disorders in Children with Various Borderline Disorders of Residual Organic Genesis. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 151–171. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140107> (In Russ.).



## Введение

Органические непсихотические расстройства являются достаточно распространенной группой заболеваний в детском возрасте. Они встречаются приблизительно у одной пятой от общего количества детей, обратившихся за психиатрической помощью [15]. Из пациентов, получающих лечение в санаториях, основным направлением которых являются болезни нервной системы, дети с органическими непсихотическими расстройствами составляют 40% (по данным медицинской статистики Детского психоневрологического санатория «Комарово», Санкт-Петербург) [6]. На текущий момент по сравнению с предыдущими историческими периодами отмечается увеличение частоты встречаемости этих расстройств [21].

Данная группа заболеваний является вариантом развития психоорганического синдрома. Когнитивные нарушения в этом случае являются последствиями экзогенно-органического поражения головного мозга, которые представляют собой самые разнообразные нарушения познавательных процессов: внимания, памяти, оптико-пространственных представлений, речи, подвижности мышления в виде детализированности и вязкости [12].

Электроэнцефалографические исследования являются значимыми при диагностике детей, имеющих пограничные психические расстройства на фоне резидуально-органических нарушений [26]. Для детей, имеющих различные сложности на фоне резидуально-органического поражения головного мозга, характерны как несформированность регуляторных структур, так и сложности в приеме и переработке информации. У них наблюдается задержка темпа созревания коры головного мозга, а также незрелость регуляторной фронтоталамической системы [14], в том числе и поражение таламуса [22]. Таким детям свойственна истощаемость функциональных резервов ЦНС, а также повышенная стереотипность в решении когнитивных задач относительно их здоровых сверстников [8; 9]. Дети с резидуально-органическими нарушениями ЦНС испытывают сложности в формировании тормозных реакций [28], им трудно управлять своими движениями [25]. Это проявляется в сложностях, возникающих при перестроении реакций выбора, увеличении количества ошибок, а также снижении точности в реакциях на движущийся объект [4]. Они связываются с повышением инертности нервных процессов [10, 11].

Они испытывают сложности с приемом и переработкой информации. У детей с резидуально-органическими нарушениями фиксируется снижение мощности альфа-ритма и повышение мощности низкочастотной активности [18; 19], что указывает на недостаточное развитие зрительного восприятия. Для структур правого полушария характерна недостаточная сформированность, в связи с этим возникает неэффективность протекания информационных процессов [17]. У детей с пограничными расстройствами обнаруживается снижение бета-ритма, при повышении мощности бета-2-ритма [20]. Таким образом, у них возможно спрямление экспоненциальной кривой падения мощностей основных фоновых ритмов, что может свидетельствовать о повышении интенсивности переработки поступающей информации [5].

Нейрофизиологические и психофизиологические особенности у детей с пограничными психическими расстройствами резидуально-органического генеза негативно влияют на формирование высших психических функций (ВПФ). Эти особенности проявляются в недостаточном развитии предметного и конструктивного праксиса и тонкой моторики в целом, зрительно-моторной координации и пространственных представлений, сужении общего кругозора, сложностях в контроле и планировании осуществляемой деятельности [2;



24], а также в наличии общего когнитивного дефицита. У детей с последствиями резидуально-органических поражений ЦНС наблюдаются существенные различия поврежденных и сохранных звеньев ВПФ [16]. На основании этих различий были описаны следующие клинические нейропсихологические синдромы несформированности различных структур головного мозга у детей при нарушении развития различных ВПФ: синдром несформированности лобных отделов коры головного мозга, речевых зон левого полушария, правого полушария, мозолистого тела; поражения ствола головного мозга [16].

**Цель** настоящего исследования — описать функциональное состояние коры головного мозга при различных нарушениях мышления у детей с пограничными психическими расстройствами.

**Гипотеза:** изменения функционального состояния коры головного мозга, отражающиеся в соотношении мощностей высокочастотного и низкочастотного диапазонов и локализованные преимущественно в новейших областях коры ГМ (третичные зоны), оказывают существенное влияние на формирование когнитивных функций у детей с пограничными психическими расстройствами.

### Контингент и методы исследования

Нами обследовано 80 детей, лечившихся в психоневрологическом санатории «Комарово» в разное время в период с 2012 по 2016 г. Из них 70% — мальчики (56 человек) и 30% — девочки (24 человека); возраст мальчиков находился в пределах 8—12 лет, девочек — 8—11 лет. Причем 34% выборки (27 человек) составили дети 8 лет, 25% (20 человек) — дети 9 лет, 20% (16 человек) — 10 лет, 12% (10 пациентов) — 11 лет, 9% (7 пациентов) — 12 лет. Средний возраст составил 9,33 года. В дальнейшем для исключения влияния возраста на выявленные межгрупповые различия в дисперсионный анализ включалась ковариата — количество лет ребенка. Большинство детей (61%, 49 человек) проходили обучение по программам массовой школы, 36% (29 пациентов) обучались по программам школ 7-го вида для детей с задержками развития, 3% (2 ребенка) — в школах 5-го вида для детей с речевыми сложностями.

В выборке были представлены пациенты со следующими диагнозами по МКБ 10, верифицированными врачом-психиатром: органическое эмоционально лабильное [астеническое] расстройство [F 06.06] — 35% (28 человек); энурез неорганический [F 98.0] — 16% (13 детей); энкопрез [F 98.1] — 3% (2 ребенка); стереотипные двигательные расстройства [F 98.4] — 11% (9 детей); другие уточненные эмоциональные расстройства и расстройства поведения с началом, обычно приходящимся на детский возраст [F 98.8] и расстройствами поведения с началом, обычно приходящимся на детский и подростковый возраст, а также с неуточненными расстройствами [F 98.9], всего 35% (28 детей).

У всех детей отмечались последствия резидуально-органического поражения головного мозга. У подавляющего большинства детей (77 пациентов) психические и поведенческие нарушения проявлялись на фоне особенностей перинатального периода или родов, у двоих — последствия нейроинфекций, у одного — черепно-мозговой травмы, произошедшей в период раннего детства. У детей с последствиями нейроинфекций и черепно-мозговой травмы в период раннего детства значимых отличий биоэлектрической активности головного мозга выявлено не было, в связи с этим они были включены в общую выборку.

Экспериментальная группа была разделена на подгруппы сравнения по следующим принципам. Первый вариант деления детей был связан с особенностями проявлений невротоподобной симптоматики. В подгруппу I вошли дети с церебростеническими проявле-



ниями и эмоциональными нарушениями в виде лабильности, слабодушия, но без поведенческих нарушений, т. е. ее составили пациенты с эмоционально лабильными [астеническими] расстройствами [F 06.06] (28 детей). Средний возраст детей этой группы составил 9,2 года. В подгруппу II вошли дети (24 ребенка), в клинической картине которых отмечались энурез, энкопрез, стереотипные двигательные расстройства [F 98.0; F 98.1; F 98.4]. Эта подгруппа была названа — дети с недостаточной сформированностью церебрального контроля над выделительными функциями и произвольными действиями. Средний возраст детей составил 8,7 года. Дети данной подгруппы наряду с поведенческими нарушениями характеризуются эмоциональными нарушениями в виде повышенной возбудимости, конфликтности, негативизма. В подгруппу III (28 детей) вошли пациенты с нарушениями поведения (грызение ногтей, выдергивание волос и т. д.) и нарушениями эмоций (эксплозивность, вспыльчивость, негативизм) [F 98.8; F 98.9] Средний возраст детей этой подгруппы составил 9,4 года.

Второй вариант разделения детей на подгруппы был произведен на основании кластерного анализа. С помощью него было выделено три кластера обследуемых с различными нарушениями познавательных процессов. Сравнивалась мощность волн ЭЭГ по отдельным отведениям у обследуемых, вошедших в полученные кластеры.

**Регистрация ЭЭГ** осуществлялась с использованием 19-канального компьютерного энцефалографа фирмы «Мицар» (СПб., Россия), имеющего следующие технические характеристики: входное сопротивление более 200 МОм, входной диапазон  $\pm 5000$  мкВ, уровень внутренних шумов менее 0,25 мкВ, аналогово-цифровой преобразователь 16 бит, частота дискретизации 500 Гц, питание от порта USB, безопасность II класс BF, фотостимулятор светодиодный. Electrodes располагались по международной схеме 10–20%.

Регистрация ЭЭГ проводилась опытным врачом функциональной диагностики в утреннее время. Анализ ЭЭГ данных осуществлялся с того момента, когда регистрируемая биоэлектрическая активность мозга становилась рутинной, и до начала проведения клинических проб. Из отрезка фоновой ЭЭГ с закрытыми глазами выбирался фрагмент, не содержащий артефактов длительностью 12 секунд.

Для проведения спектрального анализа фоновой ЭЭГ применялась программа WinEEG. Расчет мощностей в диапазонах основных ритмов ЭЭГ проводился как усреднение эпох длительностью 4 секунды с перекрытием эпох 50% с временным окном Ханна, верхняя гармоника 64 Гц. В процессе анализа данных для устранения возможных остаточных артефактов происходило их автоматическое удаление с помощью вычитания полиномиального тренда 2-го порядка, а также удаления низкочастотного сигнала мощностью 400 мкВ<sup>2</sup> в диапазоне 0,01–0,7 с. Был применен заградительный фильтр 45–55 Гц.

Регистрация осуществлялась от лобных (Fp1, Fp2, F3, Fz, F4), центральных (C3, C4, Cz), теменных (P3, Pz, P4), передне- (T3, T4) и задне- (T5, T6) височных, затылочных (O1, O2) областей правого и левого полушарий при монополярном (с ипсилатеральными ушными индифферентными электродами) монтаже.

При анализе результатов ЭЭГ мы ориентировались на представления о том, что к 6–7 годам происходит переход от полиритмии к альфа-ритму. При этом наиболее выраженный качественный сдвиг происходит в созревании корковой ритмики (преобладание регулярного альфа-ритма в диапазоне 8–12 Гц) к 7–8 годам [16]. К 9–10 годам происходит дальнейшее развитие ритмогенных механизмов коры в виде установления ведущей частоты альфа-ритма [14; 19]. В связи с этим повышение мощности низкочастотных волн у детей от 8 до 12 лет мы однозначно оценивали как снижение функционального состояния головного мозга





независимо от возраста. Помимо этого при анализе данных мы ориентировались на представления о сильном межиндивидуальном разбросе значений параметров ЭЭГ: индивидуальные характеристики определяют показатели ЭЭГ в большей степени, чем возраст [5; 23].

Частоты анализировались в следующих диапазонах: дельта-ритм — 1–3 Гц, тета-ритм — 4–7 Гц, альфа-ритм — 8–12 Гц, бета-1-ритм — 13–20 Гц, бета-2-ритм — 21–35 Гц, гамма-ритм — более 35 Гц.

**Методы психодиагностики.** Для проведения психодиагностики использовался стимульный материал, взятый из классической нейропсихологической батареи тестов, составленной Е.Ю. Балашовой, М.С. Ковязиной [2].

В методике «Запоминание короткого рассказа» (рассказ предоставлялся на слух) качество пересказа оценивалось по четырехбалльной шкале, от 3 до 0: 3 балла — за безошибочный пересказ, при выпадении отдельных элементов рассказа — 2 балла, при выпадении большей части рассказа и сохранении отдельных его элементов — 1 балл, 0 баллов — если ребенок не мог пересказать рассказ и не вспомнил ни одного его элемента.

Формализованная оценка результата методики «Копирование фигуры Тейлора» производилась на основании выявления искажений, описанных в книге «Нейропсихологическая диагностика и коррекция в детском возрасте» А.В. Семенович [16]. В данной методике оценивались нарушения стратегии копирования, искажения углов при копировании и ошибочные повороты элементов рисунка, структурно-топологические ошибки, выпадения элементов, нарушения зрительно-моторной координации; за каждую ошибку начислялся 1 балл, затем рассчитывалась общая сумма баллов.

В методике «Толкование метафор» предлагалось три метафоры, отмечалось количество верных ответов.

В методике «Исключение понятий» правильность ответа и способность верно подобрать родовое понятие оценивались по пятибалльной шкале. При ориентировке на латентные конкретные признаки или ориентировке на две или более категории в ответах отмечалось наличие разноплановости мышления.

В методике «Описание сюжетных изображений» оценивалось понимание сюжета. При ориентировке ребенка на отдельные элементы рисунка, а не на сюжет в целом, отмечалось наличие вязкости или детализированности мышления.

С помощью методики «Арифметическая проба» оценивалась сформированность навыков счета, понимание или непонимание структуры числа.

**Методы математической статистики.** Для сокращения количества переменных и исключения ошибок измерения применялся факторный анализ. Был проведен эксплораторный анализ, применялся метод главных компонентов. Проводилась проверка на отличие корреляционной матрицы от нуля Критерием Бартлетта. Полученные факторы подверглись кластерному анализу (метод  $k$ -средних) и дисперсионному анализу с применением ковариаты, учитывающей возраст. При оценке различий мощности ритмов ЭЭГ и нарушений мышления у обследуемых подгрупп, сформированных по принципу сходства клинических проявлений, описывался общий суммарный эффект влияния факторов, также применялась ковариата, учитывающая возраст. При сравнении мощности волн по отдельным отведениям с различной выраженностью когнитивных нарушений использовался  $post-hoc$  критерий с поправкой Тьюки с целью учета множественных сравнений. При проведении дисперсионного анализа мы ориентировались на представления о том, что  $F$ -критерий устойчив относительно нарушения предположения об однородности дисперсии [27].



## Результаты

График факторных нагрузок представлен на рис. 1. На основании критерия Кайзера было выявлено 2 фактора. Они объединили 54% кумулятивной дисперсии. Собственные значения по факторам представлены в табл. 1. Факторные нагрузки отражены в табл. 2.

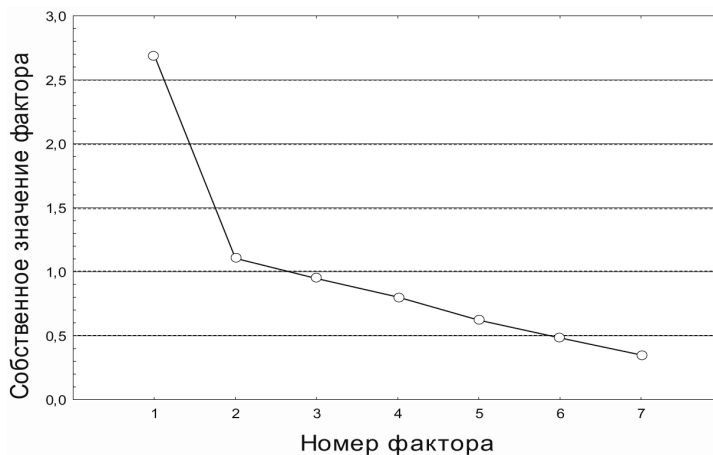


Рис. 1. График собственных значений факторов, номера которых обозначены на горизонтальной оси

Таблица 1

Таблица собственных значений по каждому фактору

Фактор	Собственное значение	% общей дисперсии	Кумулятивное собственное значение	% кумулятивной дисперсии
Вязкость и детализированность мышления (фактор 1)	2,693	38,474	2,693	38,474
Снижение способности к знаково-символической деятельности (фактор 2)	1,104	15,778	3,797	54,252

Из данных табл. 1 видно, что у обследуемых с пограничными расстройствами нарушения мышления объединились в два фактора.

В фактор 1 вошли такие нарушения, как вязкость и детализированность мышления, сложности анализа и синтеза информации, в том числе и пространственного анализа и синтеза. Этот фактор был условно обозначен как «Вязкость—детализированность».

Фактор 2 составили способности в усвоении логико-грамматических конструкций и навыки арифметического счета. Этот фактор был назван «Способность к целенаправленной знаково-символической деятельности».

С помощью дисперсионного анализа нами было выявлено, что у обследуемых разных клинических групп нарушения мышления отличаются (рис. 2). В связи с тем, что в факторе 1 (вязкость—детализированность) положительные факторные нагрузки соответствовали увеличению выраженности нарушений, повышение среднего по фактору оценивалось как большая выраженность нарушения. По фактору 2 (способности к знаково-символической деятельности) увеличению выраженности нарушений соответствовали отрицательные



Таблица 2

**Факторные нагрузки признаков**

Методика	Вязкость и детализированность мышления (фактор 1)	Способность к знаково-символической деятельности (фактор 2)
Исключение лишнего (успешность, баллы)	<b>-0,776</b>	0,321
Количество метафоры (успешность)	<b>-0,758</b>	0,173
Запоминание рассказа, баллы (увеличение)	-0,110	<b>0,807</b>
Фигура Тейлора, баллы (снижение)	<b>0,725</b>	0,166
Детализированность (сюжетное изображение) (ошибки)	<b>0,569</b>	-0,021
Разноплановость, наличие или отсутствие (ошибки)	<b>0,689</b>	-0,103
Арифметика, наличие или отсутствие (ошибки)	0,093	<b>-0,674</b>
Общая дисперсия	2,521	1,277
Доля общей дисперсии	0,360	0,182

*Примечание:* жирным шрифтом выделены наибольшие факторные нагрузки.

факторные нагрузки, поэтому меньшие средние значения по фактору интерпретировались как более выраженные нарушения. В связи с тем, что возраст фигурирует в качестве ковариаты в дисперсионном анализе, влияние возрастных особенностей выборок обследуемых разных клинических групп на особенности мышления исключено из влияния фактора «Клиническая группа». Из рис. 2 видно, что у детей с астенией [F 06.06] нарушения мышления носят наиболее выраженный характер. Им свойственны как вязкость и детализированность, сложности с анализом и синтезом информации, в том числе с пространственным анализом и синтезом, так и несформированность целенаправленной знаково-символической деятельности.

У детей, объединенных в общую группу под названием нарушения саморегуляции (дети с энурезом [F 98.0], энкопрезом [F 98.1], стереотипными двигательными расстройствами [F 98.4]), преобладали нарушения в виде вязкости и детализированности мышления, нарушений анализа и синтеза.

Дети с нарушениями поведения [F 98.8] характеризовались наиболее сохранными процессами мышления.

Дисперсионный анализ спектров фоновой ЭЭГ показал различия волновой активности коры головного мозга у обследуемых различных клинических групп (рис. 3). Из данного рисунка видно, что взаимодействие факторов «Частотный диапазон» и «Клиническая группа» имеет значимый эффект влияния на средние мощности во всех отведениях. Влияние возрастных особенностей выборок обследуемых разных клинических групп на основные фоновые ритмы исключено из влияния фактора «Клиническая группа» в связи с применением ковариаты, в которой фигурирует возраст.

У детей с астеническими расстройствами наблюдается повышение мощности во всех диапазонах частот ЭЭГ с некоторым преобладанием низкочастотной активности и невыраженным альфа ритмом. Такой сильный тренд к падению мощности с повышением частоты ЭЭГ, наблюдаемый у детей с астеническими расстройствами при вы-

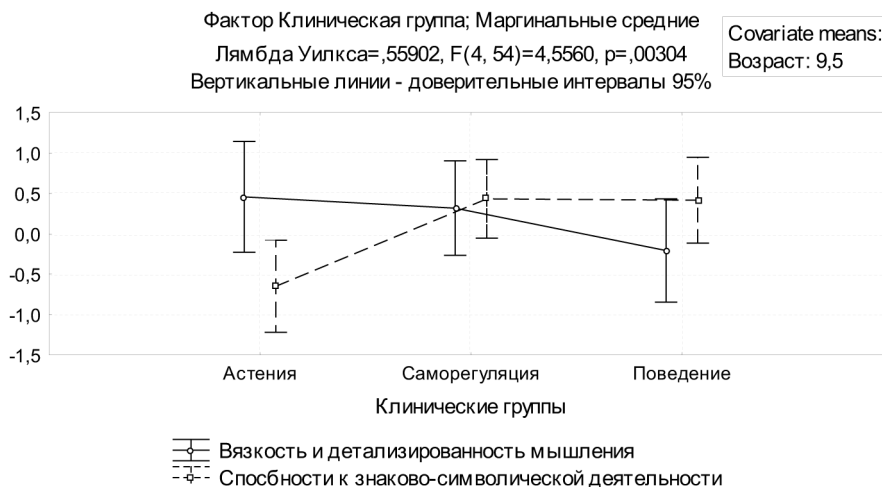


Рис. 2. Результат дисперсионного анализа — влияние фактора «Клиническая группа» на выраженность когнитивных нарушений у детей. Влияние возрастных особенностей выборок обследуемых разных клинических групп на особенности мышления исключено из влияния фактора «Клиническая группа» в связи с применением ковариаты, в которой фигурирует возраст

сокой мощности (и соответственно) амплитуде ЭЭГ, может говорить о большей незрелости мозга и снижении функциональных резервов по переработке поступающей информации на всех уровнях. На основании графиков, изображенных на рис. 3, можно говорить о том, что наиболее зрелая биоэлектрическая активность наблюдается у детей с нарушениями поведения. Это проявляется в наиболее слабой мощности низкочастотных волн. У детей с нарушением поведения наблюдается наибольшая мощность альфа-ритма по отношению к другим, что также свидетельствует о наиболее оптимальном и зрелом функциональном состоянии коры головного мозга и связывается с высоким уровнем нейропластичности. С другой стороны, средний возраст детей этой подгруппы был несколько выше (9,4 года против 8,9 у детей с нарушениями саморегуляции и 9,2 у детей с астенией), с чем также можно связывать повышение альфа-ритма. Самый слабый наклон графика мощностей у обследуемых с нарушениями саморегуляции может свидетельствовать о наибольшей неупорядоченности (сложности) сигнала ЭЭГ, что указывает на интенсивную переработку поступающей информации [5], а также повышенное психоэмоциональное напряжение и тревогу [1]. Встречаются сведения о том, что повышение бета-2-ритма и снижение бета-ритма является характерной чертой невротоподобных расстройств [20].

С помощью дисперсионного анализа с применением post-hoc-критерия Тьюки были установлены зональные различия дельта-ритма у обследуемых разных клинических групп. На рис. 4 и рис. 5 показаны схематичные изображения головы человека (вид сверху) с расположенными электродами на скальпе. Треугольниками, направленными вверх или вниз, отмечено уменьшение или увеличение мощности дельта-ритма в отдельных отведениях у пациентов разных подгрупп относительно друг друга. Установлено, что у обследуемых с астенией мощность дельта-ритма достоверно выше в лобной доле правого полушария и в височной доле левого, чем у обследуемых с нарушениями саморегуляции (рис. 4) и поведения (рис. 5).

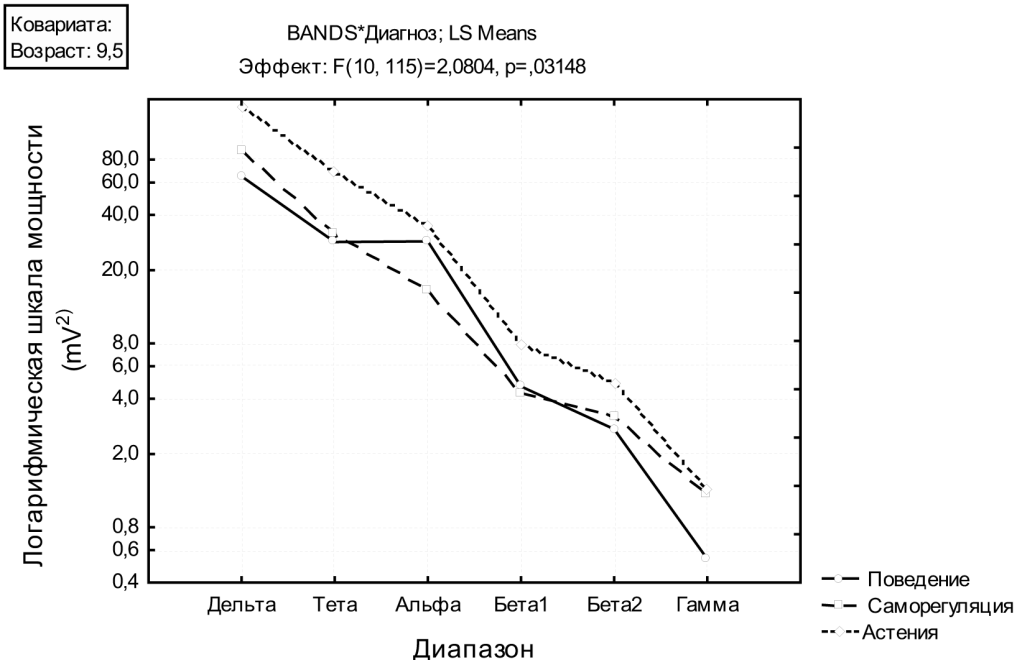


Рис. 3. График мощностей в диапазонах основных ритмов в фоновой ЭЭГ у обследуемых разных клинических групп, представленный в логарифмической шкале мощности. Влияние возрастных особенностей выборки обследуемых разных клинических групп на основные фоновые ритмы исключено из влияния фактора «Клиническая группа» в связи с применением ковариаты, в которой фигурирует возраст

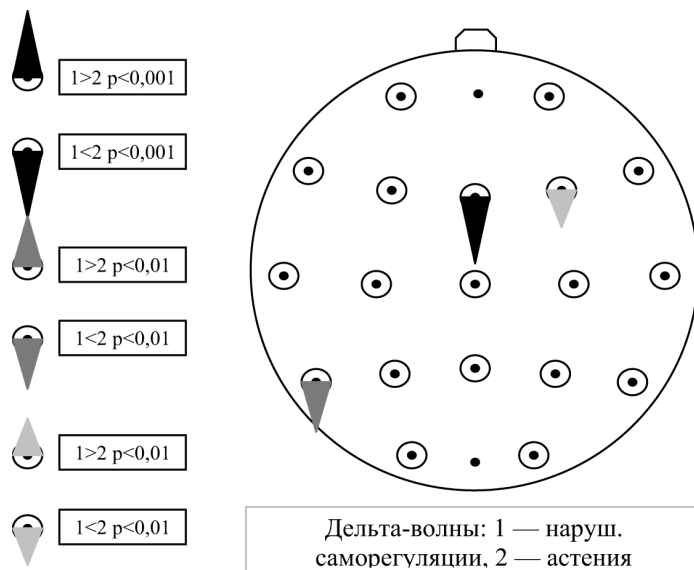


Рис. 4. Достоверные различия в мощности ЭЭГ в диапазоне дельта-волн по отведениям у обследуемых: 1 — с нарушениями саморегуляции и 2 — астенией по post-hoc-критерию с поправкой Тьюки

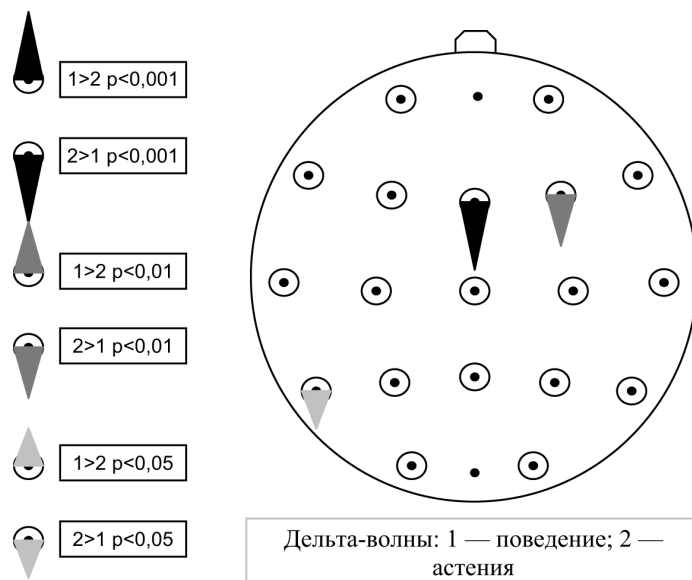


Рис. 5. Достоверные различия в мощностях ЭЭГ в диапазоне дельта-волн по отведениям у обследуемых: 1 — с нарушениями саморегуляции и 2 — астенией по post-hoc-критерию с поправкой Тьюки

Кластерный анализ (метод К-средних) позволил выделить три группы обследуемых с преобладанием различных нарушений когнитивных процессов (рис. 6).

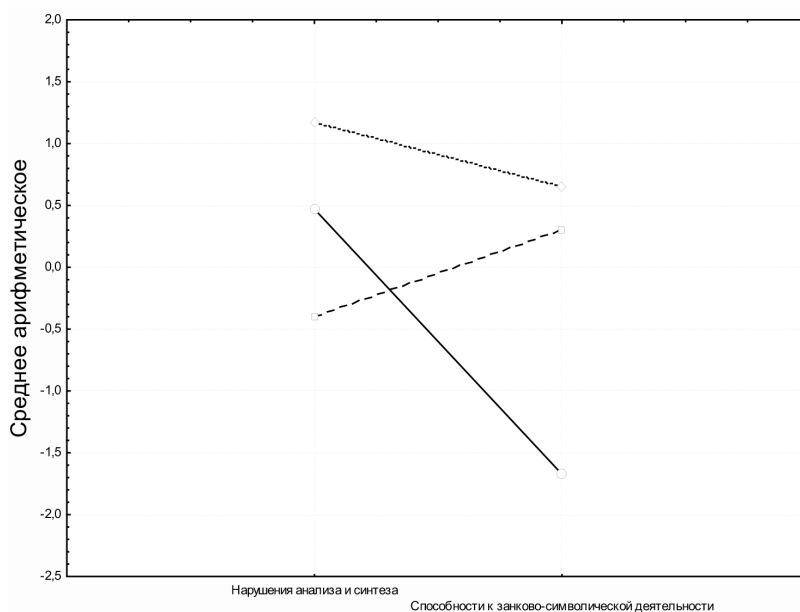


Рис. 6. Среднее арифметическое по трем кластерам: кластер 1 — сплошная линия (общее когнитивное снижение, сложности с обоими факторами), кластер 2 — пунктир (наиболее сохранные когнитивные процессы), кластер 3 — точки (преобладают вязкость и детализированность мышления)





В кластер 1 вошли обследуемые, у которых наблюдалось снижение когнитивных функций, вошедших в фактор 1 (вязкость—детализированность мышления) и низкие оценки по фактору 2 (способность к знаково-символической деятельности). Эта группа обследуемых была условно обозначена — обследуемые с интеллектуальным снижением. В кластер 2 вошли обследуемые с высокими показателями психического развития по обоим факторам. Обследуемые данной группы были условно обозначены — пациенты с сохранными когнитивными функциями. Обследуемые, чьи показатели вошли в кластер 3, характеризовались высокими оценками по фактору 1 (нарушения анализа—синтеза и вязкость—детализированность мышления), но высокими способностями к знаково-символической деятельности. Эта группа была охарактеризована как обследуемые с вязкостью, детализированностью мышления, сложностями с обобщением и пространственным анализом.

При сравнении спектральных характеристик фоновой ЭЭГ у обследуемых трех выделенных групп (кластеров) были установлены достоверные различия мощности волн по *post-hoc*-критерию Tukey. У детей с когнитивным снижением наблюдается повышение мощности дельта-волн в лобных отделах обоих полушарий (рис. 7) и тета-волн в затылочном отделе правого полушария в сравнении с детьми с более сохранными когнитивными функциями (рис. 8).

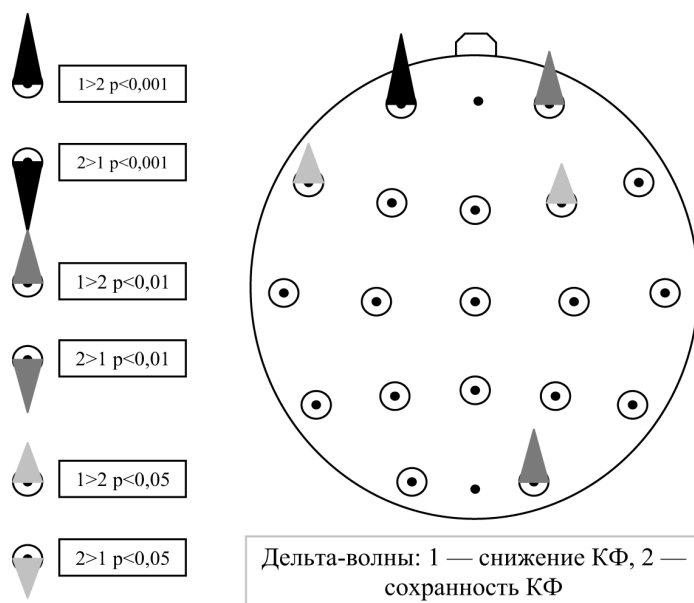


Рис. 7. Достоверные изменения мощности в диапазоне дельта-волн по отведениям: 1 — у обследуемых со снижением когнитивных функций (КФ) (кластер 1) относительно 2 — у обследуемых, не имеющих выраженных когнитивных нарушений (кластер 2) по *Post-hoc*-критерию с поправкой Tukey

У детей с вязкостью и детализированностью мышления наблюдается повышение мощности дельта-волн в затылочных, теменных, височных и центральных отведениях правого полушария, а также и височных отведениях левого полушария в сравнении с детьми с сохранными когнитивными функциями (рис. 9).

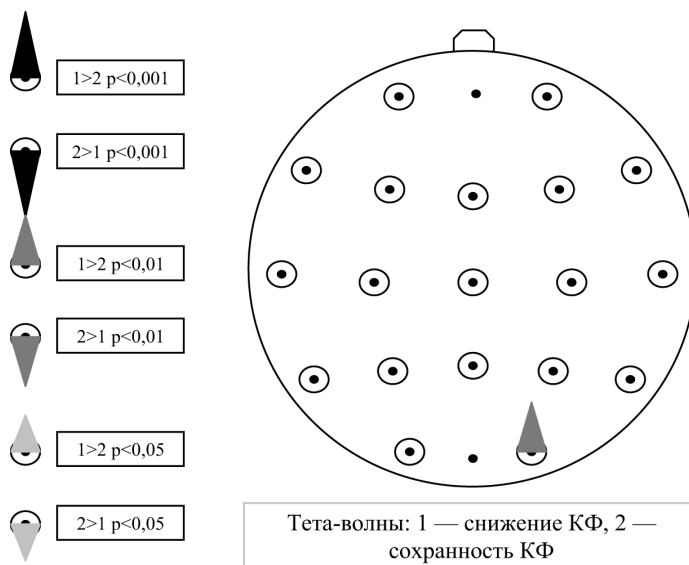


Рис. 8. Достоверные изменения мощности в диапазоне тета-волн по отведениям: 1 — у обследуемых со снижением когнитивных функций (КФ) (кластер 1) относительно 2 — у обследуемых, не имеющих выраженных когнитивных нарушений (кластер 2) по Post-hoc-критерию с поправкой Tukey

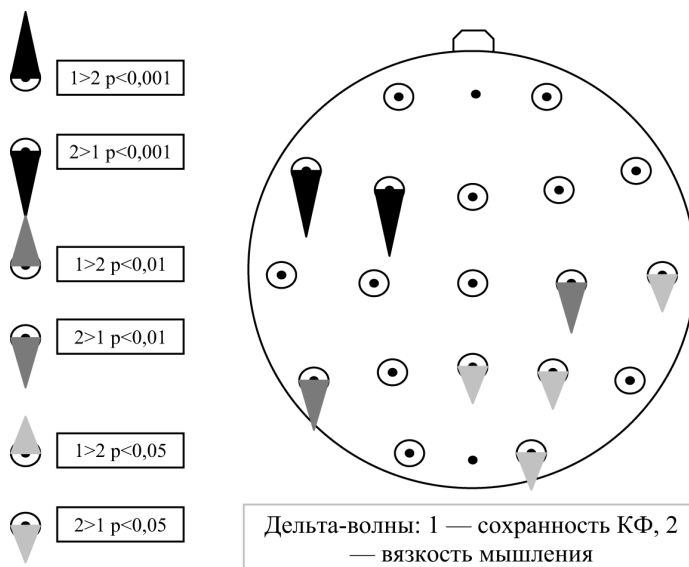


Рис. 9. Достоверные изменения мощности в диапазоне дельта-волн по отведениям: 1 — у обследуемых с сохранными когнитивными функциями (КФ) (кластер 1) относительно 2 — у обследуемых, имеющих нарушения в виде вязкости и детализированности мышления (кластер 3) по Post-hoc-критерию с поправкой Tukey

У детей с общим когнитивным снижением отмечается повышение мощности в диапазоне дельта-волновой активности в префронтальной области левого полушария (рис. 10) и тета-волн в затылочном отделе правого полушария (рис. 11) в сравнении с детьми, у ко-



торых преобладали нарушения мышления в виде вязкости и детализированности. Вместе с тем у первых мощность дельта ритма была ниже в премоторной зоне и височной области левого полушария (рис. 11), чем у вторых.

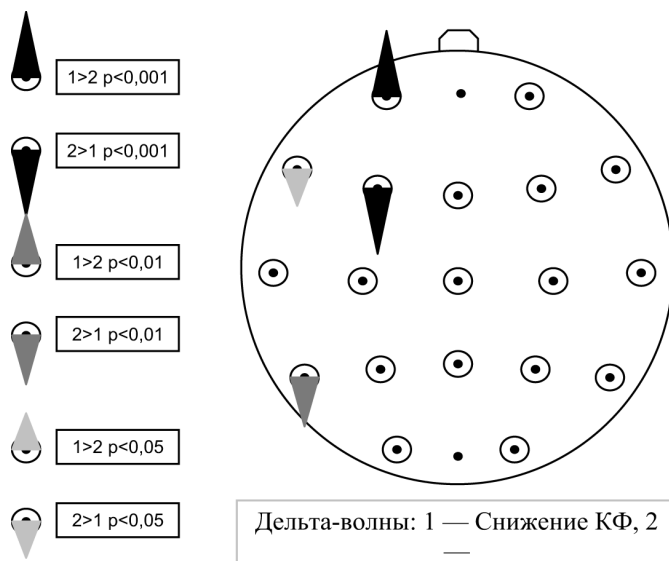


Рис. 10. Достоверные изменения мощности в диапазоне дельта-волн по отведениям у обследуемых со снижением когнитивных функций (кластер 1) относительно обследуемых, имеющих нарушения в виде вязкости и детализированности мышления (кластер 3) по Post-hoc-критерию с поправкой Tukey

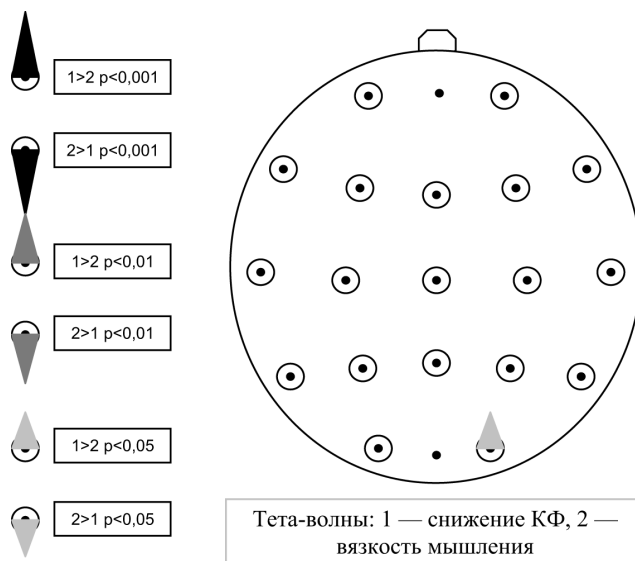


Рис. 11. Достоверные изменения мощности в диапазоне тета-волн по отведениям: 1 — у обследуемых со снижением когнитивных функций (кластер 1) относительно 2 — у обследуемых, имеющих нарушения в виде вязкости и детализированности мышления (кластер 3) по Post-hoc-критерию с поправкой Tukey



## Обсуждение результатов

Исследование уточняет особенности функционального состояния коры головного мозга у детей с различной симптоматикой пограничных психических расстройств, возникающих на резидуально-органическом фоне. В целом, результаты исследования согласуются с ранее известными фактами, но уточняют некоторые детали. У детей рассматриваемой группы наблюдается повышение мощности низкочастотной активности во фронтальных отделах головного мозга и правого полушария, что традиционно интерпретируется как снижение функционального состояния. У детей, имеющих нарушения нейродинамики, внимания, сложности в обучении, наблюдается незрелость регуляторной фронто-таламической системы, что и проявляется в повышении низкочастотной активности в лобном отделе мозга [14].

В исследовании нами было выявлено, что выраженное снижение функционального состояния фронтальной коры головного мозга приводит к более существенным когнитивным нарушениям. На фоне снижения функционального состояния структур правого полушария, входящих в блок приема и переработки информации (II функциональный блок мозга), а также речевых зон левого полушария наблюдаются менее выраженные нарушения мышления. В первом случае наблюдались как нарушения в виде несформированности пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности, разноплановости мышления и недостаточное развитие способности к обобщению, так и сложности в целенаправленной знаково-символической деятельности (усвоение логико-грамматических конструкций и нарушение арифметического счета). Во втором случае нарушения проявлялись в виде несформированности пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности и разноплановости мышления, недостаточного развития способности обобщения.

Вероятно, формирование этих нарушений ВПФ у детей разных групп имело отличающуюся природу. Несформированность пространственного анализа и синтеза, вязкость и детализированность, разноплановость мышления, недостаточная способность к обобщению вместе со сложностями в целенаправленной знаково-символической деятельности (усвоение логико-грамматических конструкций и нарушение арифметического счета) возникали на фоне сложностей с формированием избирательного внимания, планированием деятельности и в дискретизации сенсорных стимулов, проблемами фильтрации значимой и второстепенной информации. То есть возникали на фоне неспецифического когнитивного дефицита. Нарушения в виде несформированности пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности и разноплановости мышления возникали на фоне недостаточной способности к упорядочиванию и систематизации информации. Нарушения мышления в данном случае возникали в связи с дефицитностью развития пространственных функций, которые наряду с вербально-логическими связями включены в процесс формирования понимания семантических связей понятий [7].

У детей с астеническими расстройствами наблюдается повышение мощности во всех диапазонах частот ЭЭГ с некоторым преобладанием низкочастотной активности при сравнении с детьми других клинических групп. У них тренд к падению мощности ЭЭГ наряду с повышением ее частоты был наиболее выражен, что указывает на большую незрелость мозга и снижение эффективности переработки поступающей информации на всех уровнях. Видимо, именно с сочетанием данных факторов связаны более существенные нарушения



мышления у обследуемых данной группы, чем у обследуемых других групп. Нарушения мышления у детей с астеническими расстройствами проявлялись как в виде вязкости и детализированности мышления, сложностей анализа и синтеза информации, в том числе и пространственного анализа и синтеза, так и в виде трудностей в усвоении логико-грамматических конструкций и нарушений арифметического счета. В связи с этим следует говорить о том, что астенизация ребенка приводит к существенному снижению обучаемости и нарушениям развития высших психических функций. Можно предположить, что повышение мощности волн высокочастотных диапазонов отражает компенсаторные тенденции, которые требуют больших энергозатрат и приводят к последующему истощению функциональных резервов.

У пациентов со сложностями саморегуляции (энурезом, энкопрезом и стереотипными двигательными расстройствами) преобладают нарушения мышления в виде его вязкости и детализированности, сложности с анализом и синтезом информации, в том числе, с пространственным. Такого рода нарушения соответствуют наименьшей мощности альфа-ритма и наименьшим различиям мощности бета-1- и бета-2-ритмов и являются характерной чертой детей с неврозоподобными состояниями [20]. Если учесть, что основными областями локализации альфа-ритма являются затылочный отдел, зрительная кора головного мозга, а с формированием альфа-ритма в онтогенезе связывается становление у ребенка зрительного восприятия, то следует, что характерной чертой этих детей является недостаточная сформированность зрительного восприятия [2]. Это предположение подтверждается проведенным психодиагностическим исследованием, в котором фиксировались недостаточное развитие пространственных представлений, пространственного анализа и синтеза у детей этой группы. Вероятно, формирование нарушений мышления у них происходит вторично на фоне нарушений зрительно-пространственного восприятия. Преобладание высокочастотной активности бета-2- и гамма-диапазонов связывается с эмоцией страха, повышением психоэмоционального напряжения, со значимостью переживаний, а снижение альфа-ритма — с повышением самоконтроля [13].

Наиболее сохраненные когнитивные функции определяются у детей с нарушениями поведения — в среднем биоэлектрическая активность является наиболее приближенной к норме.

В исследовании были установлены различия функционального состояния коры головного мозга и области локализации снижения функционального состояния коры головного мозга у детей с различными пограничными расстройствами и нарушениями когнитивных процессов. Результаты удалось получить благодаря применению спектрального анализа ЭЭГ. В настоящее время медицинские психологи проводят большое количество обследований в соответствии с задачами клиники, но эти результаты часто остаются невостребованными в научных исследованиях в связи с недостаточным уровнем обобщения и трактовки полученных сведений. Сравнение результатов спектрального анализа ЭЭГ с данными психодиагностических обследований позволяет получать результаты и делать выводы, которые возможно экстраполировать в дальнейшем на более широкую сферу клинических наблюдений, а, следовательно, данный метод анализа обладает как научной новизной, так и практической значимостью. Подобный подход в дальнейшем возможно применять к исследованиям как особенностей познавательных процессов, так и эмоциональной сферы с целью выявления и уточнения физиологических механизмов возникновения нарушений психических функций у детей и взрослых.



## Выводы

1. Дети с астеническими расстройствами [F 06.06] характеризуются наиболее выраженными нарушениями мышления, что связано с повышением спектральной мощности низкочастотной активности дельта- и тета-ритмов в целом, а также дельта-ритма в лобном отделе головного мозга. Астенизация негативно сказывается на интеллектуальных возможностях ребенка в связи со снижением возможностей регуляторных функций лобной области коры головного мозга. Однако также была отмечена тенденция к компенсации нарушений.

2. У обследуемых с энурезом [F 98.0], энкопрезом [F 98.1], стереотипными двигательными расстройствами [F 98.4] были обнаружены нарушения мышления в виде его вязкости и детализированности, фиксировались нарушения пространственного анализа и синтеза. В этой группе наблюдалось снижение функционального состояния мозга в виде снижения мощности альфа ритма, а также некоторое относительное увеличение мощности в гамма- и бета-диапазонах.

3. У детей с нарушениями поведения [F 98.8] наблюдалось наиболее высокое функциональное состояние коры головного мозга при сравнении с пациентами других групп. Снижения факторов мышления у них не встречались.

4. Снижение функциональных возможностей структур лобных отделов коры обоих полушарий приводит как к нарушениям в виде несформированности пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности, разноплановости мышления и недостаточного развития способности обобщения, так и к сложностям в целенаправленной знаково-символической деятельности, усвоении логико-грамматических конструкций и в арифметическом счете.

5. У детей на фоне снижения функционального состояния височной, теменной и затылочной областей правого полушария, а также речевых зон левого полушария обнаруживаются нарушения в виде несформированности пространственного анализа и синтеза, вязкости, детализированности и разноплановости мышления, недостаточного развития способности обобщения.

## Литература

1. Афтанас Л.И., Павлова С.А. Особенности межполушарного распределения спектров ЭЭГ у высоко тревожных индивидуумов в эмоционально-нейтральных условиях и при отрицательной эмоциональной активации // Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова. 2005. Т. 55. № 3. С. 322–328.
2. Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастная динамика когнитивных функций младших школьников с дефицитом регуляции активности // Бюлл. ВШНЦ РАМН. 2014. № 4(98). С. 7–10.
3. Балашова Е.Ю., Ковязина М.С. Нейропсихологическая диагностика. Классический стимульный материал. М.: Генезис, 2015. 18 листов с цветными и 52 ч/б изображениями.
4. Березкин Д.В. Функциональные характеристики центральной нервной системы и нарушения познавательных функций у детей с неврозоподобными расстройствами резидуально-органического генеза // Клиническая и специальная психология. 2016. Т. 5. № 2. С. 46–62.
5. Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Полонников Р.И. Фрактальная динамика электрической активности. СПб.: Наука, 2004. 208 с.
6. Головки Т.А., Чертунова Н.С. Санаторно-курортное лечение как этап медицинской реабилитации детей с психоневрологическими заболеваниями и заболеваниями нервной системы // Тезисы науч.-практ. конф. К 55-летию Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Детский психоневрологический санаторий «Комарово». СПб. 2015. С. 3–4.





7. Горбунов И.А., Ткачева Л.О. Связь семантических характеристик упорядоченности сознания с изменениями функционального состояния мозга // Вестник СПбГУ. Сер. 12. 2011. № 1. С. 324–329.
8. Грибанов А.В., Канжина Н.Н. Особенности аудиомоторных реакций у детей с разным уровнем развития произвольного внимания // Экология человека. 2008. № 5. С. 44–47.
9. Грибанов А.В., Подоплекин Д.Н. Изменение уровня постоянных потенциалов головного мозга у детей при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью // Вестн. Помор. ун-та. Сер. Физиол. и психол.-пед. науки. 2003. № 2. С. 41–47.
10. Звягина Н.В., Коромзин Ю.А. Особенности системной организации зрительного восприятия вербализуемых и невербализуемых стимулов // Вестн. Помор. ун-та. Сер. Физиол. и психол.-педагогич. науки. 2006. № 2 (10). С. 52–61.
11. Иорданова Ю.А. Особенности принятия решения детьми младшего и школьного возраста // Вестн. Помор. ун-та: Сер. Естеств. и точн. науки. 2006. № 4. С. 61–65.
12. Ковалев В.В. Психиатрия детского возраста: руководство для врачей. М.: Медицина. 1995. 608 с.
13. Кустубаева А.М., Толегенова А., Мэтьюс Дж. ЭЭГ-активность головного мозга при различных стратегиях саморегуляции эмоций: подавление и переоценка // Психологический журнал. 2013. Т. 34. № 4. С. 58–68.
14. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования: Сб. науч. Трудов. Вып. 2 / Под ред. В.Д. Соловьева, Т.В. Черниговской. М.: Изд-во Ин-та психологии РАН, 2008. С. 32–48.
15. Пронина Л.С. Сравнительная характеристика показателей распространенности психических и поведенческих расстройств у детей и подростков Российской Федерации и Центрального Федерального округа в 2000–2007 гг. // Российский психиатрический журнал. 2009. № 6. С. 87–93.
16. Семенович А.В. Нейропсихологическая диагностика и коррекция в детском возрасте. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 232 с.
17. Тамбиев А.Э., Медведев С.Д., Литвиненко О.В. Возрастная динамика развития основных свойств внимания в детском возрасте // Вопросы психологии. 2003. № 3. С. 118–122.
18. Тонконоженко Н.Л., Клиточенко Г.В. Особенности электроэнцефалограммы у детей младшего школьного возраста при синдроме гиперактивности с дефицитом внимания // Актуальные проблемы педиатрии: сб. науч. работ. Уфа. 2008. С. 139–140.
19. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Дубровинская Н.В., Горев А.С., Мачинская Р.И. Функциональная организация развивающегося мозга и формирование когнитивной деятельности // Физиология развития ребенка. Теоретические и прикладные аспекты [Сб. статей] / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. М.: Образование от «А» до «Я». 2000. С. 82–105.
20. Хасанова Л.Б., Аминев Г.А. Индивидуальные психофизиологические особенности электроэнцефалограмм при невротоподобных состояниях у детей // Здравоохранение Башкортостана. 2002. Спец. вып. 3. С. 295–297.
21. Эверт Л.С., Потупчик Т.В., Крысенко Л.В., Паничева Е.С. Характеристика астенического синдрома у детей первого года обучения в школе // Российский педиатрический журнал. 2014. № 2. С. 37–40.
22. Bailey T., Joyce A. The role of the thalamus in ADHD symptomatology and treatment // Appl. Neuropsychol. Child. 2015. № 4 (2). P. 89–96.
23. Benninger C., Matthis P., Scheffner D. EEG development of healthy boys and girls. Result of longitudinal study // Electroencephalography and clinical neurophysiology. 1984. Vol. 57. № 1. P. 1–12.
24. Healey D.M., Brodzinsky L.K., Bernstein M., Rabinovich B., Halperin J.M. Moderation effect of neurocognitive abilities on the relationship batwing temperament and global function // Child Neuropsychology. 2010. Vol. 16. P. 20–31.
25. Kalf J.A.C., de Sonnevile L.M., Hurks P.P., Hendriksen J.G., Kroes M., Steyaert J., van Zeben T.M., Vles J.S., Jolles J. Low- and high-level controlled processing in executive motor control tasks in 5–6-year-old children at risk of ADHD // J. Child. Psychol. Psychiatry. 2003. Oct. № 44 (7). P. 1049–1057.
26. Lenartowicz A., Loo S.K. Use of EEG to diagnose ADHD // Curr. Psychiatry Rep. 2014. Nov. № 16 (11). P. 498–510.
27. Lindman H.R. Analysis of variance in complex experimental designs. San Francisco: W.H. Freeman & Co., 1974. P. 33.



28. *Shallice T., Marzocchi G.M., Coser S., Del Savio M., Meuter R.F., Rumiati R.I.* Executive function profile of children with attention deficit with hyperactivity disorder // *Dev. Neuropsychol.* 2002. № 21 (1). P. 43–71.

## References

1. *Aftanas L.V., Paolova S.V.* Osobennosti mezhpolusharnogo raspredeleniya spektrov EEG u vysoko trevozhnykh individuumov v emocional'no-nejtral'nykh usloviyakh i pri otricate'l'noy emocional'noy aktivaciil'naya dinamika elektricheskoy aktivnosti Peculiarities of interhemispheric EEG band power [Distribution in high anxiety individuals under emotionally neutral and aversive arousal conditions] // *ZHurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Journal of Higher nervous Activity]*. 2005. T. 55. N 3. PP. 322–328. (In Russ.).
2. *Ahutina T.V., Korneev A.A., Matveeva E.Yu.* Vozrastnaya dinamika kognitivnykh funktsiy mladshikh shkol'nikov s deficitom regulyatsii aktivnosti [Age dynamics of cognitive functions of primary school children with deficiency of activity regulation] *Byulleten Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii medicinskikh nauk [Bulletin of East Siberian scientific center of the Siberian branch of the Russian Academy of medical Sciences]*. 2014. No. 4 (98). P. 7–10. (In Russ.).
3. *Balashova E.Yu., Kovyazina M.S.* Neyropsihologicheskaya diagnostika. Klassicheskiy stimul'niy material [Neuropsychological diagnostics. Classic stimulus material] Moscow: Genezis, 2015. 18 sheets with color and 52 b/w images. (In Russ.).
4. *Berezkin D.V.* Funktsional'nye kharakteristiki central'noi jnervnoi sistemy i narusheniya poznavatel'nykh funktsiy u detey s nevrozopodobnymi rasstroystvami rezidual'no-organicheskogo gena [The functional status of central nervous system and disturbances of cognitive functions of children with borderline mental disorder of residual organic genesis]. *Klinicheskaya i spetsial'naya psihologiya [Clinical and Special Psychology]*, [Elektronnyi resurs] [Online resource] 2016. Vol. 5. No. 2. P. 46–62. (Accessed 15.09.2019). (In Russ.).
5. *Vasserman E.L., Kartashev N.K., Polonikov R.I.* Fraktal'naya dinamika elektricheskoy aktivnosti [Fractal dynamics of brain electrical Activity]. St.-Peterburg: Nauka. 2004. 208 p. (In Russ.).
6. *Golovko T.A., Cherpunova N.S.* Sanatorno-kurortnoe lechenie kak etap medicinskoy reabilitatsii detey s psikhonevrologicheskimi zabolovaniyami i zabolovaniyami nervnoy sistemy [Sanatorium treatment as a stage of medical rehabilitation of children with neuropsychiatric diseases and diseases of the nervous system] *Tezisy nauch.-prakt. konf. k 55-letiyu Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo byudzhethnogo uchrezhdeniya zdavoohraneniya «Detskiy psikhonevrologicheskii sanatoriy «Komarovo»».* (Sankt-Peterburg, 2015 g.) [Health resort treatment as a stage of medical rehabilitation of children with psychoneurological disorder and disorder of neural system]. St. Petersburg. 2015. P. 3–4. (In Russ.).
7. *Gorbunov I.A., Tkacheva L.O.* Reaction semantic characteristics orderliness of consciosnes with changes functional condition of the brain // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 12. Psihologiya. Sociologiya. Pedagogika [Bulletin of Saint Petersburg University. Series 12. Psychology. Sociology. Pedagogy]*. 2011. N 1. PP. 324–329. (In Russ.).
8. *Gribanov A.V., Kanzhina N.N.* Osobennosti audiomotornykh reaktsiy u detey s raznym urovnem razvitiya proizvol'nogo vnimaniya [Features of audiomotor reactions in children with different level of development of voluntary attention] *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2008. № 5. P. 44–47. (In Russ.).
9. *Gribanov A.V., Podoplekin D.N.* Izmenenie urovnya postoyannykh potentsialov golovno mozga u detey pri sindrome deficita vnimaniya s giperaktivnost'u [Changes in the level of permanent brain potentials in children with attention deficit with hyperactivity disorder] *Vestnik Pomorskogo universiteta: Ser. «Fiziologiya i psikhologo-pedagogicheskie nauki [Bulleting of Pomor State University: Ser. of physiological and psychologo-pedagogical sciences]*. 2003. № 2. P. 41–47. (In Russ.).
10. *Zoyagina N.V., Koromzin Yu.A.* Osobennosti sistemnoy organizatsii zritel'nogo vospriyatiya verbalizuemykh i neverbalizuemykh stimulov [Features of the system organization of visual perception of verbalized and non-verbalized stimuli] *Vestnik Pomorskogo Universiteta. Seriya fiziologicheskie i psikhologo-pedagogicheskie nauki [Bulletin of the Pomor State University: Ser. Physiological and psychological-pedagogical sciences]*. 2006. No. 2(10). P. 52–61. (In Russ.).
11. *Iordanova Ju.A.* Osobennosti povedencheskogo reagirovaniya detei 7–10 let s defitsytom vnimaniya [Specifically behavioral reaction of 7–10 years old children with deficit of attention] *Vestnik Pomorskogo*



- universiteta: Ser. «Estestvennye i tochnye nauki» [Bulleting of Pomor State University: Ser. Natural and exact sciences]. 2006. No. 3. P 68–72. (In Russ.).
12. *Kovalev V.V.* sihiatriya detskogo vozrasta .Rukovodstvo dlya vrachej [Psychiatry of childhood. Guide for physicians]. Moscow. Medicine. 1995. 608 p. (In Russ.).
13. *Kustubayeva A.M., Tolegenova A., Matthews G.* EEG-aktivnost' golovnogogo mozga pri razlichnykh strategiyah samoregulyacii emociy: podavlenie i pereocenka [EEG-brain activity in different strategies of emotions' self-regulation] // Psihologicheskii zhurnal [Psychological journal]. 2013. T. 34. N 4. Pp. 58–68. (In Russ.).
14. *Machinskaya R.I., Krupskaya E.V.* Sozrevanie regulatorynykh struktur mozga i organizatsyya vnimaniya u detei mladshogo shkol'nogo vozrasta [Maturation of the regulatory structures of the brain and attention organization of primary school age children]. Kognitivnye issledovaniya: Sb. nauch. trudov, vyp. 2 [Cognitive research: collection of scientific papers, iss. 2]. Solov'eva V.D., Chernigovskaya T.V., eds. Moscow: Institute of psychology of RAN. 2008. P. 32–48. (In Russ.).
15. *Pronina L.S.* Sravnitel'naya kharakteristika pokazateley rasprostranennosti psikhicheskikh i povedencheskikh rasstroystv u detey i podrostkov Rossiyskoy Federatsii i Tsentral'nogo Federal'nogo okruga v 2000–2007 gg. [Comparative characteristics of the prevalence of mental and behavioral disorders in children and adolescents of the Russian Federation and the Central Federal district in 2000-2007] Rossiyskii psikhiatricheskii zhurnal [Russian Psychiatry Journal]. 2009. N 6. P. 87–93. (In Russ.).
16. *Semenovich A.V.* Neyropsikhologicheskaya diagnostika i korrektsiya v detskom vozraste [Neuropsychological diagnosis and correction in childhood]. M.: Akademiya, 2002. 232 p. (In Russ.).
17. *Tambiev A.E., Medvedev S.D., Litvinenko O.V.* Vozrastnaya dinamika razvitiya osnovnykh svoystv vnimaniya v detskom vozraste [Age dynamics of development of basic characteristics of attention in childhood]. Voprosy psikhologii [Questions of psychology]. 2003. N 3. P. 118–122. (In Russ.).
18. *Tonkonozhenko N.L., Klitochenko G.V.* Osobennosti elektroencefalogrammy u detey mladshogo shkol'nogo vozrasta pri sindrome giperaktivnosti s deficitom vnimaniya [Features of electroencephalogram in primary school children with hyperactivity disorder with attention deficit] Sbornik nauchnykh rabot «Aktual'nye problemy pediatrii» [Collection of scientific works “Actual problems of Pediatrics”]. Ufa. 2008. P. 139–140. (In Russ.).
19. *Farber D.A., Beteleva T.G., Dubrovinskaya N.V. Gorev A.S., Machinskaya R. I.* Funktsional'naya organizatsiya razvivayushchegosya mozga i formirovanie kognitivnoy deyatelnosti [Functional organization of a developing brain and formation of cognitive activity] // Fiziologiya razvitiya rebenka. Teoreticheskie i prikladnye aspekty Physiology of child development. [Theoretical and applied aspects [Yes Collection]. M. Education from “A” to “Z”. 2000. P. 82–105. (In Russ.).
20. *Hasanova L.B., Aminev G.A.* Individual'nye psihofiziologicheskie osobennosti elektroencefalogramm pri nevrozopodobnykh sostoyaniyakh u detey [Individual psychophysiological features of electroencephalograms in neurosis-like states in children] // Zdravoohranenie Bashkortostana [Health care of Bashkortostan]. Special issue 3. 2002. Pp. 295–297. (In Russ.).
21. *Evert L.S., Potupchik T.V., Krysenko L.V., Panicheva E.S.* Kharakteristika astenicheskogo sindroma u detei pervogo goda obucheniya v shkole [Characteristics of astenoneurotic syndrome of children of the first year education in School]. Rossijskii pediatricheskii zhurnal [Russian pediatric journal]. 2014. No. 2. P. 37–40. (In Russ.).
22. *Bailey T., Joyce A.* The role of the thalamus in ADHD symptomatology and treatment // Appl. Neuropsychol. Child. 2015. No. 4 (2). P. 89–96.
23. *Benninger C., Matthis P., Scheffner D.* EEG development of healthy boys and girls. Result of longitudinal study // Electroencephalography and clinical neurophysiology/ 1984. Vol. 57. N. 1. P. 1–12.
24. *Healey D.M., Brodzinsky L.K., Bernstein M., Rabinovich B., Halperin J.M.* Moderation effect of neurocognitive abilities on the relationship batwing temperament and global function // Child Neuropsychology. 2010. Vol. 16. P. 20–31.
25. *Kalff A.C., de Sonnevill L.M., Hurks P.P., Hendriksen J.G., Kroes M., Steyaert J., van Zeven T.M., Vles J.S., Jolles J.* Low- and high-level controlled processing in executive motor control tasks in 5–6-year-old children at risk of ADHD // J. Child. Psychol. Psychiatry. 2003. Oct. No. 44 (7). Pp. 1049–1057.
26. *Lenartowicz A., Loo S.K.* Use of EEG to diagnose ADHD // Curr. Psychiatry Rep. 2014. Nov. N 16 (11). P. 498–510.



27. Lindman H.R. Analysis of variance in complex experimental designs. — San Francisco: W.H. Freeman & Co., 1974. PP. 33.
28. Shallice T., Marzocchi G.M., Coser S., Del Savio M., Meuter R.F., Rumiati R.I. Executive function profile of children with attention deficit hyperactivity disorder // Dev. Neuropsychol. 2002. No. 21 (1). P. 43–71.

### **Информация об авторах**

*Берёзкин Дмитрий Владимирович*, медицинский психолог, Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение здравоохранения Центр восстановительного лечения «Детская психиатрия» имени С.С. Мнухина (СПб ГКУЗ ЦВЛ «Детская психиатрия» им. С.С. Мнухина), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7122-8115>, e-mail: [berezkin.dm@yandex.ru](mailto:berezkin.dm@yandex.ru)

*Горбунов Иван Анатольевич*, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, кафедра медицинской психологии и психофизиологии, Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБУ ВО СПбГУ), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-750X>, i.a.gorbunov@spbu.ru.

### **Information about the authors**

*Dmitrii V. Berezkin*, Clinical Psychologist, St. Petersburg S.S. Mnukhin Rehabilitation Center “Children’s Psychiatry”, St. Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7122-8115>, e-mail: [berezkin.dm@yandex.ru](mailto:berezkin.dm@yandex.ru)

*Jean A. Gorbunov*, PhD in Psychology, Senior Researcher, Clinical Psychology and Psychophysiology Department, St Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-750X>, e-mail: [i.a.gorbunov@spbu.ru](mailto:i.a.gorbunov@spbu.ru)

Получена 04.10.2019

Received 04.10.2019

Принята в печать 01.03.2021

Accepted 01.03.2021



# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ РАБОТЕ С ИНТЕРФЕЙСАМИ «ЧЕЛОВЕК—КОМПЬЮТЕР»

## **ТУРОВСКИЙ Я.А.**

*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ),  
г. Воронеж, Российская Федерация; НИИ Проблем управления  
имени В.А.Трапезникова РАН (ФГУН ИПУ РАН),  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>, e-mail: yaroslav\_turovsk@mail.ru*

## **ГУРЕЕВ А.П.**

*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ),  
г. Воронеж, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-5329>, e-mail: gureev@bio.vsu.ru*

## **ВИТКАЛОВА И.Ю.**

*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ);  
Воронежский государственный университет инженерных технологий (ФГБОУ ВО ВГУИТ),  
г. Воронеж, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5881-0845> e-mail: vitkalovai@inbox.ru*

## **ПОПОВ В.Н.**

*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ);  
Воронежский государственный университет инженерных технологий (ФГБОУ ВО ВГУИТ),  
г. Воронеж, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686> e-mail: pvn@bio.vsu.ru*

## **ВАХТИН А.А.**

*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ),  
г. Воронеж, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6319-8785> e-mail: alvahtin@gmail.com*

Цель исследования состояла в оценке параметров variability сердечного ритма пользователя интерфейсами мозг-компьютер, окулографическими, дыхательными, миографическими в зависимости от SNV (single nucleotide variation, однонуклеотидный полиморфизм) в генах, которые связаны с функционированием вегетативной нервной системы. Variability сердечного ритма (BCR) является индикатором работы сердечно-сосудистой системы и ряда механизмов регуляции жизнедеятельности организма и поэтому может быть использована для оценки невро-психического состояния человека-оператора. В работе проведен анализ связи точечных мутаций генов HTR2A, APOE и TRH2 с показателями BCR при освоении пользователями ряда интерфейсов «человек—компьютер»: «мозг—компьютер», окулографических, миографических и дыхательных. Работа интерфейса «мозг—компьютер» основывалась на регистрации стабильных (устоявшихся) зрительных вызванных потенциалов; окулографический интерфейс обеспечивал набор текста движением глаз; миографический интерфейс обеспечивал выполнение того же задания, что и два указанных выше интерфейса, за счет изменения мышечной активности пользователя; дыхательный интерфейс — за счет изменения режима дыхания. Показано, что SNV генов HTR2A и TRH2, участвующих в метаболизме серотонина, связаны с показателями BCR при освоении нейрокомпьютерных интерфейсов. Носители С-аллели SNV



rs6313 гена HTR2A характеризуются более высокими показателями тонических влияний на ВСР при работе с окулографическим интерфейсом, что, вероятно, связано с увеличением экспрессии серотонинового рецептора, который участвует в вегетативной регуляции сердечного ритма. Генотип T/T SNV rs4290270 гена TPH2 связан с большим разбросом кардиоинтервалов в случае работы оператора с окулографическим и дыхательным интерфейсами. Вероятно, такого рода взаимосвязь формируется по мере увеличения экспрессии гена TPH2, катализирующего процессы, которые протекают на стадии синтеза серотонина.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, полиморфизм, HTR2A, TPH2, серотонин, вегетативная нервная система, интерфейс «человек—компьютер».

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 17-29-02505 офи\_м.

**Для цитаты:** Туровский Я.А., Гуреев А.П., Виткалова И.Ю., Попов В.Н., Вахтин А.А. Генетические особенности вариабельности сердечного ритма при работе с интерфейсами «человек—компьютер» // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 172—186. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140108>

## GENETIC FEATURES OF DYNAMICS OF HEART RATE VARIABILITY AT WORK WITH PERSPECTIVE HUMAN-COMPUTERS INTERFACES

### **YAROSLAV A. TUROVSKIY**

*Voronezh State University, Voronezh, Russia; V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>, e-mail: [yaroslav\\_turovsk@mail.ru](mailto:yaroslav_turovsk@mail.ru)

### **ARTEM P. GUREEV**

*Voronezh State University, Voronezh, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-5329>, e-mail: [gureev@bio.vsu.ru](mailto:gureev@bio.vsu.ru)

### **INNA YU. VITKALOVA**

*Voronezh State University; Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5881-0845> e-mail: [vitkalovai@inbox.ru](mailto:vitkalovai@inbox.ru)

### **VASILIIY N. POPOV**

*Voronezh State University; Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia.*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686> e-mail: [pvn@bio.vsu.ru](mailto:pvn@bio.vsu.ru)

### **ALEKSEY A. VAKHTIN**

*Voronezh State University, Voronezh, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6319-8785> e-mail: [alvahtin@gmail.com](mailto:alvahtin@gmail.com)

The aim of the work was to assess the parameters of the heart rate variability of the user by the interfaces of the brain-computer, oculographic, respiratory, myographic, depending on the SNV in the genes that are somehow related to the functioning of the autonomic nervous system. Heart rate variability is an indicator of the cardiovascular system and a number of mechanisms regulating the whole organism, which can be used as one of the markers of the state of a human operator. The paper analyzes the association of point mutations of the HTR2A, APOE and TPH2 genes with HRV indices when users master a number of human-comput-





er interfaces: brain-computer, oculographic, myographic and respiratory. The brain-computer interface is implemented on stable (well-established) visual evoked potentials; oculographic interface provided a set of text by eye movement, myographic provided the same task as the two above interfaces, due to changes in the user's muscular activity; respiratory interface — due to changes in breathing. It has been shown that the SNV of the HTR2A and TPH2 genes involved in serotonin metabolism are associated with HRV indices in the development of neurocomputer interfaces. The SNV rs6313 HTR2A C allele carriers are characterized by higher rates of tonic effects on HRV when working with the oculographic interface, which is probably associated with an increase in serotonin receptor expression, which is involved in the vegetative regulation of heart rhythm. The genotype T / T SNV rs4290270 of the TPH2 gene is associated with a large spread of cardiointervals. This is probably due to an increase in the expression of the TPH2 gene, which catalyzes the limiting step of serotonin synthesis.

**Keywords:** heart rate variability, polymorphism, HTR2A, TPH2, serotonin, autonomic nervous system, human-computer interface.

**Funding.** The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 17-29-02505 ofi\_m.

**For citation:** Turovskiy Ya.A., Gureev A.P., Vitkalova I.Yu., Popov V.N., Vakhtin A.A. Genetic Features of Dynamics of Heart Rate Variability at Work with Perspective Human-Computers Interfaces. *Ekspierimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 172–186. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140108> (In Russ.).

## Введение

Широкое развитие программно-аппаратных решений, связанных с регистрацией тех или иных сигналов, генерируемых человеческим организмом, стало толчком к появлению большого класса приборов, обеспечивающих ввод команд пользователя в устройства, функционирующие на основе компьютеров, в самых различных вариантах: от классических настольных до интегрированных, например, в транспортные системы. Осуществляется конструирование новых эргатических (человеко-машинных) систем, и актуальной задачей в области создания аппаратно-программных средств является оценка эффективности их работы. Под эффективностью следует подразумевать точность и скорость выполнения команд, простоту освоения человеком системы, функциональное напряжение, возникающее как при обучении, так и при работе с эргатической системой. Одними из перспективных интерфейсов «человек—компьютер» с точки зрения увеличения пропускной способности как для обычного пользователя, так и для пользователя с ограниченными возможностями являются интерфейсы «мозг—компьютер», окулографические, дыхательные, миографические [7; 13; 15; 16; 22]. Очевидно, что оценку функционального напряжения пользователя необходимо осуществлять непосредственно в ходе работы с указанными интерфейсами; и наиболее оптимальным вариантом оценки состояния нервно-психического напряжения является вариабельность сердечного ритма (ВСР) [1; 2; 4] оценка которой должна проводиться с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей человека, имеющих часто генетический характер.

Ранее нами было показано, что успешность освоения интерфейсов находится в тесной взаимосвязи с особенностями генотипа оператора, в частности, с полиморфизмами генов, которые участвуют в метаболизме серотонина [21]. Мы предполагаем, что параметры ВСР пользователей интерфейсов «мозг—компьютер», окулографических, дыхательных и мио-



графических интерфейсов также могут зависеть от SNV (single nucleotide variation) в генах, которые так или иначе связаны с функционированием вегетативной нервной системы.

Целью данной работы являлось определение взаимосвязи между ВСР при работе с нейрокомпьютерными интерфейсами и SNV в генах, связанных с функционированием серотонинергической системы мозга, поскольку данная система наиболее обширно охватывает все отделы мозга, в том числе и гипоталамо-гипофизарную систему, которая во многом опосредует реакцию организма на стресс.

Интерес представляет ген TPH2 (tryptophan hydroxylase 2), который катализирует ключевую реакцию синтеза серотонина, и ген HTR2A (5-hydroxytryptamine receptor 2A), кодирующий 5-HT<sub>2A</sub>-рецептор, способный одновременно оказывать возбуждающее и тормозящее действие в различных отделах головного мозга [14]. Дополнительно мы проанализировали мутации в генах АРОЕ (apolipoprotein E), участвующих в метаболизме липидов и холестерина в крови и мозге, оказывающих значительное влияние на ВСР и связанных с возможным развитием атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний [17; 18].

### Материалы и методы

**Регистрация ВСР.** В исследовании приняли участие 23 добровольца мужского пола в возрасте от 18 до 21 года. Работа осуществлялась в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Испытуемые проходили предварительный инструктаж и подписывали информированное согласие. Исследование одобрено этическим комитетом Воронежского государственного университета: протокол заседания № 42-03 от 13.02.2017. Все испытуемые ранее не имели опыта управления ни одним из интерфейсов, которые использовались в эксперименте. Регистрация ВСР осуществлялась прибором Поли-Спектр-12 (производство ООО «Нейрософт») при частоте дискретизации 1 кГц и включенном режекторном фильтре и фильтре дрейфа изолинии. Электроды фиксировались на конечностях испытуемого согласно стандартной схеме регистрации ЭКГ. В ходе эксперимента испытуемый располагался в кресле, заняв удобную для себя позу перед 21 LCD монитором, на котором демонстрировалась либо активная графическая форма соответствующего интерфейса (эксперимент, «работа») либо неактивная графическая форма соответствующего интерфейса (фоновая запись, «фон»). Последняя представляла собой пятиминутную регистрацию исходных значений ВСР, когда процедура управления и использование того или иного интерфейса не осуществлялись. Во всех экспериментах регистрация проводилась во второй половине дня, начиная с 14.00 часов, при этом после регистрации «фона» испытуемый переходил к работе с интерфейсом. Фоновая регистрация данных осуществлялась до эксперимента, во избежание остаточных эффектов, связанных как с необходимостью возврата вегетативной регуляции в исходное состояние, так и возможными модуляциями эмоционального фона, возникающими в ответ на выполнение или невыполнение задания. Несмотря на отсутствие возможности управления интерфейсом у испытуемых, все необходимые для управления датчики к пользователям были подключены, что обеспечило исключение возможности влияния их низкой эргономики на функциональное напряжение пользователя. При обработке результатов ВСР, после удаления артефактов, анализировались параметры среднего значения RR-интервала (M); среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ); индекса вегетативного равновесия (ИВР) [11]; значения спектральной плотности мощности (СПМ), полученные на основе преобразования Фурье



в стандартных частотных диапазонах [4]; результаты вейвлет-преобразования исходного сигнала в стандартных диапазонах, позволяющих выделить тонические и нестационарные элементы («выбросы», отражающие активные регуляторные влияния) на кривой ВСР.

Задача испытуемых состояла в наборе десяти букв для каждого из интерфейсов, выбранных случайным образом. Перед началом эксперимента испытуемый не знал последовательность букв, которые ему надо будет набрать с использованием интерфейсов. Сразу после набора одной буквы испытуемому предъявлялась следующая.

**Дыхательный интерфейс.** В ходе работы с дыхательным интерфейсом (ДИ) испытуемый должен был в эксперименте А, изменяя скорость и объем выдоха, добиваться изменения положения по оси Y курсора, перемещающегося в течение 8 секунд от левого края экрана к правому. В правой области экрана располагалось 6 блоков букв. При совмещении курсора с соответствующим блоком осуществлялся первый уровень выбора требуемого символа. Буквы выбранного блока после этого выбора формировали новый ряд из 6 блоков, каждый из которых содержал теперь только одну букву. Перемещение курсора начиналось заново, что в итоге обеспечивало выбор конкретного символа из представленных (рис. 1а).

В эксперименте Б круговое поле графического интерфейса было разбито на 6 секторов, каждый из которых был активен в течение 2 секунд, о чем пользователь информировался изменением цвета соответствующего сектора (рис. 1б). Для выбора необходимого сектора пользователю требовалось совершить интенсивный выдох. Превышение порога звукового давления на мембрану микрофона фиксировалось как выбор сектора испытуемым. Символы, находившиеся в нем, автоматически перемещались на другие, предварительно очищенные сектора. Таким образом, для выбора символа, как и в предыдущем случае, необходимо было два раза подряд правильно выбрать тот или иной блок.

Аппаратной частью электромиографического интерфейса (ЭИ) служил электроэнцефалограф «Нейрон-Спектр-4 ВП» производства ООО «Нейрософт». Электроды располагались в проекции плечелучевой мышцы на 7–10 см дистальнее латерального мыщелка плечевой кости. Межэлектродное расстояние составляло 4–5 см. Полиграфические каналы прибора обеспечивали регистрацию ЭМГ с частотой до 40кГц, которая затем потом программно снижалась до 500 Гц. Дизайн графического интерфейса полностью соответствовал дизайну графического интерфейса, используемого в эксперименте ДИ серии Б. Испытуемый должен был напрягать мышцы предплечья в случае, если подсвеченный сек-

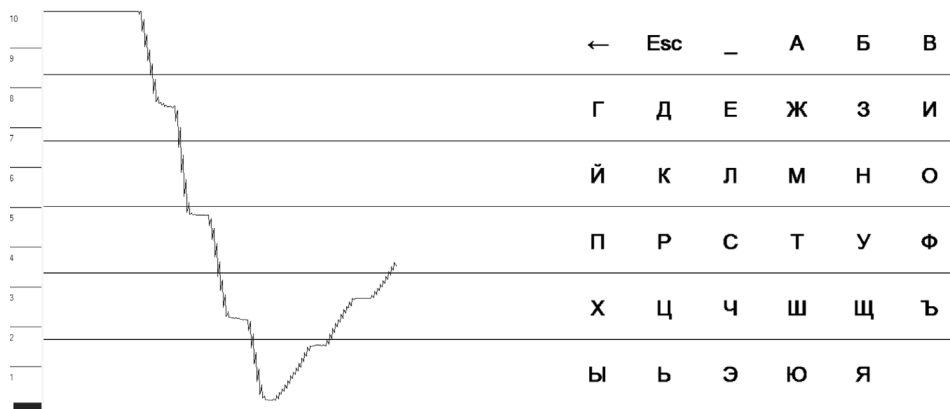


Рис. 1 а. Графический интерфейс в эксперименте А

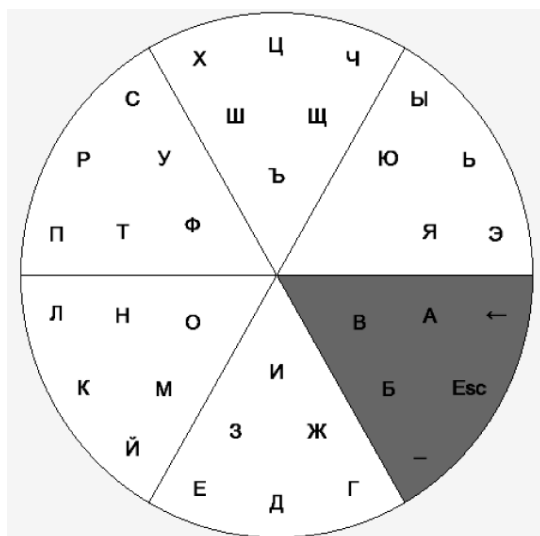


Рис. 1 б. Графический интерфейс в эксперименте Б

тор на графическом интерфейсе соответствовал блоку букв или букве, которую необходимо было выбрать.

Работа окулографического интерфейса (ОИ) основывалась на анализе видеоизображения зрачка, положение которого преобразовывалось в положение курсора на форме программы (таким образом осуществлялась обратная связь «компьютер—человек»). Задача испытуемого состояла в помещении курсора под контролем зрения на один из блоков, содержащий требуемую для выбора букву (рис. 2). После этого остальные пять блоков очищались от букв, а шесть букв выбранного блока разделялись между шестью имеющимися блоками так, что в каждом осталось по одной букве. Дальнейший выбор осуществлялся аналогично.



Рис. 2. Графическая форма видеоокулографического интерфейса.  
В верхнем левом углу выделен предварительно выбранный пользователем блок

Работа нейрокомпьютерного («мозг—компьютер») интерфейса (НКИ) основывалась на детекции устойчивых зрительных вызванных потенциалов (SSVEP). Регистрация ЭЭГ осуществлялась при помощи комплекса «Нейрон-Спектр-4 ВП» производства ООО «Нейрософт» с включенным режекторным фильтром и выключенными фильтрами вы-



соких и низких частот. Фотостимуляция осуществлялась шестью диодами белого цвета (0,5 Вт), расположенными на специальной рамке по краям монитора. Частота стимуляции составляла 9.009, 10.10, 11.11, 12.19, 13.33, 14.49 Гц. Регистрация ЭЭГ активности осуществлялась электродами в позициях О1, О2, Оз, Р3, Р4, Рз; референтным электродом служил объединенный ушной электрод. Логика изменения графического интерфейса соответствовала таковой для окулографических исследований.

Точность работы всех интерфейсов определялась по числу правильно выбранных блоков, содержащих необходимый символ, заданный испытуемому.

**Генотипирование.** Выделение ДНК из буккального эпителия проводилось с использованием набора «Проба-ГС» (ДНК-Технология, Россия). Генотипирование проводилось методом ПДРФ-анализа. ПЦР проводили на приборе Bio-Rad CFX96TM (Bio-Rad, USA) с использованием набора qPCRMix-HS (Evrogen, Russia). Общую денатурацию проводили при температуре 95°C в течение 3 мин; денатурация в начале цикла — 95°C, — 30 с; отжиг праймеров — 59–71°C, 30 с, элонгация — 72°C, 30 с; количество циклов — 35. Информация об используемых праймерах и эндонуклеаз рестрикции представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики используемых праймеров и эндонуклеаз**

№	SNV	Праймеры	Эндонуклеаза рестрикции	Размер продукта
1	rs6313	F: TGAGCTCAACTACGAACCTCCCTA R: AGAGACACGACGGTGAGAGG	Msp I	T/T — 172 C/C — 99; 72 C/T — 172; 99; 72
2	rs429358	F: CGCCTCGCCTCCCACCTGAGCAAG R: CGCTCGTCGCCCTCGCGGG	HspA I	T/T — 72 C/C — 45; 27 T/C — 72; 45; 27
3	rs4570625	F: GGCTAAATTGAACCCTTACCTTT R: GGTAATCAAGATATCCATTGCC	Psi I	G/G — 301 T/T — 89; 212 G/T — 89; 212; 301
4	rs4290270	F: TTTTGTTTTGGGTGCCATTT; R: TGCATGGGAAGGGTATTTTC	FauND I	T/T — 209 A/A — 134; 76 T/A — 209; 134; 76

В статистическом анализе полученных результатов использовались методы дескриптивной статистики. Учитывая, что распределения большинства показателей не являются нормальными, применялись критерии непараметрической статистики: критерии Краскела—Уоллиса, Манна—Уитни, Фридмана и Вилкоксона для парных случаев [3; 5], при этом параметр  $\alpha$  принимался равным 5%. Учитывался эффект множественных сравнений. Обработка осуществлялась как в программном пакете Statistica 8.0 так и в оригинальном ПО. Конкретная версия пакета Statistica 8.0 верифицировалась тестовыми выборками с известными результатами обработки.

**Результаты и обсуждение**

**Показатели ВСП при работе с интерфейсами «человек—компьютер».**

Результаты проведенного анализа SNV rs4570625 гена TPH2, который катализирует лимитирующую реакцию синтеза серотонина, указывают на единственное различие: при



работе с миографическим интерфейсом показатели вегетативного равновесия (индекс, рассчитанный по Р.М. Баевскому) для генотипа G/G были значимо ( $p < 0,033$ , критерий Манна—Уитни) ниже, чем для генотипа G/T. Однако это наблюдение является единичным, как для исследуемой мутации, так и для исследуемого интерфейса, что не позволяет сделать выводы о её возможном влиянии на исследуемый процесс.

### ***Взаимосвязь между показателями ВСП и SNV rs6313.***

Взаимосвязи между SNV rs6313 и показателями ВСП при работе с различными интерфейсами выявили широкий спектр различий. Как известно, показатель SD отражает суммарную активность управляющих влияний на вариабельность сердечного ритма. Таким образом, гомозиготы C/C имели больший размах регуляторных воздействий (рис. 3) для окулографического интерфейса. При этом был выявлен более высокий уровень моды квадратов коэффициентов вейвлет-преобразования значений этого же генотипа в LF-частотном диапазоне (рис. 4), связываемого либо с симпатическими влияниями, либо с активностью сосудодвигательного центра [6; 19]. Модальные значения в аспекте анализа ВСП можно интерпретировать как тоническую активность управляющих центров (симпатических или сосудодвигательных). Генотип C/C в SNV rs6313 ассоциирован с увеличением экспрессии 5'-нетранслируемой области гена HTR2A, что приводит к увеличению эффективности трансляции этого гена и увеличению концентрации белка 5-HT<sub>2A</sub>-рецептора [20]. Изменение экспрессии HTR2A в ядрах одиночного пути (лат. nucleus tractus solitarii) участвует в вегетативной регуляции сердечного ритма и кровяного давления [10]. Также значимые различия были выявлены при работе с НКИ: значения SD у лиц с генотипом C/T значимо уступали пользователям, у которых был выявлен генотип C/C ( $50 \pm 5$ мс;  $84 \pm 16$ мс;  $p = 0,035$ , критерий Краскела—Уоллиса). Таким образом, как и в случае с окулографическим интерфейсом, выявлена связь CC-гомозиготы с более выраженными влияниями на вегетативное управление ВСП в результате увеличения экспрессии гена HTR2A [20]. Аналогично в несколько раз различались и показатели частотно-временной картины ВСП, полученной на основе вейвлет-преобразования. Для C-аллеля характерны более высокие показатели тонических влияний на ВСП, представленных модальными значениями квадратов коэффициентов вейвлет-преобразования ( $80223 \pm 20798$  мс<sup>2</sup> для T-аллеля и  $250265 \pm 83429$  мс<sup>2</sup> для C-аллеля). Суммарная мощность так называемых «выбросов» — областей, где структура ВСП в исследуемом частотном диапазоне резко изменялась, отражая активные регуляторные воздействия, — также отличалась более высокими значениями в случае C-аллеля, чем в случае T-аллеля:  $349669 \pm 152920$  (нижний квантиль 98042, мода 243551, верхний квантиль 377323) мс<sup>2</sup> против  $175573 \pm 75941$  (нижний квантиль 53745, мода 87049, верхний квантиль 120335) мс<sup>2</sup> соответственно ( $p = 0,033$ , критерий Краскела—Уоллиса).

### ***Взаимосвязь между показателями ВСП и SNV rs4290270.***

Наибольшее количество различий в показателях вегетативного равновесия было обнаружено при анализе взаимосвязи между ВСП и SNV rs4290270 гена TRH2 (табл. 2). Выявленные изменения подтверждаются и классическими методами анализа ВСП. Так, индекс вегетативного равновесия для T/T-генотипа значимо ( $p < 0,05$ ) ниже, чем для гетерозиготного носителя (рис. 5).

С учетом того, что не было обнаружено различий в «фоновых» значениях в серии экспериментов с окулографическим интерфейсом в зависимости от точечных мутаций, сле-



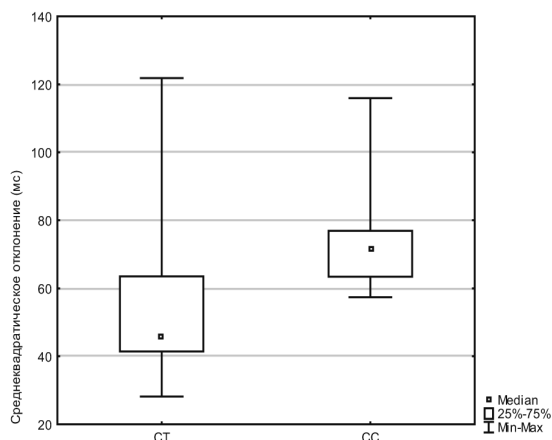


Рис. 3. Показатели среднеквадратического отклонения-RR интервалов при работе с окулографическим интерфейсом ( $p=0.033$ , критерий Манна—Уитни)

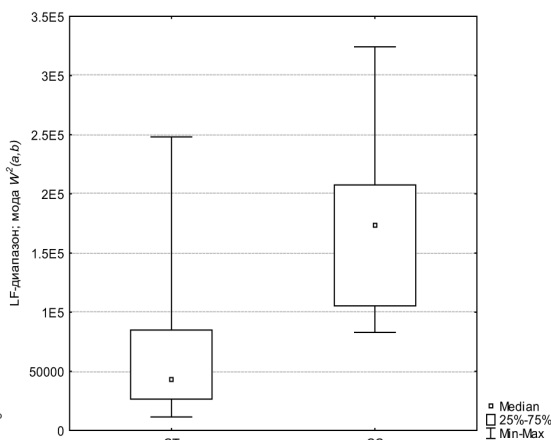


Рис. 4. Выраженность тонических (фоновых) воздействий (мода квадратов коэффициентов вейвлет-преобразования в LF-диапазоне) на ВСР при работе с окулографическим интерфейсом ( $p=0.01$ , критерий Манна—Уитни)

Таблица 2

**Значения результатов вейвлет-преобразования HF ВСР при работе с окулографическим интерфейсом ( $M \pm m$ ;  $Q25$ ,  $Me$ ,  $Q75$ ,  $mc2$ )**

Генотип	мода ( $W^2(a,b)$ ) ( $p=0,026$ )	Среднеквадратическое отклонение ( $W^2(a,b)$ ) ( $p=0,035$ )	«Выбросы» ( $W^2(a,b)$ ) ( $p=0,035$ )
A/T	1685,99±690,53; 368; 1004; 1575	1218,85±536,14; 352; 686; 1385	2430,66±1275,28; 727; 1138; 1778
T/T	10127,84±6527,050 1101; 3334; 5804	26029,40±22586,53 862; 3000; 4453	63098,64±55741,16; 1790; 4836; 10131

Примечание: сравнение проведено по критерию Манна—Уитни.

дует признать, что работа с окулографическим интерфейсом приводит к существенному усилению регуляторного влияния парасимпатического отдела ВНС для генотипа Т/Т. При этом повышаются как тонические влияния (мода ( $W^2(a,b)$ )), так и активные регулирующие воздействие («Выбросы» ( $W^2(a,b)$ )).

Так, результаты анализа свидетельствуют о более низких значениях индекса вегетативного равновесия в случае Т/Т-генотипа и в то же время о более высоких значениях среднеквадратического отклонения RR-интервалов (рис. 5). При анализе результатов работы с ДИ были также выявлены разные паттерны ВСР в зависимости от выявленных точечных мутаций (табл. 3). Как видно из табл. 3, при изменении режима дыхания, необходимого для работы с ДИ, в случае Т/Т определяются существенно более высокие значения активности как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС. При этом прослеживается та же динамика вегетативной активности, что и при работе с ОИ: наблюдается рост как тонических влияний, так и активных регуляторных воздействий. Однако в отличие от ОИ изменения затрагивают и симпатический отдел ВНС (или сосудодвигательный центр), что, вероятно, объясняется существенно большим влиянием изменения режима дыхания при работе с ДИ в отличие от вариантов ОИ, НКИ и ЭИ. Такие результаты могут объясняться

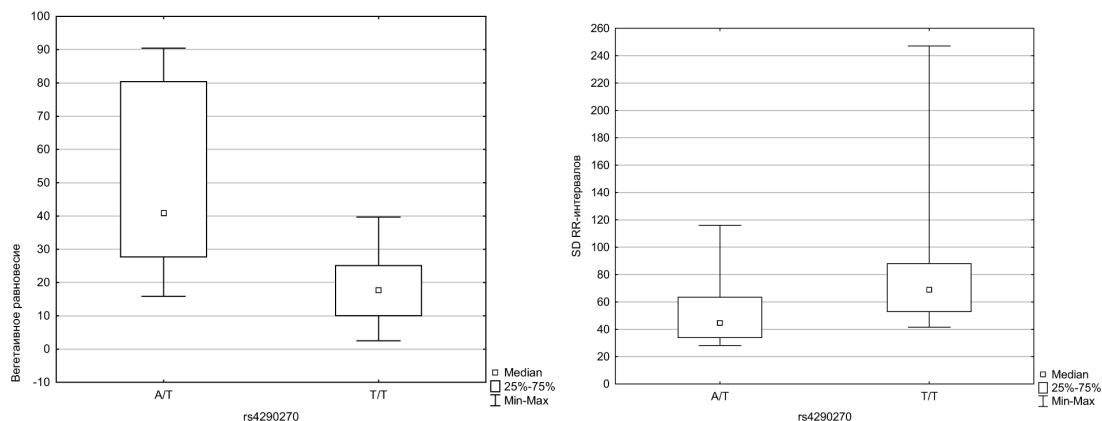


Рис. 5. Значения индекса вегетативного равновесия ( $p < 0,002$ , критерий Манна–Уитни) и среднеквадратического отклонения RR интервалов ( $p = 0,03$ , критерий Манна–Уитни) при работе с окулографическим интерфейсом

изменением уровня серотонина, который, как известно, играет ключевую роль в регуляции вегетативной нервной системы [8]. При этом уровень серотонина напрямую зависит от экспрессии гена TRH2, белок которого катализирует лимитирующую реакцию синтеза серотонина [9]. Т-аллель в SNV rs4290270 ассоциирована с более высоким уровнем экспрессии гена TRH2. Это может приводить к увеличению уровня серотонина в головном мозге и активации как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС.

Итак, результаты анализа ВСР указывают на одинаковую динамику показателей среднеквадратического отклонения для различных генотипов, как в эксперименте А, где испытуемым было необходимо поддерживать уровень выдыхаемого воздуха в определенном диапазоне, так и в эксперименте Б. При анализе генотипа Т/Т обнаруживается больший разброс кардиоинтервалов (рис. 6), что можно интерпретировать как большую выраженность регуляторных влияний ВНС, находящейся в тесной взаимосвязи с изменением уровня серотонина [12]. Схожие различия продемонстрированы и в результатах, полученных на основе спектрального анализа. При отсутствии различий в HF-диапазоне при разделении групп по генотипу обнаруживаются значимо большие значения СПМ LF-диапазона в случае Т/Т-генотипа. Таким образом, при работе с дыхательным интерфейсом вне зависимости от характера этой работы (поддержание воздушного потока на нужном уровне или короткие и интенсивные его изменения) в первую очередь изменяются параметры частотного диапазона, связанного с симпатическим отделом ВНС, влияния которого и обеспечивают серотонин-индуцируемые изменения ВНС. При анализе динамики результатов вейвлет-преобразования между фоновым состоянием пользователя и работой с ДИ получены результаты, представленные в табл. 4. Во всех экспериментальных пробах наблюдается увеличение как тонических влияний на ВСР, так и активных регуляторных воздействий. Анализ специфики работы с НКИ (ИМК) позволил выявить изменения, связанные с активностью симпатического отдела ВНС. В случае Т/Т-генотипа показатели активности симпатического отдела ВНС являются более высокими ( $p < 0,046$ ); при этом в ходе работ с интерфейсом носители этого генотипа в значительно меньшей степени ( $p < 0,03$ ) реагировали снижением СПМ в LF диапазоне, чем носители гетерозиготы.



Таблица 3

**Значения результатов вейвлет-преобразования ВСР при работе  
 с дыхательным интерфейсом ( $M \pm m$ ; Q25, Me, Q75;  $ms^2$ )**

rs 4290270		Эксперимент А		Эксперимент Б	
		А/Т	Т/Т	А/Т	Т/Т
HF-диапазон	мода ( $W^2(a,b)$ )	2354±652; 950; 1452; 3734 ( $p=0,003$ )	16168±6830; 2375; 8694; 13421	2574±948; 580; 1051; 4244( $p=0,016$ )	9576±2565; 3042; 5935; 15234
	$\sigma$ ( $W^2(a,b)$ )	2821±919; 687; 1613; 5962( $p=0,03$ )	28520±19372 2049; 7396; 15841	3301±1559; 550; 871; 4406 ( $p=0,016$ )	11988±3466; 2639; 5608; 21755
	«Выбросы» ( $W^2(a,b)$ )	5946±2151; 1226; 3095; 10180 ( $p=0,04$ )	66639±47761; 3851; 15422; 30833	7157±3807 1165; 1496; 8667 ( $p=0,01$ )	25550±7924; 5318; 11355; 31530
LF-диапазон	мода ( $W^2(a,b)$ )	133902±25201; 92481; 106347; 207698 ( $p=0,03$ )	284038±53946135308; 208708; 358422	84010±16012** 38834; 77606; 135284 ( $p=0,0006$ )	224072,7± 28722,36; 160350; 198282; 263004
	$\sigma$ ( $W^2(a,b)$ )	100088±17082; 60029; 96225; 163338 ( $p=0,008$ )	320693±97157121506; 168163; 410315	72446± 1647324772; 63143; 125536( $p=0,0004$ )	225033,7± 35693,52; 157895; 181485; 204559
	«Выбросы» ( $W^2(a,b)$ )	173234± 35103; 87216; 145774; 264184 ( $p=0,005$ )	721502± 228108; 244895; 324878; 927691	137834±36412 48731; 109861; 208617 ( $p=0,001$ )	441853±80579; 279109; 320384; 418179

Примечание: сравнение проведено по критерию Манна—Уитни

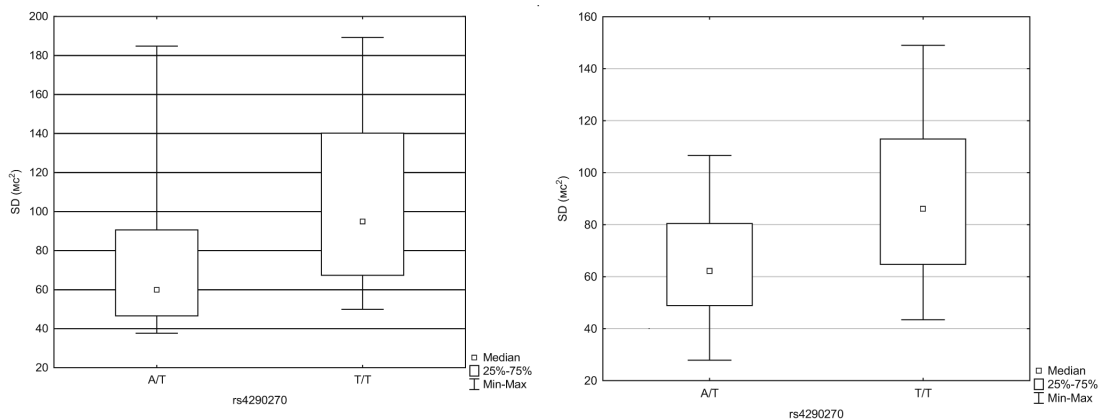


Рис. 6. Среднеквадратическое отклонение последовательности RR-интервалов при работе с ДИ (эксперимент А слева, эксперимент Б справа); различия значимы ( $p=0,0465$ , критерий Манна—Уитни)

**Взаимосвязь между показателями ВСР и SNV rs429358.**

В данном случае различия выявлены для SNV rs429358 (рис. 7). В случае С-мутации работа с ОИ приводит к росту активности регуляторных парасимпатических влияний, при этом тонические парасимпатические влияния сохраняются неизменными. Ранее было



Таблица 4

**Разность показателей вейвлет-анализа ВСР в фоновом состоянии пользователя и при его работе с ДИ (эксперимент А) в зависимости от мутации rs 4290270. (M±m; Q25, Me, Q75; mc2)**

Генотип	HF диапазон		
	мода (W <sup>2</sup> (a,b))	σ (W <sup>2</sup> (a,b))	«Выбросы» (W <sup>2</sup> (a,b))
A/T	-729±717 -2084; -472; -25	-708±991 -1265; -273; 21	-1219± 2303 -1845; -404; -23
T/T	-12891±6888-10413; -4450; -1990 (p=0,007)	-24281±19549 -9362; -2310; -276 (p=0,03)	-57297± 48223 -18504; -4853; -1028 (p=0,046)

Примечание: сравнение по критерию Манна–Уитни.

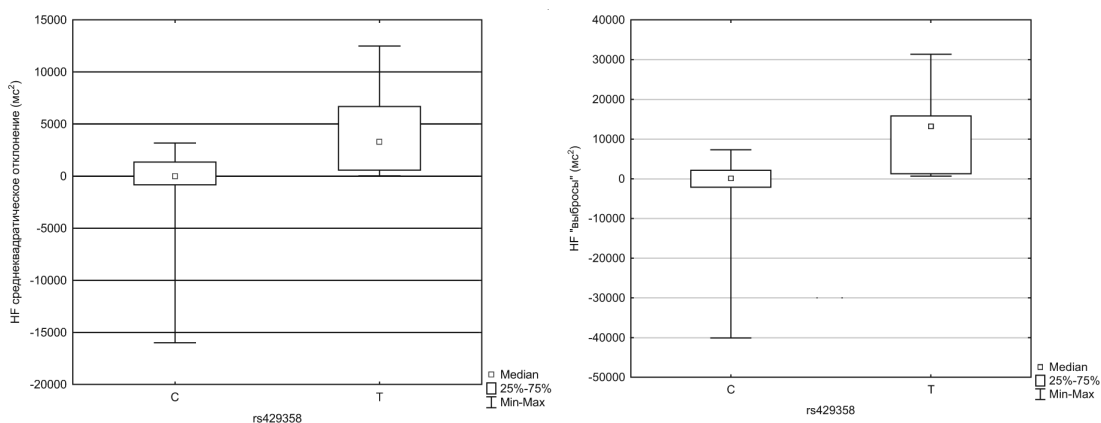


Рис. 7. Значения разности показателей вейвлет-анализа в HF-диапазоне ВСР в фоновом состоянии и при работе пользователя ОИ. Различия статистически значимы (p=0,01; p=0,007 соответственно; критерий Манна–Уитни)

показано, что мутации в генах, участвующих в метаболизме липидов, в частности в гене АРОЕ, могут оказывать влияние на параметры ВСР, однако непосредственной связи с SNV rs429358 выявлено не было [18]. В целом можно отметить, что при работе с ОИ именно парасимпатические влияния претерпевают наиболее значимые изменения, различающиеся в зависимости от генотипа пользователя.

### Заключение

В работе проведен анализ взаимосвязи SNV в генах НТR2А, АРОЕ и ТРН2 с показателями ВСР при освоении пользователями ряда интерфейсов «человек–компьютер»: «мозг–компьютер», окулографических, миографических и дыхательных. Результаты анализа свидетельствуют о том, что в ряде случаев определяется взаимосвязь SNV с особенностями вегетативной регуляции variability сердечного ритма, заключающаяся как в изменении тонических воздействий, так и характеристик кратковременных воздействий на ВСР. С-аллели полиморфизма rs6313 гена НТR2А характеризуются более высокими показателями тонических влияний на ВСР, что, вероятно, связано с увеличением уровня белка серотонинового рецептора, который участвует в вегетативной регуляции сердечного ритма. Генотип Т/Т SNV rs4290270 гена ТРН2 связан с большим разбросом кардиоинтервалов.



Такого рода взаимосвязь может объясняться увеличением экспрессии гена TRN2, которое, в свою очередь, приводит к увеличению уровня серотонина в головном мозге вследствие активации как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС. Результаты проведенного исследования позволяют расширить представления о генетической детерминированности уровня функционального напряжения при освоении перспективных интерфейсов «человек—компьютер».

### Литература

1. Бабуця И.В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю.А. Азбука анализа variability сердечного ритма. Ставрополь. 2002. 109 с.
2. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. 2002. Т 28. № 2. С. 70—82.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика. 1998. С. 459.
4. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. 4-е изд. перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2007. С. 640.
5. Рушион Р. Справочник по непараметрической статистике. Современный подход / Перевод с англ. Е.З. Демиденко. М.: Финансы и статистика. 1982. 198 с.
6. Рябькина Г.В., Соболев А.В. Variability ритма сердца. М.: СТАРКО. 1998: 200 с.
7. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Алексеев А.В. Анализ движения глаз человека при управлении самоходным шасси с использованием системы видеоокулографического интерфейса // Сенсорные системы. 2017. № 31 (1). С. 51—58 с.
8. Alenina N., Kikic D., Todiras M., Mosienko V., Qadri F., Plehm R., Boye P., Vilianovitch L., Sohr R., Tenner K., Hörtnagl H., Bader M. Growth retardation and altered autonomic control in mice lacking brain serotonin. Proc Natl Acad Sci USA. 2009. 106. № 25. P. 10332-7. doi: 10.1073/pnas.0810793106
9. Chen G.L., Miller G.M. Tryptophan hydroxylase-2: an emerging therapeutic target for stress disorders // Biochem Pharmacol. 2013. № 85. № 9. P. 227-33. doi: 10.1016/j.bcp.2013.02.018.
10. omet M.A., Bernard J.F., Hamon M., Laguzzi R., Sévoz-Couche C. Activation of nucleus tractus solitarius 5-HT<sub>2A</sub> but not other 5-HT<sub>2</sub> recep-tor subtypes inhibits the sympathetic activity in rats // Eur J Neurosci. 2007. Vol. 26 (2). P. 345—354.
11. Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // European Heart Journal. 1996. Vol. 17 (3). P. 354—381.
12. Jordan D. Vagal control of the heart: central serotonergic (5-HT) mechanisms // Exp Physiol. 2005. Vol. 90 (1). P. 175—181.
13. Lotte F., Congedo M., Lécuyer A., Lamarche F., Arnaldi B. A review of classification algorithms for EEG-based brain—computer interfaces // Journ. Neural Eng. 2007. Vol. 4 (2). doi: 10.1088/1741-2560/4/2/R01
14. Martin P., Waters N., Schmidt C.J., Carlsson A., Carlsson M.L. Rodent data and general hypothesis: antipsychotic action exerted through 5-Ht<sub>2A</sub> receptor antagonism is dependent on increased serotonergic tone // J Neural Transm (Vienna). 1998. Vol. 105 (4—5). P. 365—396.
15. Martin W.C. Upper Limb Prosthesis: A Review of the Literature With a Focus on Myoelectric Hands. WorkSafeBC. 2011. P. 90.
16. McFarland D.J., Wolpaw J.R. Brain—computer interfaces for communication and control // Commun ACM. 2011. Vol. 54(5). P. 60—66.
17. Puglielli L., Tanzi R.E., Kovacs D.M. Alzheimer’s disease: the cholesterol connection // Nat Neurosci. 2003. Vol. 6(4). P. 345—351.
18. Ren C., Baccarelli A., Wilker E., Suh H., Sparrow D., Vokonas P., Wright R., Schwartz J. Lipid and endothelium-related genes, ambient particulate matter, and heart rate variability — the VA Normative Aging Study // J Epi-demiol Community Health. 2010. Vol. 64(1). P. 49—56.
19. Schächinger H., Weinbacher M., Kiss A, Ritz R., Langewitz W. Cardiovascular Indices of Peripheral and Central Sympathetic Activation // Psychosomatic Medicine. 2001. Vol. 63(5). P. 788—796.
20. Smith R.M., Papp A.C., Webb A., Ruble C.L., Munsie L.M., Nisenbaum L.K., Kleinman J.E., Lipska B.K., Sadee W. Multiple regulatory variants modulate expression of 5-hydroxytryptamine 2A receptors in human cortex // Biol Psychiatry. 2013. Vol. 73 (6). P. 546—554/



21. Turovskiy Ya.A., Gureev A.P., Vitkalova I.Yu., Popov V.N. Connection between polymorphisms in HTR2A, TPH2, BDNF, TOMM40 genes and the successful mastering of human–computer interfaces // *J Genet.* 2019. 98, P. 93. doi:10.1007/s12041-019-1138-6
22. Zhang Y., Guo D., Xu P., Yao D. Robust frequency recognition for SSVEP-based BCI with temporally local multivariate synchronization index // *Cogn Neurodyn.* 2016. Vol. 10 (6). P. 505–511.

## References

1. Babunts I.V., Mirzhanyan E.M., Mashahah Yu.A. The ABC of Heart Rate Variability Analysis. Stavropol. 2002. p. 109. (in Russ.).
2. Baevsky R.M. Analysis of heart rate variability in space medicine. *Human Physiology.* 28 (2). P. 70–82. (in Russ.).
3. Glantz S. Biomedical statistics. M.: Practice. 1998. P. 459. (in Russ.).
4. Kulaichev A.P. Computer electrophysiology and functional diagnostics. Ed. 4th, pererabot. and add. M.: INFRA-M, 2007: p. 640. (in Russ.).
5. Runion R. Handbook of nonparametric statistics. Modern approach. Translation from English E.Z. Demidenko. M.: Finance and Statistics. 1982. 198 p. (in Russ.).
6. Ryabykina G.V., Sobolev A.V. Heart rate variability. M.: STARCO. 1998: 200 c. (in Russ.).
7. Turovskiy Ya.A., Kurgalin S.D., Alekseev A.V. Analysis of the movement of human eyes in the management of self-propelled chassis using a video-cusographic interface system. *Sensory Systems.* 2017; 31 (1): 51–58 s. (in Russ.).
8. Alenina N., Kikic D., Todiras M., Mosienko V., Qadri F., Plehm R., Boye P., Vilianovitch L., Sohr R., Tenner K., Hörtnagl H., Bader M. Growth retardation and altered autonomic control in mice lacking brain serotonin. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009. 106 (25).
9. Chen G.L., Miller G.M. Tryptophan hydroxylase-2: an emerging therapeutic target for stress disorders. *Biochem Pharmacol.* 2013. 85 (9).
10. Comet M.A., Bernard J.F., Hamon M., Laguzzi R., Sévoz-Couche C. Activation of the nucleus tractus solitarius 5-HT<sub>2A</sub> but not other 5-HT<sub>2</sub> receptor subtypes inhibits the sympathetic activity in rats. *Eur J Neurosci.* 2007. 26 (2). P. 345–354.
11. Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal.* 1996. 17 (3). P. 354–381.
12. Jordan D. Vagal control of the heart: central serotonergic (5-HT) mechanisms. *Exp Physiol.* 2005. 90 (1). P. 175–181.
13. Lotte F., Congedo M., Lécuyer A., Lamarche F., Arnaldi B. A EEG-based brain – computer interfaces. *Journ. Neural Eng.* 2007. 4 (2): R1 – R13.
14. Martin P., Waters N., Schmidt C.J., Carlsson A., Carlsson M.L. Rodent data and general hypothesis: antipsychotic action exerted through 5-Ht<sub>2A</sub> receptor antagonism is increased by increased serotonergic tone. *J Neural Transm (Vienna).* 1998. 105 (4–5). P. 365–396.
15. Martin W.C. Upper Limb Prostheses: A Review of the Literature with Hands on Hands. *Evidence-Based Practice Group.* 2011. P. 90.
16. McFarland D.J., Wolpaw J.R. Brain – computer interfaces for communication and control. *Commun ACM.* 2011. 54 (5). P. 60–66.
17. Puglielli L., Tanzi R.E., Kovacs D.M. Alzheimer’s disease: the cholesterol connection. *Nat Neurosci.* 2003. 6 (4). P. 345–351.
18. Ren C., Baccarelli A., Wilker E., Suh H., Sparrow D., Vokonas P., Wright R., Schwartz J. Lipid and endothelium-related genes, ambient particulate matter, and heart rate variability – the VA Normative Aging Study. *J Epi-demiol Community Health.* 2010. 64 (1). P. 49–56.
19. Schächinger, H., Weinbacher, M., Kiss A, Ritz R., Langewitz, W. Cardiovascular Indices of Peripheral and Central Sympathetic Activation. *Psychosomatic Medicine.* 2001. 63 (5). P. 788–796.
20. Smith R.M., Papp A.C., Webb A., Ruble C.L., Munsie L.M., Nisenbaum L.K., Kleinman J.E., Lipska B.K., Sadee W. Multiple regulatory modulation expression of human cortex. *Biol Psychiatry.* 2013. 73 (6). P. 546–554.
21. Turovskiy Ya.A., Gureev A.P., Vitkalova I.Yu., Popov V.N. Connection between polymorphisms in HTR2A, TPH2, BDNF, TOMM40 genes and the successful mastering of human–computer interfaces. *J Genet.* 2019. 98. P. 93.





22. Zhang Y., Guo D., Xu P., Yao D. Robust frequency response for SSVEP-based BCI with temporally local multivariate synchronization index. *Cogn Neurodyn.* 2016. 10 (6). P. 505–511.

### **Информация об авторах**

*Туровский Ярослав Александрович*, доктор технических наук, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий лабораторией медицинской кибернетики факультета компьютерных наук, Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ), г. Воронеж, Российская Федерация; старший научный сотрудник НИИ Проблем управления имени В.А.Трапезникова РАН (ФГУН ИПУ РАН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>, e-mail: yaroslav\_turovsk@mail.ru

*Гуреев Артём Петрович*, ассистент кафедры генетики, цитологии и биоинженерии, Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ), г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-5329>, e-mail: gureev@bio.vsu.ru

*Виткалова Инна Юрьевна*, аспирант кафедры биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (ФГБОУ ВО ВГУИТ); лаборант кафедры генетики, цитологии и биоинженерии Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ), г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5881-0845> e-mail: vitkalovai@inbox.ru

*Попов Василий Николаевич*, ректор, Воронежский государственный университет инженерных технологий (ФГБОУ ВО ВГУИТ); заведующий кафедрой генетики, цитологии и биоинженерии Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ), г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686> e-mail: pvn@bio.vsu.ru

*Вахтин Алексей Александрович*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры программирования и информационных технологий факультета компьютерных наук, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6319-8785> e-mail: alvahtin@gmail.com

### **Information about the authors**

*Yaroslav A. Turovsky*, Doctor of Technical Sciences, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor Head of the Laboratory of Medical Cybernetics, Faculty of Computer Science, Voronezh State University (FSBEI HE, Voronezh State University), Vronezh, Russian Federation; Senior Researcher, Research Institute for Management Problems named after V.A.Trapeznikova RAS, Moscow, Russian Federation ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>, e-mail: yaroslav\_turovsk@mail.ru.

*Artyom P. Gureev*, Assistant, Department of Genetics, Cytology and Bioengineering Voronezh State University (FSBEI HE, Voronezh State University), Vronezh, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-5329>, e-mail: gureev@bio.vsu.ru

Inna Yu. Vitkalova, Postgraduate Student, Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh State University; Laboratory Assistant, Department of Genetics, Cytology and Bioengineering Voronezh State University (Voronezh State University), Voronezh, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5881-0845> e-mail: vitkalovai@inbox.ru

*Vasily N. Popov*, Rector, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh State University); Head of the Department of Genetics, Cytology and Bioengineering Voronezh State University (Voronezh State University), Voronezh, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686> e-mail: pvn@bio.vsu.ru

*Aleksey A. Vakhtin*, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Programming and Information Technology, Faculty of Computer Science, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6319-8785> e-mail: alvahtin@gmail.com

Получена 26.03.2019

Принята в печать 01.03.2021

Received 26.03.2019

Accepted 01.03.2021



# УВЛЕЧЕННОСТЬ РАБОТОЙ И БЛАГОПОЛУЧИЕ ПРИ РАБОТЕ В КЛИНИКЕ ТЯЖЕЛЫХ СОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ: РОЛЬ ЛИЧНОСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ У ВРАЧЕЙ-КЛИНИЦИСТОВ И СОТРУДНИКОВ ЛАБОРАТОРИЙ

## **ХРУЩЕВ С.О.**

*Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-8740>, e-mail: [khrushchevsergei@gmail.com](mailto:khrushchevsergei@gmail.com)*

## **ВЫБОРНЫХ Д.Э.**

*Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7506-4947>, e-mail: [dvyb@yandex.ru](mailto:dvyb@yandex.ru)*

## **РАССКАЗОВА Е.И.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-5238>, e-mail: [e.i.rasskazova@gmail.com](mailto:e.i.rasskazova@gmail.com)*

## **ТХОСТОВ А.Ш.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9676-4096>, e-mail: [tkhostov@gmail.com](mailto:tkhostov@gmail.com)*

## **САВЧЕНКО В.Г.**

*Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-5557>, e-mail: [director@blood.ru](mailto:director@blood.ru)*

Современный этап развития организационной психологии характеризуется интересом к дифференциации различных состояний на рабочем месте и поиском тех личностных и организационных ресурсов, которые способствуют большей увлеченности работой и препятствуют риску формирования эмоционального выгорания, зависимости от трудовой деятельности, нарушению баланса работы и жизни и др. Цель исследования — выявление личностных предикторов неблагоприятия на рабочем месте у врачей, лично работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями, и врачей-сотрудников лабораторий, работающих с теми же пациентами без регулярного личного контакта. 180 врачей, работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями (94 клинициста и 86 сотрудников лабораторий), заполняли шкалу удовлетворенности жизнью, Утрехтскую шкалу увлеченности работой, субшкалу эмоционального истощения из шкалы выгорания, Голландскую шкалу скуки на рабочем месте и трудовой зависимости, вторую версию опросника «Большая пятерка» и третью версию многокомпонентного клинического опросника Т. Миллона. Согласно полученным результатам, различия между клиницистами, непосредственно контактирующими с пациентами, и сотрудниками лабораторий заключаются в более высоком уровне трудолюбия у первых, особенно у молодых клиницистов, что может объясняться как личностными, так и организационными ресурсами, способствующими успешному совладанию со стрессом в данной выборке. Личностные особенности клиницистов соответствуют их профессиональному выбору и развитию, включая склонность к пози-



тивной самопрезентации, доминантности, важность для них внимания и признания. Характерные для сотрудников лабораторий педантичность и скрупулезность могут способствовать их профессиональной успешности, тогда как избегающий личностный паттерн и паттерн самозащиты согласуются с их предпочтением лабораторной, в отличие от клинической, работы. Данные свидетельствуют в пользу функциональной противоположности трудоголизма и скуки, первый сопряжен с более высоким, а вторая — с более низким уровнем эмпатии и педантизма. В обеих группах депрессивный личностный паттерн связан с большей скукой на рабочем месте, эмоциональным истощением и общей неудовлетворенностью жизнью; кроме того, риск эмоционального истощения выше при нестабильности эмоций и низким уровне динамизма. Таким образом, высокий уровень трудоголизма в группе клиницистов свидетельствует о важности профилактики зависимости от работы у сотрудников, непосредственно работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями, особенно у более молодых клиницистов, с высоким уровнем доминантности, эмпатии и педантичности (иными словами, у тех, кто обычно успешен в работе и не обращается за психологической помощью), а также у склонных к избегающему или зависимому личностному паттерну, также нарушающему установление баланса работы и жизни.

**Ключевые слова:** личностные особенности, благополучие на рабочем месте, медицинская деонтология, клиника тяжелых соматических заболеваний.

---

**Для цитаты:** Хрущев С.О., Выборных Д.Э., Рассказова Е.И., Тхостов А.Ш., Савченко В.Г. Увлеченность работой и благополучие при работе в клинике тяжелых соматических заболеваний: роль личностных особенностей у врачей-клиницистов и сотрудников лабораторий // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 187—203. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140109>

## ENGAGEMENT IN WORK AND WELL-BEING IN A CLINIC OF SEVERE SOMATIC DISEASES: THE ROLE OF PERSONAL FEATURES IN CLINICIANS AND LABORATORY EMPLOYEES

**SERGEY O. KHRUSHEV**

*The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-8740>, e-mail: [khrushchevsergei@gmail.com](mailto:khrushchevsergei@gmail.com)

**DMITRIY E. VYBORNYKH**

*The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7506-4947>, e-mail: [dvyb@yandex.ru](mailto:dvyb@yandex.ru)

**ELENA I. RASSKAZOVA**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-5238>, e-mail: [e.i.rasskazova@gmail.com](mailto:e.i.rasskazova@gmail.com)

**ALEXANDER SH. TKHOSTOV**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9676-4096>, e-mail: [tkhostov@gmail.com](mailto:tkhostov@gmail.com)

**VALERIY G. SAVCHENKO**

*The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-5557>, e-mail: [director@blood.ru](mailto:director@blood.ru)



The contemporary stage of the organizational psychology development is characterized by the interest in differentiating different states at the workplace and in searching for the personal and organizational resources that contribute to a greater engagement in work and prevent the risk of the emotional burnout, the dependence upon work, the disbalance between work and life, etc. The present study aims at detecting personal predictors of ill-health in doctors at the workplace who personally work with patients with severe somatic diseases, and laboratory staff doctors who work with the same patients without any constant personal contact. 180 doctors working with patients with severe somatic diseases (94 clinicians and 86 laboratory employees) filled out the life satisfaction scale, the Utrecht work engagement scale, the emotional exhaustion subscale of the burnout scale, the Dutch scales of job boredom and work addiction, the big five personality test (the second version) and the Millon clinical multiaxial inventory (the third version). According to the results, the differences between the clinicians in the direct contact with patients and the laboratory employees are about a higher level of workaholism in the former, especially in fresh clinicians. That can be explained by both personal and organizational potentials that contribute to coping with stress in this sample. The personal features of the clinicians correspond to their professional choice and development including the propensity for a positive self-presentation, dominance, and the importance of attention and appreciation. The pedantry and thoroughness characteristic of the laboratory employees can contribute to their professional success, while the avoidant personal pattern and self-defense pattern are consistent with their preference for a laboratory work. The data are in favour of the functional opposite of workaholism and boredom, the former with a higher level of empathy and pedantry, and the latter – with that of a lower level. In the both groups, a depressive pattern of personality is associated with a greater boredom at the workplace, the emotional exhaustion and the general dissatisfaction with life; moreover, the risk of the emotional exhaustion is higher in case of unstable emotions and a low dynamism. Thus, a high level of workaholism in the group of the clinicians indicates the importance of the prevention of the dependence on work in the employees who directly contact patients with severe somatic diseases, especially in fresh clinicians with a high level of dominance, empathy and pedantry. In other words, it is important to those who are usually successful at work and do not seek any psychological help) as well as those who are prone to an avoidant or dependent pattern of personality which also leads to the work-life disbalance.

**Keywords:** personal features, well-being at the workplace, medical deontology, the clinic of severe somatic diseases.

---

**For citation:** Khrushev S.O., Vybornykh D.E., Rasskazova E.I., Tkhostov A.Sh., Savchenko V.G. Engagement in Work and Well-being in a Clinic of Severe Somatic Diseases: the Role of Personal Features in Clinicians and Laboratory Employees. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 187–203. DOI:<https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140109> (In Russ.).

Современный этап развития психологии труда и организационной психологии характеризуется интересом к детальному описанию и дифференциации различных состояний на рабочем месте [42; 45], с одной стороны, и поиском тех личностных, регуляторных и организационных ресурсов [25; 17; 9], которые могут способствовать большей увлеченности работой и приверженности организации и препятствовать риску формирования эмоционального выгорания, зависимости от трудовой деятельности, нарушению баланса работы и жизни, скуки на рабочем месте, — с другой стороны. С нашей точки зрения, во многом этот интерес определяется недавними эмпирическими данными, показавшими несводимость таких состояний, как увлеченность работой, скука [44; 40], трудоголизм [45], баланс работы и жизни [39; 32], к традиционному пониманию эмоционального выгорания [34], и поставившими вопрос о специфических личностных предикторах различных аспектов благополучия на рабочем месте. Представление о важности личностных и организационных ресурсов в обеспечении успешности рабочей деятельности, в особенности в



стрессогенных условиях, является одним из центральных для ряда психологических моделей организационной психологии, включая теорию сохранения ресурсов С. Хобфолла, модель требований и ресурсов на рабочем месте [19], и получило широкую эмпирическую поддержку [30; 26; 37; 28].

Особую актуальность проблема личностных факторов и ресурсов благополучия на рабочем месте приобретает в контексте профессий, сопряженных с высоким уровнем риска и требований [35; 33; 7], а также в «помогающих» профессиях, включающих постоянное общение с другими людьми, в том числе находящимися в трудных жизненных ситуациях. Ранние исследования продемонстрировали более высокий риск эмоционального выгорания у представителей таких профессий, как учителя и медицинский персонал [34]. Последующие данные указывают на важность регулярных и личностных особенностей, как в обеспечении успешности профессионального взаимодействия (например, у учителей, [13]), так и в отношении благополучия на рабочем месте [23].

Нейротизм и экстраверсия являются наиболее надежными предикторами эмоционального выгорания и благополучия в целом [29; 24]. В отношении специалистов системы здравоохранения имеется лишь несколько исследований личностных предикторов благополучия, увлеченности работой, эмоционального выгорания и трудоголизма. В частности, открытость новому опыту, экстраверсия, доброжелательность являются протекторами профессионального выгорания у среднего медицинского персонала [48; 38]. Черты эмоциональной неустойчивости, робости, подозрительности, склонности к чувству вины, консерватизма, импульсивности, напряженности, интраверсии связаны с развитием эмоционального выгорания у врачей. [3; 17]. В то же время имеются результаты, указывающие на отсутствие связи между выгоранием на работе и благополучием [31]. Установки в отношении работы, отношения с коллегами, организационная культура оказывают влияние на благополучие у сотрудников медицинских организаций в целом [41, 46]. Вовлеченность в работу в значительной степени определяется позитивной аффективностью, проактивностью, совестливостью и экстравертированностью [47]. Личный контроль, признание, продуктивные отношения с руководством и персоналом также положительно связаны с вовлеченностью в работу у медицинского персонала [41].

**Цель** данного исследования — выявление личностных предикторов неблагоприятия на рабочем месте у врачей, лично работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями, и врачей-сотрудников лабораторий, работающих с теми же пациентами без регулярного личного контакта.

Выдвигались следующие **гипотезы**.

1. У врачей-клиницистов, лично работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями, в том числе заболеваниями, угрожающими жизни, выше показатели эмоционального выгорания, по сравнению с сотрудниками лабораторий, участвующих в лечебном процессе тех же пациентов, но не столь регулярно контактирующих с ними лично. Однако это не касается других аспектов неблагоприятия на рабочем месте — увлеченности работой, скуки на рабочем месте, трудоголизма.

2. Можно выделить специфические личностные особенности врачей-клиницистов, по сравнению с врачами-сотрудниками лабораторий, как характерные для выбора типа работы, так и способствующие успешности в стрессогенных условиях такой работы.

3. Существуют специфические личностные предикторы неблагоприятия на рабочем месте у врачей-клиницистов, по сравнению с врачами-сотрудниками лабораторий.



## Процедура и методы

В исследовании приняли участие 180 врачей ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ в возрасте от 21 до 70 лет, работающих с пациентами с заболеваниями системы крови. Из них 94 врача были клиницистами (33 мужчины и 61 женщина), постоянно находящимися в личном контакте с пациентами, и 86 врачей (14 мужчин и 71 женщина) являлись сотрудниками клинических лабораторий, также участвующими в диагностике и лечении тех же пациентов, но не имеющими с пациентами регулярного личного контакта.

В исследовании фиксировались возрастные группы респондентов (табл. 1): в целом около трети сотрудников в возрасте до 30 лет, другая треть — от 30 до 50 лет, один из четырех — старше этого возраста. Хотя клиницисты были несколько моложе сотрудников лабораторий, эти различия не достигали принятого уровня значимости  $p < 0,05$ . Однако среди врачей-клиницистов было больше мужчин, чем среди сотрудников лабораторий ( $\chi^2 = 8,25$ ;  $p < 0,01$ ; Cramer's  $V = 0,21$ ).

Таблица 1

**Возрастное распределение клиницистов и сотрудников лабораторий**

Возрастная группа	Клиницисты	Сотрудники лабораторий
Младше 30 лет	35,1%	29,1%
30—40 лет	18,1%	24,4%
40—50 лет	19,2%	13,9%
50—60 лет	11,7%	8,1%
Старше 60 лет	10,7%	15,1%
Возраст не указан	5,3%	9,3%

В исследовании использовались следующие *методики*.

1. Шкала удовлетворенности жизнью Э. Динера [22, 14] — представляет собой скрининговый инструмент оценки удовлетворенности жизнью как когнитивного компонента субъективного благополучия.

2. В соответствии с моделью В. Шауфелли [44] благополучие на рабочем месте операционализировалось через серию конструктов: увлеченность работой (Утрехтская шкала увлеченности работой В. Шауфели [42; 41; 8]), эмоциональное выгорание в форме эмоционального истощения (субшкала эмоционального истощения из шкалы выгорания К. Маслач [43; 4]), скука на рабочем месте (Голландская шкала скуки [40], в апробации Е.Н. Осина и Т.Ю. Ивановой [12]). Кроме того, поскольку позже В. Шауфелли предложил выделять трудоголизм как отдельное состояние [45], в работе применялась Голландская шкала трудового зависимости (DUWAS [10]), направленная на диагностику трудоголизма как зависимости от рабочей деятельности.

3. Психодиагностика личностных особенностей врачей включала две методики. Во-первых, применялся опросник «Большая пятерка» в его второй версии (BFQ-2 [21; 15]). Методика основана на модели черт «Большой пятерки» (в рамках которой в структуре личности выделяются такие черты, как нейротизм, экстраверсия, открытость опыту, доброжелательность и добросовестность), однако детализирует ее, выделяя два компонента в рамках каждой черты. Так, в шкалу «Энергия» (экстраверсия) входят субшкалы динамизма и доминантности, в шкалу «Дружелюбие» (доброжелательность) входят субшкалы кооператив-





ности и вежливости, в шкалу «Сознательность» (добросовестность) входят субшкалы педантичности и упорства, в шкалу «эмоциональная стабильность» (нейротизм) входят субшкалы контроля эмоций и контроля импульсов, в шкалу «Открытость» входят субшкалы открытости опыту и культуре. Кроме того, в методике выделяются две субшкалы социальной желательности: эгоистичности, отражающая установку на преувеличение своих достоинств для достижения социального статуса, и моралистичности, характеризующая демонстрацию внимательного отношения к другим и следования социальным нормам. Во-вторых, респонденты заполняли многокомпонентный клинический опросник Т. Миллона (МСМІ-III [36; 5]). Методика основана на психологической модели личности Т. Миллона и предназначена для выявления различных личностных паттернов, в том числе клинко-психологических. В данном исследовании применялись шкалы, описывающие паттерны, характерные для личностных акцентуаций и личностных расстройств: шизоидный (1), избегающий (2А), депрессивный (2В), зависимый (3), гистрионный (4), нарциссический (5), антисоциальный (6А), агрессивный (6В), компульсивный (7), негативистичный (8А), самозащитный (8В). Следует отметить, что МСМІ-III использовался в данном исследовании для характеристики личностных паттернов, в том числе тех, которые могут быть связаны с ухудшением благополучия на рабочем месте. Поскольку клинко-психологических диагностических задач не ставилось, во избежание неправомерных интерпретаций результатов средние и стандартные отклонения ниже представлены в сырых, а не стандартизованных показателях по шкалам (что не влияет на результаты обработки). Шкалы, характеризующие тяжелые психопатологические синдромы, были исключены из анализа по тем же причинам.

Данные обрабатывались в программе SPSS Statistics 23.0.

## Результаты

### ***Благополучие на рабочем месте у клиницистов и сотрудников лабораторий***

Вопреки распространенному представлению о высоком риске эмоционального выгорания у врачей, в данном исследовании уровень удовлетворенности жизнью и увлеченности работой у сотрудников — выше среднего (рис. 1а), показатели эмоционального выгорания и особенно скуки на рабочем месте — ниже среднего (рис. 1в), а трудоголизм — на среднем уровне (рис. 1б).

Для проверки гипотезы о том, что благополучие на рабочем месте различается у клиницистов и сотрудников лабораторий, проводился двухфакторный (Пол × Тип работы) дисперсионный анализ с множеством зависимых переменных (MANOVA). По критерию Ливиня, не было выявлено различий в дисперсиях сравниваемых подгрупп ( $p > 0,15$ ).

Основной эффект пола заключался в том, что скука на рабочем месте была более характерна для врачей-мужчин, а эмоциональное выгорание — для врачей-женщин (для обоих переменных —  $F=5,62$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2=0,03$ ).

Основной эффект типа работы был установлен лишь в отношении трудоголизма ( $F=3,92$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2=0,02$ ): средний уровень трудоголизма в группе клиницистов ( $2,46 \pm 0,50$  баллов) выше, чем в группе сотрудников лабораторий ( $2,34 \pm 0,46$  баллов).

Не выявлено эффектов взаимодействия пола и типа работы.

Корреляционный анализ возраста врачей и благополучия на рабочем месте проводился отдельно в группах клиницистов и сотрудников лабораторий. В группе клиницистов более молодой возраст был связан с трудоголизмом ( $r=-0,36$ ;  $p < 0,01$ ), чего не отмечалось у сотрудников лабораторий ( $r=0,14$ ). Других различий выявлено не было.

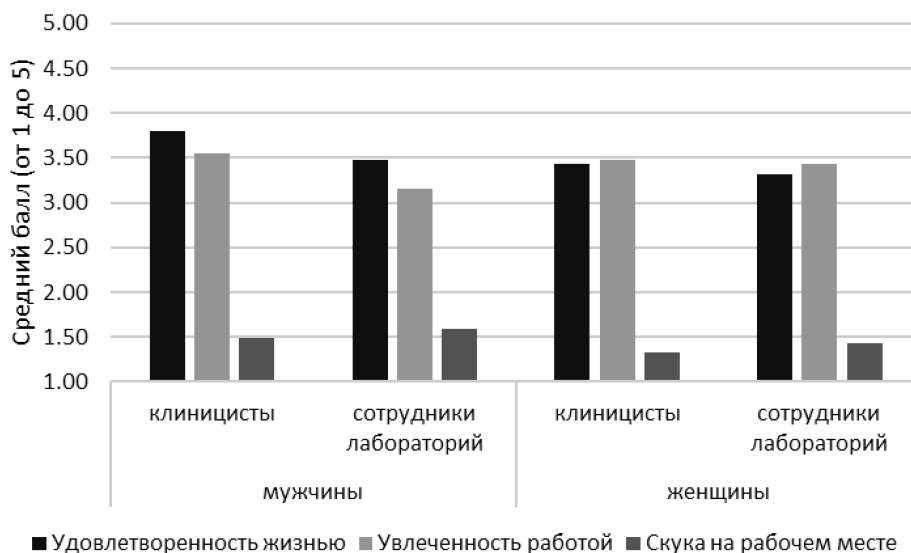


Рис. 1 а. Удовлетворенность жизнью, увлеченность работой и скука на рабочем месте у клиницистов и сотрудников лабораторий

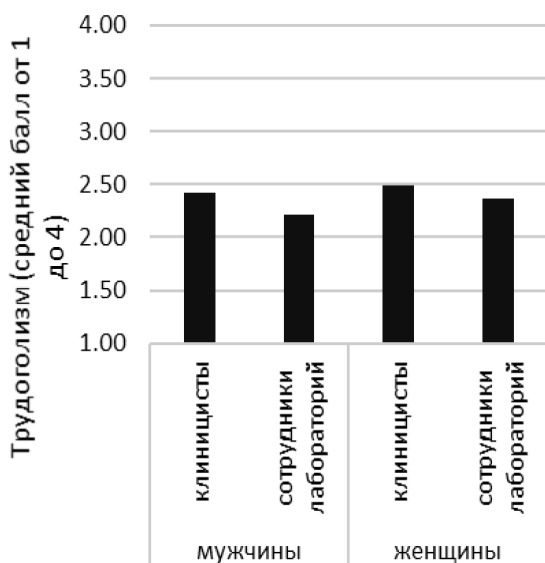


Рис. 1 б. Трудоголизм у клиницистов и сотрудников лабораторий

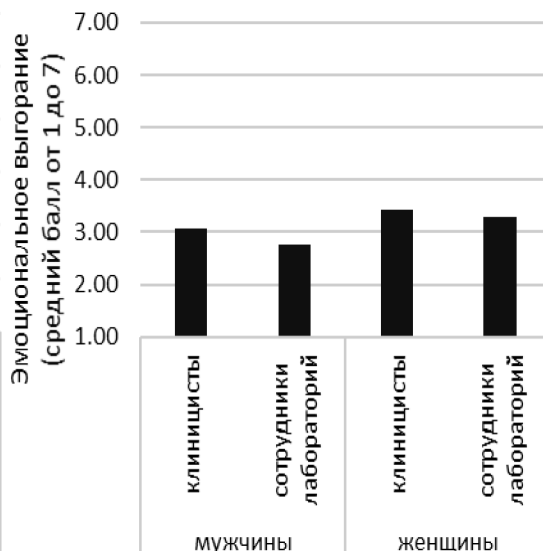


Рис. 1 в. Эмоциональное выгорание у клиницистов и сотрудников лабораторий

В обеих группах удовлетворенность жизнью тесно связана с высоким уровнем увлеченности работой, низким уровнем эмоционального выгорания и не связана с трудоголизмом. Связь скуки на рабочем месте с удовлетворенностью жизнью слабоотрицательная в группе клиницистов и средняя по силе в группе сотрудников лабораторий, что может объясняться низким уровнем скуки в выборке в целом, что не обеспечивает достаточного разнообразия между людьми по этому показателю (табл. 2).



Таблица 2

**Связь благополучия на рабочем месте и общей удовлетворенности жизнью  
у клиницистов и сотрудников лабораторий**

Характеристики благополучия на рабочем месте	Удовлетворенность жизнью	
	Клиницисты	Сотрудники лабораторий
Увлеченность работой	0,45**	0,49**
Трудоголизм	-0,13	-0,08
Скука на рабочем месте	-0,20	-0,35**
Эмоциональное выгорание	-0,43**	-0,61**

Примечание: «\*» –  $p < 0,05$ ; «\*\*» –  $p < 0,01$ .

***Личностные особенности клиницистов и сотрудников лабораторий***

Для выявления личностных особенностей клиницистов и сотрудников лабораторий проводился MANOVA. Поскольку группы были неоднородны в отношении пола, анализ был повторен с включением пола в качестве ковариаты (значения приведены в скобках). Как показано в табл. 3, после коррекции результатов с учетом пола респондентов, основные выявленные различия сохранились, хотя различия по доминантности уменьшились, а различия в отношении нарциссических особенностей личности и социальной желательности по МСМІ-III достигали лишь уровня тенденции.

В целом, клиницисты, по сравнению с сотрудниками лабораторий, характеризуются более выраженной социальной желательностью в ответах по типу более выгодной самопрезентации, доминантностью, гистрионностью и на уровне тенденции нарциссическими личностными особенностями. Напротив, сотрудники лабораторий характеризуются большей педантичностью, избегающими чертами и личностными особенностями по типу самозащиты.

***Личностные предикторы благополучия на рабочем месте  
в группах клиницистов и сотрудников лабораторий***

Для выявления личностных предикторов благополучия на рабочем месте в обеих группах проводился анализ модерации отдельно для каждой из пяти зависимых переменных (удовлетворенность жизнью, увлеченность работой, трудоголизм, скука на рабочем месте, эмоциональное выгорание). На первом шаге регрессионного анализа в качестве независимой включалась переменная группы (кодировалась как «1» для клиницистов и как «0» для сотрудников лабораторий, которые выступали референтной группой). На втором шаге пошагово добавлялись центрированные переменные, характеризующие личностные особенности. Иными словами, этот этап анализа позволял выявить личностные предикторы благополучия на рабочем месте, общие для клиницистов и сотрудников лабораторий. На третьем шаге в анализ пошагово добавлялись переменные, характеризующие взаимодействие группы и личностных характеристик, и значимое улучшение модели на этом этапе свидетельствует о наличии специфических для группы (клиницистов или сотрудников лабораторий) предикторов благополучия.

Удовлетворенность жизнью в целом связана с более стабильными эмоциями, хотя и худшим контролем импульсов, избегающим и гистрионным личностными паттернами и низкими показателями по депрессивному личностному паттерну (табл. 4). Увлеченность работой во всех группах наиболее тесно связана с динамизмом, упорством и любознательностью.

Трудоголизм связан с доминантностью, эмпатией, педантичностью и выше при зависимом личностном паттерне. Кроме того, лишь в отношении трудоголизма были выявлены



Таблица 3

**Личностные особенности клиницистов и сотрудников лабораторий  
(в скобках указаны значения при включении пола как ковариаты)**

Личностные особенности	Клиницисты		Сотрудники лабораторий		F-критерий Фишера	Величина стат. эффекта $\eta^2$
	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.		
BFQ-2 – Доминантность	18,83	3,87	17,26	4,22	6,82** (3,90*)	0,04 (0,02)
BFQ-2 – Педантичность	25,45	3,68	26,91	3,46	7,49** (7,19**)	0,04 (0,04)
BFQ-2 – Социальная желательность: субъектная	17,31	3,55	15,88	4,49	5,63* (4,68*)	0,03 (0,03)
МСМИ-III – 2А Избегающий паттерн	4,53	3,85	6,65	5,07	10,06** (8,24**)	0,05 (0,04)
МСМИ-III – 4 Гистрионный паттерн	14,76	4,26	13,03	5,50	5,56* (4,32*)	0,03 (0,02)
МСМИ-III – 5 Нарциссический паттерн	13,71	3,67	12,41	4,90	4,14* (2,62 <sup>T</sup> )	0,02 (0,02)
МСМИ-III – 8В Паттерн само-защиты	2,68	3,39	4,72	4,80	10,99** (9,10**)	0,06 (0,05)
МСМИ-III – Y Социальная желательность	15,31	3,19	14,13	3,71	5,27* (3,86 <sup>T</sup> )	0,03 (0,02)

Примечание: «<sup>T</sup>» –  $p < 0,11$ ; «\*» –  $p < 0,05$ ; «\*\*» –  $p < 0,01$ .

эффекты модерации: в группе клиницистов, но не в группе сотрудников лабораторий избегающий личностный паттерн и стабильность эмоций связаны с меньшим риском трудоголизма ( $\beta = -0,21$ ,  $p < 0,05$  и  $\beta = -0,41$ ,  $p < 0,01$  соответственно;  $\Delta R^2 = 6,4\%$ ,  $p < 0,01$ ).

Скука на рабочем месте сопряжена с депрессивным и антисоциальным личностными паттернами, а также более низкими показателями по эмпатии и педантичности.

Эмоциональное выгорание связано с депрессивным личностным паттерном, более низким уровнем динамизма и стабильности эмоций.

### Обсуждение результатов

**Благополучие на рабочем месте и общая удовлетворенность жизнью у клиницистов и сотрудников лабораторий.** Не споря с тем, что профессии, требующие взаимодействия с другими людьми, особенно пациентами с тяжелыми заболеваниями, характеризуются более высоким риском эмоционального выгорания и трудоголизма [44; 18; 43], отметим, что, согласно полученным результатам, сотрудников данного центра нельзя признать неблагополучными или характеризующимися выраженным эмоциональным выгоранием, в сравнении с другими профессиями [например: 6]. Уровень благополучия и увлеченности работой у врачей выше среднего, а уровень эмоционального выгорания – ниже среднего, что, на наш взгляд, свидетельствует о хороших возможностях (ресурсах как личностного, так и организационного уровней) совладания со стрессогенными ситуациями у этих людей [25; 17]. Скука на рабочем месте – относительно нетипичное для рабочей деятельности состояние (что согласуется с исследованиями на других выборках [6]), особенно для женщин-



Таблица 4

**Личностные предикторы благополучия на рабочем месте в группах клиницистов и сотрудников лабораторий: результаты анализа модераций**

Зависимые переменные	Шаг 1: группа		Шаг 2: личностные особенности	
	$\beta$	$\Delta R^2$	$\beta$	$\Delta R^2$
Удовлетворенность жизнью	Группа: $\beta=0,13$	1,8%	BFQ-2 – Стабильность эмоций $\beta=0,41^{**}$ ; BFQ-2 – Контроль импульсов $\beta=-0,23^{**}$ ; МСМИ-III – 2А Избегающий паттерн $\beta=0,27^*$ ; МСМИ-III – 2В Депрессивный паттерн $\beta=-0,40^{**}$ ; МСМИ-III – 2В Гистрионный паттерн $\beta=0,32^{**}$	40,6% <sup>**</sup>
Увлеченность работой	Группа: $\beta=0,08$	0,1%	BFQ-2 – Динамизм $\beta=0,35^{**}$ ; BFQ-2 – Упорство $\beta=0,20^{**}$ ; BFQ-2 – Любезность $\beta=0,19^{**}$	34,1% <sup>**</sup>
Трудоголизм	Группа: $\beta=0,13$	1,7%	BFQ-2 – Доминантность $\beta=0,17^*$ ; BFQ-2 – Эмпатия $\beta=0,16^*$ ; BFQ-2 – Педантичность $\beta=0,20^{**}$ ; BFQ-2 – Стабильность эмоций $\beta=-0,13$ ; МСМИ-III – 2А Избегающий паттерн $\beta=0,00$ ; МСМИ-III – 3 Зависимый паттерн $\beta=0,33^{**}$	24,6% <sup>**</sup>
Скука на рабочем месте	Группа: $\beta=-0,09$	0,9%	BFQ-2 – Эмпатия $\beta=-0,22^{**}$ ; BFQ-2 – Педантичность $\beta=-0,17^*$ ; МСМИ-III – 2В Депрессивный паттерн $\beta=0,25^{**}$ ; МСМИ-III – 6А Антисоциальный паттерн $\beta=0,19^*$	30,1% <sup>**</sup>
Эмоциональное выгорание	Группа: $\beta=0,05$	0,3%	BFQ-2 – Динамизм $\beta=-0,27^{**}$ ; BFQ-2 – Стабильность эмоций $\beta=-0,25^{**}$ ; МСМИ-III – 2В Депрессивный паттерн $\beta=0,36^{**}$	49,6% <sup>**</sup>

Примечание: «\*» –  $p < 0,05$ ; «\*\*» –  $p < 0,01$ .

врачей, которые скорее склонны к эмоциональному выгоранию, нежели скуке. Результаты свидетельствуют, что клиницисты более склонны к трудоголизму, причем особенно это характерно для молодых клиницистов. Сотрудники лабораторий не только менее склонны к трудоголизму, у них это явление не связано с возрастом. Хотя в целом по нашей выборке трудоголизм не коррелирует с общей удовлетворенностью жизнью, известно, что в долгосрочной перспективе это негативный предиктор благополучия [45], а потому актуальной задачей психологической поддержки в отношении молодых клиницистов является именно профилактика трудоголизма.

**Личностные особенности клиницистов и сотрудников лабораторий.** Личностные особенности клиницистов и сотрудников лабораторий вполне объяснимы, как в терминах профессионального выбора, так и последующего развития в выбранном направлении работы. В частности, навыки самопрезентации, сочетающиеся с более социально желательными ответами, доминантность, а также важность внимания и признания, центральные для гистрионного и нарциссического личностных паттернов, очевидно, способствуют большему интересу к собственно клинической практике, взаимодействию с пациентами и их близкими и большей успешности в работе клинициста. Напротив, педантичность и скрупулезность связаны с интересом и успешностью в работе в лаборатории, тогда как избегающий личностный паттерн и паттерн самозащиты связаны с тенденцией к избеганию стрессогенных ситуаций во взаимодействии, к которым относится и непосредственный контакт с тяжелобольными людьми.



**Личностные предикторы неблагополучия на рабочем месте у клиницистов и сотрудников лабораторий.** Вопреки третьей гипотезе исследования, специфические для врачей-клиницистов, по сравнению с сотрудниками лабораторий, личностные предикторы выявлены лишь в отношении трудоголизма на рабочем месте. В частности, избегающий личностный паттерн и стабильность эмоций связаны с меньшим риском трудоголизма в группе клиницистов, но менее важны для сотрудников лабораторий. Можно предполагать, что, в отличие от других компонентов благополучия на рабочем месте, именно трудоголизм выступает тем самым фактором риска, связанным с непосредственным взаимодействием с пациентами, который с течением времени приводит к описанным в литературе проявлениям эмоционального выгорания у этих сотрудников [44]. Более склонны к нему молодые клиницисты, возможно, как в связи с большими требованиями на рабочем месте, большей актуальностью для них развития в профессии, так и с меньшим опытом в установлении для себя так называемого баланса работы и жизни [12]. При этом эмоциональная стабильность, с нашей точки зрения, у клиницистов выступает фактором-буфером, препятствующим формированию трудоголизма благодаря более взвешенным решениям в отношении баланса работы и жизни, меньшим эмоциональным колебаниям как реакции на состояние пациентов. Избегающий личностный паттерн, по всей видимости, связан с меньшим риском трудоголизма по другому описанному механизму: способность к эмоциональному отчуждению, формированию изоляции как защитного механизма также может выступать как своеобразный буфер, препятствующий чрезмерно эмоциональной реакции и способствующий стабильности, хотя и ценой снижения эмпатии в отношениях с пациентами [11].

Другие личностные предикторы психологического благополучия на рабочем месте являются общими и для клиницистов, и для сотрудников лабораторий. Интересно, что увлеченность работой как позитивный показатель благополучия сопряжен, в первую очередь, с такими личностными особенностями, как динамизм, упорство и любознательность, тогда как клиничко-психологические личностные паттерны не предсказывают увлеченности работой, что согласуется с представлениями об общей важности самоконтроля и волевой регуляции не только для достижения цели, но и для поддержания интереса и усилий в той же сфере деятельности [20]. Напротив, низкий уровень динамизма и нестабильность эмоционального состояния сопряжены с эмоциональным истощением у врачей обеих групп.

Согласно полученным данным, депрессивный личностный паттерн выступает в качестве ключевого предиктора различных аспектов неблагополучия — скуки на рабочем месте, эмоционального выгорания, а также неудовлетворенности жизнью, что понятно, если учитывать психологические проявления и последствия депрессивности [1]. Не связаны с депрессивным личностным паттерном те проявления благополучия, которые определяют активным участием и вовлеченностью в работу (трудоголизм, увлеченность работой).

Интересно, что, с точки зрения личностных предикторов, трудоголизм и скука могут рассматриваться как своеобразные «антиподы»: если скука связана с более низким уровнем эмпатии и педантичности, то трудоголизм — наоборот. Иными словами, тщательность в работе и сопереживание в отношении пациентов могут рассматриваться как факторы-буферы, препятствующие скуке, но их оборотной стороной выступает риск нарушения баланса работы и жизни, включающий трудоголизм. Кроме того, трудоголизм связан с доминантностью и зависимым личностным паттерном, первый из которых подразумевает ответственность в отношении пациентов и важность постоянного контроля, тогда как второй также сопряжен с необходимостью постоянного присутствия для обеспечения контроля над ситуацией, но из страха потерять этот контроль [2].





Таким образом, показатели субъективного благополучия на рабочем месте в выборке врачей, работающих в клинике тяжелых соматических заболеваний, по нашим данным, средние или выше среднего, а различия между клиницистами, непосредственно контактирующими с пациентами, и сотрудниками лабораторий заключаются в более высоком уровне трудоголизма у первых, особенно у молодых клиницистов, что может объясняться как личностными, так и организационными ресурсами, способствующими успешному совладанию со стрессом в данной выборке. Личностные особенности клиницистов соответствуют их профессиональному выбору и развитию, включая склонность к позитивной самопрезентации, доминантности, важность внимания и признания. Характерные для сотрудников лабораторий педантичность и скрупулезность могут способствовать их профессиональной успешности, тогда как избегающий личностный паттерн и паттерн самозащиты согласуются с их предпочтением лабораторной, в отличие от клинической, работы.

Хотя в отличие от увлеченности работой, скуки и истощения, трудоголизм не связан с общей удовлетворенностью жизнью, его высокий уровень именно в группе клиницистов свидетельствует о важности профилактики зависимости от работы у сотрудников, непосредственно работающих с пациентами с тяжелыми соматическими заболеваниями, особенно у более молодых клиницистов, с высоким уровнем доминантности, эмпатии и педантичности (иными словами, у тех, кто обычно успешен в работе и не обращается за психологической помощью), а также у склонных к избегающему или зависимому личностному паттерну, также нарушающему установление баланса работы и жизни. Данные свидетельствуют в пользу функциональной противоположности трудоголизма и скуки, первый из которых сопряжен с более высоким, а второй — с более низким уровнем эмпатии и педантизма. В обеих группах депрессивный личностный паттерн связан с большей скукой на рабочем месте, эмоциональным истощением и общей неудовлетворенностью жизнью; кроме того, риск эмоционального истощения выше при нестабильности эмоций и низком уровне динамизма.

### **Литература**

1. Бек А., Раш А., Шо Б., Эмери Г. Когнитивная терапия депрессии. СПб.: Питер, 2003. 304 с.
2. Бек А., Фримен А. Когнитивная психотерапия расстройств личности. СПб.: Питер, 2002. 542 с.
3. Влах Н.И. Особенности синдрома эмоционального выгорания у представителей медицинских профессий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». 2017. Том. 10 № 1. С. 5–11. DOI:10.14529/psy170101
4. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика: 2-е изд. СПб.: Питер, 2008. 336 с.
5. Жорина Я.Ю. Апробация клинического многокомпонентного опросника Т. Миллона при психических расстройствах: дипломная работа. М.: МГУ, 2017.
6. Иванова Т.Ю., Рассказова Е.И. Социально-демографические и организационные факторы удовлетворенности трудом // Психологический журнал. 2013. № 34(6). С. 59–71.
7. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. М.: Наука, 1983. 368 с.
8. Кутузова Д.А. Организация деятельности и стиль саморегуляции как факторы профессионального выгорания педагога-психолога: дисс. ... канд. психол. наук. М., 2006.
9. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Психологические технологии управления состоянием человека. М.: Смысл, 2013. 311 с.
10. Ловаков А.В. Психометрический анализ русскоязычной версии Голландской шкалы трудовой зависимости (DUWAS) [Электронный ресурс] // Организационная психология. 2016. Том. 6. № 3. С. 22–37.
11. Менделевич В.Д. Клиническая и медицинская психология. М.: МЕДпресс-Информ, 2008. 426 с.
12. Мослан А.Н., Осин Е.Н., Иванова Т.Ю., Рассказова Е.И., Бобров В.В. Баланс работы и личной жизни у сотрудников российского производственного предприятия [Электронный ресурс] // Организационная психология. 2016. Том. 6. № 2. С. 8–29. URL: <https://orgpsyjournal.hse.ru/>



- data/2016/08/23/1116578057/OrgPsy\_2016\_2\_1(Mospan\_et\_al)8-29.pdf (дата обращения: 12.09.2020).
13. Моросанова В.И., Фомина Т.Г. Дифференциально-регуляторные основы педагогического взаимодействия учителя // Психологическая наука и образование. 2012. № 2. С. 94–102.
  14. Осин Е.Н., Леонтьев Д.А. Апробация русскоязычных версий двух шкал экспресс-оценки субъективного благополучия // Материалы III Всероссийского социологического конгресса. М.: Институт социологии РАН, Российское общество социологов, 2008).
  15. Осин Е.Н., Рассказова Е.И., Неякина Ю.Ю., Дорфман Л.Я., Александрова Л.А. Операционализация пятифакторной модели личностных черт на российской выборке // Психологическая диагностика. 2015. № 3. С. 80–104.
  16. Петри А.Н. Особенности эмоционального выгорания медицинских работников / А.Н. Петри // Акмеология. 2017. № 1. С. 129–134.
  17. Bakker A. B. & Demerouti E. Job demands—resources theory. In Chen P.Y. & C. Cooper L. (eds.). Work and Wellbeing: A complete reference guide, Chichester (37–64). UK: Wiley-Blackwell, 2014.
  18. Bakker A.B., Demerouti E., de Boer E. & Schaufeli W. Job demands and job resources as predictors of absence duration and frequency. *Journal of Vocational Behavior*. 2003. Vol. 62. P. 341–356.
  19. Bakker A.B., Xanthopoulou D., Demerouti E., Schaufeli W. The role of personal resources in the Job Demands-Resources Model. *International Journal of Stress Management*. 2007. Vol. 14(2). P. 121–141.
  20. Baumeister R.F., Schmeichel B.J., Vohs K.D. Self-Regulation and executive function: The Self as controlling agent. In Kruglanski A.W., Higgins E.T. *Social Psychology: Handbook of Basic Principles* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Guilford Press, 2007. P. 516–539.
  21. Caprara G.V., Barbaranelli C., Borgogni L., Perugini M. The “Big Five Questionnaire”: A new questionnaire to assess the five factor model // *Personality and Individual Differences*. 1993. Vol. 15 (3). P. 281–288.
  22. Diener E., Emmons R.A., Larsen R.J., Griffin S. The Satisfaction With Life Scale // *Journal of Personality Assessment*. 1985. Vol. 49. P. 71–75.
  23. Garrosa E., Moreno-Jimez B., Rodriguez-Munoz A., Rodriguez-Garvajal R. Role of stress and personal resources in nursing: A cross-sectional study of burnout and engagement // *International Journal of Nursing Studies*. 2011. Vol. 48. P. 479–489.
  24. Grant S., Langan-Fox J., Anglim J. The big five traits as predictors of subjective and psychological well-being // *Psychological Reports*. 2009. Vol. 105 (1). P. 205–231. DOI: 10.2466/PRO.105.1.205-231
  25. Hobfoll S. Conservation of resources theory: its implication for stress, health, and resilience. In Folkman S. (Eds.). *The Oxford Handbook of Stress, Health, and Coping*. New York: Oxford University Press, 2011.
  26. Hobfoll S.E., Shirom A. Stress and burnout in work organizations // *Handbook of Organization Behavior* / R.T. Golembiewski (Eds.). New York: Dekker, 1993. P. 41–61.
  27. Jagielski C., Tucker D., Dalton S., Mrug S. Personality as a predictor of well-being in a randomized trial of a mindfulness-based stress reduction of Danish women with breast cancer // *Journal of Psychosocial Oncology*. 2020. Vol. 38(1). P. 4–19.
  28. Judge T.A., Bono J.E. Relationship of core self-evaluations traits—self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability—with job satisfaction and job performance: A meta-analysis // *Journal of Applied Psychology*. 2001. Vol. 86(1). P. 80–92.
  29. Okun M.A. & George L.K. Physician- and self-ratings of health, neuroticism, and subjective wellbeing among men and women // *Personality and Individual Differences*. 1984. Vol. 5. P. 533–539.
  30. Kalimo R., Pahkin K., Mutanen P., Toppinen-Tanner S. Staying well or burning out at work: work characteristics and personal resources as long term predictors // *Work & Stress*. 2003. Vol. 17 ( 2). P. 109–122.
  31. Kassam A., Horton J., Shoimer I., Patten S. Predictors of Well-Being in Resident Physicians: A Descriptive and Psychometric Study // *Journal of Graduate Medical Education*. 2015. Vol. 7 (1). P. 70–74. DOI:10.4300/JGME-D-14-00022.1
  32. Lewis S., Gambles R, Rapoport R. The constraints of a «work—life balance» approach: an international perspective // *International Journal of Human Resource*. 2007. Vol. 8(3). P. 360–373.
  33. Maddi S.R. Relevance of hardiness assessment and training to the military context // *Military Psychology*. 2007. Vol. 19 (1). P. 61–70.
  34. Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P. Job burnout // *Annual Review of Psychology*. 2001. Vol. 52. P. 397–422.



35. McDougall L., Drummond P.D. Personal Resources Moderate the Relationship Between Work Stress and Psychological Strain of Submariners // *Military Psychology*. 2010. Vol. 22. P. 385–398.
36. Millon T., Davis R., Grossman S. & Millon C. MCMI—III: Millon Clinical Multiaxial Inventory—III Manual: 4th edition. Minneapolis, MN: NCS, Inc., 2009.
37. Nelson D.L. & Simmons B.L. Health psychology and work stress: A more positive approach // *Handbook of Occupational Health Psychology* / J.C. Quick, L.E. Tetrick (Eds.). Washington, DC: American Psychological Association, 2003. P. 97–119.
38. Pérez-Fuentes M., Molero Jurado M., Martos Martínez Á., Gázquez Linares J.J. Burnout and Engagement: Personality Profiles in Nursing Professionals // *Journal of Clinical Medicine*. 2019. Vol. 8 (3). P. 286. doi:10.3390/jcm8030286
39. Rantanen J. Work-family interface and psychological well-being: a personality and longitudinal perspective: Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 346. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House, 2008. 86 p.
40. Reijseger G., Schaufeli W.B., Peeters M.C.W., Taris T.W., van Beek I., Ouwenel E. Watching the paint dry at work: psychometric examination of the Dutch Boredom Scale // *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*. 2013. Vol. 26 (5). P. 508–525. DOI:10.1080/10615806.2012.720676
41. Schaufeli W.B. & Bakker A.B. Test Manual for the Utrecht Work Engagement Scale. Unpublished manuscript. Utrecht University, 2003. Available at: <http://www.schaufeli.com>
42. Schaufeli W.B., Bakker A.B., Salanova M. The measurement of work engagement with a short questionnaire: a cross-national study // *Education and Psychological Measurement*. 2006. Vol. 66 (4). P. 701–716.
43. Schaufeli W.B., Leiter M.P., Maslach C. Jackson S.E. Maslach Burnout Inventory—General Survey // *The Maslach Burnout Inventory—Test manual* (3<sup>rd</sup> ed.) / C. Maslach, S.E. Jackson, M.P. Leiter (Eds.). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1996.
44. Schaufeli W.B. & Salanova M. Burnout, boredom and engagement at the workplace // *People at work: An Introduction to Contemporary Work Psychology* / M. Peeters, J. de Jonge, T. Taris (Eds.). Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. P. 293–320.
45. Shimazu A., Schaufeli W.B., Kamiyama K., Kawakami N. Workaholism vs. Work Engagement: the Two Different Predictors of Future Well-being and Performance // *International Journal of Behavioral Medicine*. 2015. Vol. 22 (1). P. 18–23. DOI:<http://doi.org/10.1007/s12529-014-9410-x>
46. Tawfik D.S., Profit J., Webber S. et al. Organizational factors affecting physician well-being // *Current Treatment Options in Pediatrics*. 2019. Vol. 5. P. 11–25. DOI:10.1007/s40746-019-00147-6
47. Young H.R., Glerum D.R., Wang W, Joseph D.L. Who are the most engaged at work? A meta-analysis of personality and employee engagement // *Journal of Organizational Behavior*. 2018. Vol 39. P. 1330–1346.
48. Van Bogaert P., Peremans L., van Heusden D., Verspuy M., Kureckova V., van de Cruys Z., Franck E. Predictors of burnout, work engagement and nurse reported job outcomes and quality of care: a mixed method study // *BMC Nursing*. 2017. Vol. 16 (5). DOI:10.1186/s12912-016-0200-4

## References

1. Bek A., Rash A., Shaw B., Emeri G. *Cognitivnaya terapiya depressiyi* [The Cognitive Therapy of Depression]. Saint-Petersburg, 2003. (in Russ.).
2. Bek A., Frimen A. *Cognitivnaya psixhoterapiya rasstroystv lichnosti* [The Cognitive psychotherapy of personality disorders]. Saint-Petersburg, 2002. (in Russ.).
3. Vlach N.I. Osobennosti sindroma emotsionalnogo vygoraniya u predstaviteley meditsinskikh professiy [Features of the burnout syndrome in the representatives of medical professions]. *Vestnik YuUrGU. Seriya Psikhologiya=The Southern-Ural State University Bulletin. The Psychology Series*. 2017. Vol. 10. No. 1, pp. 5–11. doi:10.14529/psy170101 (in Russ.).
4. Vodopianova N.E., Starchenkova E.S. *Sindrom vygoraniya: diaagnostika i profilaktika* [The Burnout Syndrome: Diagnosis and Prevention: the 2nd ed]. Saint-Petersburg: Peter, 2008. (in Russ.).
5. Zhorina Ya.Yu. Aprobatsiya klinicheskogo mnogokoponentnogo oprosnika T. Millona pri psikhicheskikh rasstroystvakh [Testing T. Millon's clinical multicomponent questionnaire for mental disorders]. Graduation work. Moscow, 2017. (in Russ.).



6. Ivanova T.Yu., Rasskazova E.I. Sotsialno-demographichekiye i organizatsionnye faktory udovletvorennosti trudom [Socio-demographic and organizational factors of job satisfaction]. *Psikhologicheskii zhurnal=Psychological Journal*, 2013, no. 34 (6), pp. 59–71. (in Russ.).
7. Kitaev-Smyk L.A. Psikhologiya stressa [The Psychology of Stress]. Moscow, 1983. (in Russ.).
8. Kutuzova D.A. Organizatsiya deyatelnosti i stil samoregulatsii kak faktory professionalnogo vygoranoya pedagoga-psikhologa [The Organization of Activity and Style of Self-regulation as Factors of the Professional Burnout of a Teacher-Psychologist]. Graduation work. Moscow, 2006. (in Russ.).
9. Leonova A.B., Kuznezova A.S. Psikhologicheskiye tekhnologii upravleniya sostoyaniem cheloveka [Psychological Techniques of the Control of the Human State]. Moscow, 2013. (in Russ.).
10. Lovakov A.V. Psikhometricheskii analiz russkoyazychnoy versii Gollandskoy shkaly trudovoy zavisimosti (DUWAS) [The psychometric analysis of the Russian-language version of the Dutch school of the labour dependence] [Electronic resource]. *Organizatsionnaya psikhologiya=Organizational Psychology*, 2016. Vol. 6, no. 3, pp. 22–37. (in Russ.).
11. Mendelevich V.D. Klinicheskaya i meditsinskaya psikhologiya [Clinical and Medical Psychology]. Moscow, 2008. (in Russ.).
12. Mospan A.N., Osin E.N., Ivanova T.Yu., Rasskazova E.I., Bobrov V.V. Balans raboty i lichnoy zhizni u sotrudnikov rossoyskogo proizvodstvennogo predpriyatiya [The balance of the work and personal life in the employees of the Russian enterprise] [Electronic resource] // *Organizatsionnaya psikhologiya=Organizational Psychology*, 2016, no. 2, pp. 8–29. Available at: [https://orgpsyjournal.hse.ru/data/2016/08/23/1116578057/OrgPsy\\_2016\\_2\\_1\(Mospan\\_et\\_al\)8-29.pdf](https://orgpsyjournal.hse.ru/data/2016/08/23/1116578057/OrgPsy_2016_2_1(Mospan_et_al)8-29.pdf) (Accessed 12.09.2020). (in Russ.).
13. Morosanova V.I., Fomina T.G. Differentsialno-regulirovannyye osnovy pedagogicheskogo vzaimodeystviya uchitelia [The differential and regulatory basis of the teacher interaction]. *Psychological Science and Education*, 2012, no. 2, pp. 94–102. (in Russ.).
14. Osin E.N., Leontiev D.A. Aprobatsiya russkoyazychnykh versiy dvukh shkal ekspres-otsenki subjektivnogo blogopoluchiya [The testing of the Russian-language versions of the two scales of the express assessments of the subjective well-being]. *Materialy III Vserossiyskogo sotsiologicheskogo kongressa=Proceedings of the 3rd All-Russian sociological Congress*. Moscow, 2008 (ISBN 978-6-89697-157-3). (in Russ.).
15. Osin E.N., Rasskazova E.I., Neyaskina Yu.Yu., Dorfman L.Ya., Aleksandrova L.A. Operatsionalizatsiya piatifaktornoy modeli lichnostnykh chert na rossiyskoy vyborke [The operationalization of the five-factor model of personality traits in the Russian sample]. *Psikhologicheskaya diagnostika=Psychological Diagnosis*, 2015, no. 3, pp. 80–104. (in Russ.).
16. Petri A.N. Osobennosti emotsionalnogo vygoraniya meditsinskikh rabotnikov [Features of emotional burnout of medical workers]. *Akmeologiya=Acmeology*, 2017, no. 1, pp. 129–134. (in Russ.).
17. Bakker A. B. & Demerouti E. Job demands–resources theory. In Chen P.Y. & C. Cooper L. (eds.). *Work and Wellbeing: A complete reference guide*, Chichester (37–64). UK: Wiley-Blackwell, 2014. doi:10.1002/9781118539415.wbwell019
18. Bakker A.B., Demerouti E., de Boer E. & Schaufeli W. Job demands and job resources as predictors of absence duration and frequency. *Journal of Vocational Behavior*, 2003. Vol. 62, pp. 341–356. doi:10.1016/S0001-8791(02)00030-1
19. Bakker A.B., Xanthopoulou D., Demerouti E., Schaufeli W. The role of personal resources in the Job Demands-Resources Model. *International Journal of Stress Management*, 2007. Vol. 14 (2), pp. 121–141. doi:10.1037/1072-5245.14.2.121
20. Baumeister R.F., Schmeichel B.J., Vohs K.D. Self-Regulation and executive function: The Self as controlling agent. In Kruglanski A.W., Higgins E.T. *Social Psychology: Handbook of Basic Principles* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Guilford Press, 2007. Pp. 516–539.
21. Caprara G.V., Barbaranelli C., Borgogni L., Perugini M. The “Big Five Questionnaire”: A new questionnaire to assess the five factor model // *Personality and Individual Differences*. 1993. Vol. 15(3). Pp. 281–288. doi:10.1016/0191-8869(93)90218-R
22. Diener E., Emmons R.A., Larsen R.J., Griffin S. The Satisfaction With Life Scale // *Journal of Personality Assessment*. 1985. Vol. 49. Pp. 71–75. doi:10.1207/s15327752jpa4901\_13
23. Garrosa E., Moreno-Jimez B., Rodriguez-Munoz A., Rodriguez-Garvajal R. Role of stress and personal resources in nursing: A cross-sectional study of burnout and engagement // *International Journal of Nursing Studies*. 2011. Vol. 48. Pp. 479–489. doi:10.1016/j.ijnurstu.2010.08.004





24. Grant S., Langan-Fox J., Anglim J. The big five traits as predictors of subjective and psychological well-being // *Psychological Reports*. 2009. Vol. 105(1). Pp. 205–231. doi:10.2466/PRO.105.1.205-231
25. Hobfoll S. Conservation of resources theory: its implication for stress, health, and resilience. In Folkman S. (Eds.). *The Oxford Handbook of Stress, Health, and Coping*. New York: Oxford University Press, 2011.
26. Hobfoll S. E. & Shirom A. Stress and burnout in work organizations. In Golembiewski R.T. (Eds.). *Handbook of Organization Behavior*. New York: Dekker, 1993. Pp. 41–61.
27. Jagielski C., Tucker D., Dalton S., Mrug S. Personality as a predictor of well-being in a randomized trial of a mindfulness-based stress reduction of Danish women with breast cancer // *Journal of Psychosocial Oncology*. 2020. Vol. 38 (1). Pp. 4–19. doi:10.1080/07347332.2019.1626524
28. Judge T.A., Bono J.E. Relationship of core self-evaluations traits—self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability—with job satisfaction and job performance: A meta-analysis // *Journal of Applied Psychology*. 2001. Vol. 86 (1). Pp. 80–92. doi:10.1037//0021-9010.86.1.80
29. Okun M.A. & George L.K. Physician- and self-ratings of health, neuroticism, and subjective wellbeing among men and women // *Personality and Individual Differences*. 1984. Vol. 5. Pp. 533–539. doi:10.1016/0191-8869(84)90027-8
30. Kalimo R., Pakkin, K. Mutanen, P., Toppinen-Tanner S. Staying well or burning out at work: work characteristics and personal resources as long term predictors // *Work & Stress*. 2003. Vol. 17 ( 2). Pp. 109–122. doi:10.1080/0267837031000149919
31. Kassam A., Horton J., Shoimer I., Patten S. Predictors of Well-Being in Resident Physicians: A Descriptive and Psychometric Study // *Journal of Graduate Medical Education*. 2015. Vol. 7 (1). Pp. 70–74. doi:10.4300/JGME-D-14-00022.1
32. Lewis S., Gambles R, Rapoport R. The constraints of a «work—life balance» approach: an international perspective // *International Journal of Human Resource*, 20071. Vol. 8 (3). Pp. 360–373. doi:10.1080/09585190601165577
33. Maddi S.R. Relevance of hardiness assessment and training to the military context // *Military Psychology*. 2007. Vol. 19 (1). Pp. 61–70.
34. Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P. Job burnout // *Annual Review of Psychology*. 2001. Vol. 52. Pp. 397–422. Doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397
35. McDougall L., Drummond P.D. Personal Resources Moderate the Relationship Between Work Stress and Psychological Strain of Submariners // *Military Psychology*. 2010. Vol. 22. Pp. 385–398. doi:10.1080/08995605.2010.513231
36. Millon T., Davis R., Grossman S. & Millon C. MCMI—III: Millon Clinical Multiaxial Inventory-III Manual: 4th edition. Minneapolis, MN: NCS, Inc., 2009.
37. Nelson D.L. & Simmons B.L. (). Health psychology and work stress: A more positive approach. In Quick J.C. & Tetrick L.E. (Eds.). *Handbook of Occupational Health Psychology*. Washington, DC: American Psychological Association, 2003. Pp. 97–119.
38. Pérez-Fuentes M., Molero Jurado M., Martos Martínez Á. & Gázquez Linares J.J. Burnout and Engagement: Personality Profiles in Nursing Professionals // *Journal of Clinical Medicine*. 2019. Vol. 8 (3). P. 286. doi:10.3390/jcm8030286
39. Rantanen J. Work-family interface and psychological well-being: a personality and longitudinal perspective: Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 346. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House, 2008. 86 p.
40. Reijseger G., Schaufeli W.B., Peeters M.C.W., Taris T.W., van Beek I. & Ouweneel E. Watching the paint dry at work: psychometric examination of the Dutch Boredom Scale // *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*. 2013. Vol. 26 (5). Pp. 508–525. doi:10.1080/10615806.2012.720676
41. Schaufeli W.B. & Bakker A.B. Test Manual for the Utrecht Work Engagement Scale. Unpublished manuscript. Utrecht University, 2003. Available at: <http://www.schaufeli.com>
42. Schaufeli W.B., Bakker A.B., Salanova M. The measurement of work engagement with a short questionnaire: a cross-national study // *Education and Psychological Measurement*. 2006. Vol. 66 (4). Pp. 701–716. doi:10.1177/0013164405282471
43. Schaufeli W.B., Leiter M.P., Maslach C. & Jackson S.E. Maslach Burnout Inventory—General Survey. In Maslach C., Jackson S.E. & Leiter M.P. (Eds.). *The Maslach Burnout Inventory—Test manual* (3<sup>rd</sup> ed.). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1996.



44. *Schaufeli W.B. & Salanova M.* Burnout, boredom and engagement at the workplace. In Peeters M., de Jonge J. & Taris T. (Eds.). *People at work: An Introduction to Contemporary Work Psychology*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. Pp. 293–320.
45. Shimazu A., Schaufeli W.B., Kamiyama K. & Kawakami N. Workaholism vs. Work Engagement: the Two Different Predictors of Future Well-being and Performance // *International Journal of Behavioral Medicine*. 2015. Vol. 22 (1). Pp. 18–23. doi:10.1007/s12529-014-9410-x
46. *Tawfik D.S., Profit J., Webber S. et al.* Organizational factors affecting physician well-being // *Current Treatment Options in Pediatrics*. 2019. Vol. 5. Pp. 11–25. doi:10.1007/s40746-019-00147-6
47. *Young H.R., Glerum D.R., Wang W, Joseph D.L.* Who are the most engaged at work? A meta-analysis of personality and employee engagement // *Journal of Organizational Behavior*. 2018. Vol. 39. Pp. 1330–1346. doi:10.1002/job.2303
48. Van Bogaert P., Peremans L., van Heusden D., Verspuy M., Kureckova V., van de Cruys Z. & Franck E. Predictors of burnout, work engagement and nurse reported job outcomes and quality of care: a mixed method study // *BMC Nursing*. 2017. Vol. 16 (5). doi:10.1186/s12912-016-0200-4

### **Информация об авторах**

*Хрущев Сергей Олегович*, клинический психолог, Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-8740>, e-mail: [khrushchevsergei@gmail.com](mailto:khrushchevsergei@gmail.com)

*Выборных Дмитрий Эдуардович*, доктор медицинских наук, Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7506-4947>, e-mail: [dvyb@yandex.ru](mailto:dvyb@yandex.ru)

*Рассказова Елена Игоревна*, кандидат психологических наук, доцент кафедры нейро- и патопсихологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В.Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-5238>, e-mail: [e.i.rasskazova@gmail.com](mailto:e.i.rasskazova@gmail.com)

*Тхостов Александр Шамилевич*, доктор психологических наук, заведующий кафедрой нейро- и патопсихологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В.Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9676-4096>, e-mail: [tkhostov@gmail.com](mailto:tkhostov@gmail.com)

*Савченко Валерий Григорьевич*, академик РАН, доктор медицинских наук, Национальный медицинский исследовательский центр гематологии (ФГБУ «НМИЦ гематологии» МЗ РФ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-5557>, e-mail: [director@blood.ru](mailto:director@blood.ru)

### **Information about the authors**

*Sergey O. Khrushev*, Clinical Psychologist, The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-8740>, e-mail: [khrushchevsergei@gmail.com](mailto:khrushchevsergei@gmail.com)

*Dmitriy E. Vybornykh*, DSc in Medicine, The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7506-4947>, e-mail: [dvyb@yandex.ru](mailto:dvyb@yandex.ru)

*Elena I. Rasskazova*, PhD, Associate Professor, Department of Clinical Psychology, Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-5238>, e-mail: [e.i.rasskazova@gmail.com](mailto:e.i.rasskazova@gmail.com)

*Aleksander Sh. Tkhostov*, DSc, Professor, Head of Department of Clinical Psychology, Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9676-4096>, e-mail: [tkhostov@gmail.com](mailto:tkhostov@gmail.com)

*Valeriy G. Savchenko*, Academician of the Russian Academy of Sciences, DSc in Medicine, The National Medical Research Centre for Haematology, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-5557>, e-mail: [director@blood.ru](mailto:director@blood.ru)

Получена 16.07.2020

Received 16.07.2020

Принята в печать 01.03.2021

Accepted 01.03.2021





# ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ ЭКИПАЖА САМОЛЁТА ПО ДАННЫМ ВИДЕООКУЛОГРАФИИ

## **КУРАВСКИЙ Л.С.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)*

## **ЮРЬЕВ Г.А.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)*

## **ЗЛАТОМРЕЖЕВ В.И.**

*Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем  
(ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1776-6881>, e-mail: [vizlatomr@2100.gosniias.ru](mailto:vizlatomr@2100.gosniias.ru)*

## **ГРЕШНИКОВ И.И.**

*Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем  
(ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-3094>, e-mail: [vvanes@mail.ru](mailto:vvanes@mail.ru)*

## **ПОЛЯКОВ Б.Ю.**

*Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6457-9520>, e-mail: [deslion@yandex.ru](mailto:deslion@yandex.ru)*

Представлены математические модели и методы оценки уровня подготовки экипажа на основе данных видеоокулографии. Полученные результаты опираются на сравнения исследуемых фрагментов глазодвигательной активности пилотов с сопоставимыми паттернами данных видеоокулографии различных типов и качества исполнения, содержащимися в заранее сформированной специализированной базе данных. Для получения оценок применяется сложная комбинация методов анализа случайных процессов и многомерного статистического анализа. «Интеллект» диагностических средств содержится в эмпирических данных и может гибко изменяться по мере их накопления. Рассмотренный пример определения режима полета и квалификации пилота по данным видеоокулографии позволяет говорить о возможности значимой дискриминации траекторий движения взгляда пилотов на разных фазах полета и значимой дискриминации траекторий движения взгляда опытных и неопытных пилотов на определенных фазах полета. Важным новым компонентом представленных результатов является дискриминантный анализ для решения задачи классификации лётных упражнений, построенный на принципах квантовых вычислений. Область применения рассмотренного подхода не ограничивается авиационными приложениями и может быть распространена на близкие по содержанию задачи.

**Ключевые слова:** оценка уровня подготовки экипажа, видеоокулография, дискриминантный анализ, многомерное шкалирование, кластерный анализ, показатели глазодвигательной активности.

---

**Финансирование.** Эта работа выполнена как часть проекта «SAFEMODE» (грант № 814961) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект UID RFMEFI62819X0014).



**Для цитаты:** Куравский Л.С., Юрьев Г.А., Златомрежев В.И., Грешников И.И., Поляков Б.Ю. Оценка действий экипажа самолёта по данным видеоокулографии // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 204–222. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140110>

## ASSESSING THE AIRCRAFT CREW ACTIVITY BASING ON VIDEO OCULOGRAPHY DATA

### LEV S. KURAVSKY

*Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia*  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

### GRIGORY A. YURYEV

*Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

### VALENTIN I. ZLATOMREZHEV

*State Research Institute of Aviation Systems (GosNIIAS), Moscow, Russia*  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1776-6881>, e-mail: [vizlatomr@2100.gosniias.ru](mailto:vizlatomr@2100.gosniias.ru)

### IVANI. GRESHNIKOV

*State Research Institute of Aviation Systems (GosNIIAS), Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-3094>, e-mail: [vvanes@mail.ru](mailto:vvanes@mail.ru)

### BORISLAV Y. POLYAKOV

*Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6457-9520>, e-mail: [deslion@yandex.ru](mailto:deslion@yandex.ru)

Mathematical models and methods for crew training level assessing based on video oculography data are presented. The results obtained are based on comparing the studied fragments of oculomotor activity of pilots with comparable patterns of video oculography data of various types and performance quality contained in a pre-formed specialized database. To obtain estimates, a complex combination of random process analysis and multivariate statistical analysis is used. The “intelligence” of diagnostic tools is contained in empirical data and can flexibly change as they accumulate. The considered example of determining the flight mode and pilot qualification based on video oculography data allows us to talk about the possibility of significant discrimination of the gaze movement trajectories of pilots at different flight phases and significant discrimination of the gaze movement trajectories of experienced and inexperienced pilots at certain phases of flight. An important new component of the presented results is a discriminant analysis for solving the problem of flight exercises classification, based on the principles of quantum computing. The scope of the considered approach is not limited to aviation applications and can be extended to tasks that are similar in content.

**Keywords:** crew training level assessing, video oculography, Discriminant Analysis, Multidimensional Scaling, Cluster Analysis, oculomotor activity indexes.

---

**Funding.** This work was performed as part of the “SAFEMODE” project (grant # 814961) with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (UID RFMEFI62819X0014 project).

**For citation:** Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Greshnikov I.I., Polyakov B.Y. Assessing the Aircraft Crew Activity Basing on Video Oculography Data. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 204–222. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140110> (In Russ.).



## Введение

Актуальность проблемы эффективного учета человеческого фактора при проектировании и эксплуатации транспортных средств признается специалистами и регулирующими органами профильных отраслей. На сегодняшний день этот фактор наряду с уровнем профессиональной подготовки становится одной из основных причин возникновения критических ситуаций в полете. При этом его влияние станет еще более значимым в будущем, благодаря ряду тенденций, таких как повышение уровня функциональности, автоматизации и интеллектуализации бортового оборудования воздушных судов (ВС).

В настоящее время этот фактор и его влияние на развитие критических ситуаций в полете все еще недостаточно учитывается на этапах анализа безопасности и проектирования кабины экипажа. Современный подход к его учету, как правило, базируется только на анализе статистики произошедших инцидентов и происшествий, что является основным его недостатком. В результате, существующие методики и рекомендации, учитывающие человеческий фактор, направлены лишь на изменения в процессах обучения лётного состава или процедурах эксплуатации плохо спроектированных систем и устройств, не позволяя количественно оценивать риски в конкретных полетах и выявлять факторы, способствующие возникновению опасных лётных ситуаций. Проблема заключается, во-первых, в отсутствии приемлемых математических моделей и методов и, во-вторых, в отсутствии эффективных и обоснованных средств оценки состояния экипажей, а также обусловленных этими состояниями мер по снижению рисков пилотирования.

Проведенные исследования [5; 6] показали, что в настоящее время наиболее перспективными и валидными средствами оценки состояния экипажей являются неинвазивные технологии, основанные на анализе характеристик распределения визуального внимания (видеоокулография и оценка параметров глазодвигательной активности); при этом для регистрации движения взгляда пилотов применяются бесконтактные технические средства — *айтрекеры*, которые позволяют исключить субъективную оценку показателей состояния пилота.

В этой работе рассматриваются методы оценки уровня подготовки и состояния экипажа на основе данных видеоокулографии и перспективы их применения для решения практических задач.

К настоящему времени получен ряд результатов, связанных с выявлением уровня подготовки экипажа [13–22], где в подавляющем большинстве случаев рассматриваются только параметры траектории воздушного судна и не учитываются другие характеристики. Ограничения, которые делают невозможным реальное практическое применение этих результатов, детально рассмотрены в работах [7; 9–12]. Следует отметить, что многие из указанных ограничений обусловлены применением очевидных традиционных метрик для сравнения фрагментов полетов.

Указанные выше проблемы преодолеваются, опираясь на математические модели и методы оценки уровня подготовки экипажа, рассмотренные в данной статье. В качестве иллюстрации представлен пример определения режима полета и квалификации пилота по данным видеоокулографии на основе сравнений оценок правдоподобия траекторий движения взгляда. Этот пример позволяет говорить о возможности значимой дискриминации траекторий движения взгляда пилотов на разных фазах полета и значимой дискриминации траекторий движения взгляда опытных и неопытных пилотов на определенных фазах полета, что свидетельствует о перспективности применения представленного подхода для анализа данных видеоокулографии.



Полученные результаты могут применяться — в том числе в режиме реального времени — для оценки работы экипажей, включая контроль качества их обучения; поддержки формирования инструкторских оценок; обеспечения современных форм адаптивного обучения экипажей; сравнения различных вариантов форматов системы экранной индикации и пультов управления самолётными системами в кабине экипажа; оптимизации компоновки индикаторов и пультов кабины экипажа ВС; оценки влияния информационно-управляющего поля кабины экипажа ВС и условий полета на риски возникновения авиационных инцидентов; сравнения различных средств и программ обучения лётного состава при проектировании современных летательных аппаратов.

Эти результаты существенно отличаются от вероятностных методов, применяемых при управлении системами, прогнозировании технических неисправностей, мониторинге состояния и поддержке управляющих действий пилотов [3].

### **Основные компоненты подхода: математические модели, методы и связи между ними**

Результаты работы экипажа представляются наборами временных рядов, описывающих глазодвигательную активность (ГДА), сопутствующую действиям пилотов. Этапы оценки уровня подготовки экипажа на основе анализа данных видеоокулографии, включая математические модели, методы и связи между ними, показаны на рис. 1.

*Разработанная концепция оценки уровня подготовки экипажа [7; 9–12] опирается на интегральные сравнения исследуемых фрагментов полета с сопоставимыми фрагментами из специализированной базы данных, содержащей паттерны, характеризующие выполнение лётных упражнений экипажами с различным уровнем подготовки, включая нормальное и аномальное пилотирование. На исследуемый фрагмент переносятся характеристики ближайшего паттерна из специализированной базы данных. При этом выполняется распознавание аномальной деятельности и определение параметров полета, характеризующих ошибки экипажа, с целью их интерпретации.*

Под *паттерном* понимается представление определенного фрагмента полета, или *лётного упражнения*, с помощью набора релевантных параметров. Эти паттерны соотносятся с одним из распознаваемых уровней сформированности навыков пилотирования.

Аномальность деятельности выявляется через принадлежность к соответствующим кластерам паттернов. Система позволяет выявлять параметры, ответственные за принадлежность к определенным кластерам, а также за различия между паттернами.

Информация, собранная в специализированной базе данных, должна включать в себя *параметры выполнения упражнений*, а также соответствующие комментарии, содержащие экспертные оценки из различных источников. Комментарии экспертов должны выявлять слабые стороны работы экипажей, включая информацию о типичных ошибках в терминах параметров деятельности и советы инструктору о том, как исправить указанные недостатки.

*Общее допущение заключается в том, что действия экипажа, выполняемые разными стилями и с разным качеством, а также лётные упражнения разных типов отделяются друг от друга в многомерном пространстве, сформированном в специально подобранных метриках.* Это утверждение обосновывается результатами вычислительных экспериментов, использующих релевантные эмпирические данные. Общий подход к решению задачи, вытекающий из этого допущения, опирается на выбор паттернов.



**Разработанный подход предполагает применение сложной комбинации методов анализа случайных процессов и многомерного статистического анализа. «Интеллект» диагностических средств содержится в эмпирических данных и может гибко изменяться по мере их накопления.** Предположения, адекватность которых требует обоснования, не используются. Данный подход опирается на экспериментальные данные, включающие информацию о распределении визуального внимания пилотов, а также экспертные оценки результатов выполнения лётных упражнений.

Получаемые в процессе анализа результаты сравнения исследуемых фрагментов полета и данных видеоокулографии с сопоставимыми образцами фрагментов полетов и данных видеоокулографии из специализированной базы данных представляются оценками, построенными в результате многомерного статистического анализа траекторий движения глаз или временных рядов первичных показателей ГДА [1].

Опираясь на результаты последовательного выполнения *метода главных компонентов, многомерного шкалирования и кластерного анализа* траекторий движения глаз, формируются кластеры фрагментов полетов различных типов и качества исполнения, включая аномальные. Они используются для определения вероятностных классификационных правил разделения различных типов и уровней качества выполнения упражнений в пространстве шкалирования, а также аномально выполненных действий экипажа.

Вычисление вероятностного профиля принадлежности к целевым кластерам, на основе которого строится итоговое заключение, обеспечивается с помощью *дискриминантного анализа*. Один из применяемых способов оценки уровня подготовки экипажа при этом сводится к определению кластера и качества выполнения анализируемого фрагмента полета, а также оценок вероятностей принадлежности его к целевым кластерам, связанным с типами упражнений и качеством пилотирования.

При работе с временными рядами первичных показателей ГДА, для содержательного анализа причин выявляемых аномальностей выполняется детализация вкладов параметров в различия фрагментов полетов в заданной метрике, а именно: вычисляются относительные вклады исследуемых параметров в элементы матриц взаимных расстояний, что позволяет определить параметры, характеризующие ошибки пилота, с целью выявления их причин.

Ключевым элементом применяемого подхода является метрика правдоподобия для сравнения траекторий движения взора, без применения которой многомерное шкалирование и кластерный анализ не дали бы желаемых результатов. Известные ранее метрики этот результат не обеспечивают.

Количественная оценка уровня подготовки экипажа допускает **три способа определения класса навыков:**

— прямое сравнение анализируемых упражнений с паттернами деятельности из базы данных, используя применяемую метрику (при этом на исследуемое упражнение переносятся характеристики ближайшего паттерна);

— вероятностные оценки распознавания класса навыков с помощью или классического дискриминантного анализа, используя выборочные функции распределения расстояний упражнений до центров кластеров в пространстве шкалирования, или квантового дискриминантного анализа [8];

— выбор класса навыков с помощью вероятностного профиля пребывания в диапазонах параметров деятельности, используя байесовские оценки правдоподобия.



Рассматриваемый подход можно применять даже при малых выборках лётных упражнений, поскольку и в этом случае можно выбрать паттерн и рассчитать вклад параметров во взаимные расстояния.

*Эксперт*, принимающий участие в процедуре анализа результатов выполнения лётных упражнений, отвечает за:

- выбор кластеров аномальных упражнений в пространстве шкалирования;
- выявление и интерпретацию аномалий и ошибок.

Применяемый подход к оценке уровня подготовки экипажа содержит следующие *элементы новизны*:

- основной формой представления анализируемых данных являются матрицы взаимных расстояний исследуемых процессов в метрике правдоподобия;
- разработан и программно реализован дискриминантный анализ, построенный на принципах квантовых вычислений;
- представление фрагментов полетов в пространстве шкалирования и их распределение по типам путем применения многомерного шкалирования к матрицам взаимных расстояний и последующего кластерного анализа.

При решении практических задач, в случае малых выборок лётных упражнений, целесообразно вычислять относительные вклады параметров во взаимные расстояния между упражнениями, а в случае больших выборок — или проводить дискриминантный анализ (в классическом или квантовом варианте), или оценивать вероятности принадлежности к релевантным кластерам с помощью вероятностных профилей пребывания в определенных системой диапазонах значений параметров с детализацией оценок по каждому параметру.

На *этапе предварительной обработки* выбираются временные интервалы для сравнения упражнений, и проводится нормализация данных. Определяются подмножества временных рядов, соответствующие общим временным интервалам, которые подходят для сравнения анализируемых упражнений одного и того же типа. Прежде чем приступить к дальнейшим вычислениям, временные ряды, характеризующие историю выполнения упражнений, приводят к единой шкале.

Применение рассмотренных математических методов и моделей для решения практических задач обеспечивается инструментальным средством «The Intelligent System for Flight Analysis» (ISFA) предназначенным для анализа поведения сложных систем, представленных изменяющимися во времени наборами параметров [7; 9–12]. Это средство первоначально разрабатывалось для оценки результатов выполнения лётных упражнений, но позднее стало применяться для анализа данных видеоокулографии. Оно реализовано в среде графического программирования *LabVIEW* и официально зарегистрировано в Роспатенте [4].

### **Марковская модель представления динамики перемещений взора, связанная с метрикой правдоподобия для сравнения траекторий его движения**

Сравнение динамики перемещений взора пилотов по зонам индикации опирается на *оценки правдоподобия, количественно определяющие степень согласованности движений взора, измеренных при выполнении различных лётных упражнений.*

Для представления динамики перемещений взора по зонам индикации используются *марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова).* В этих моделях зонам индикации соответствуют определенные состояния, образующие



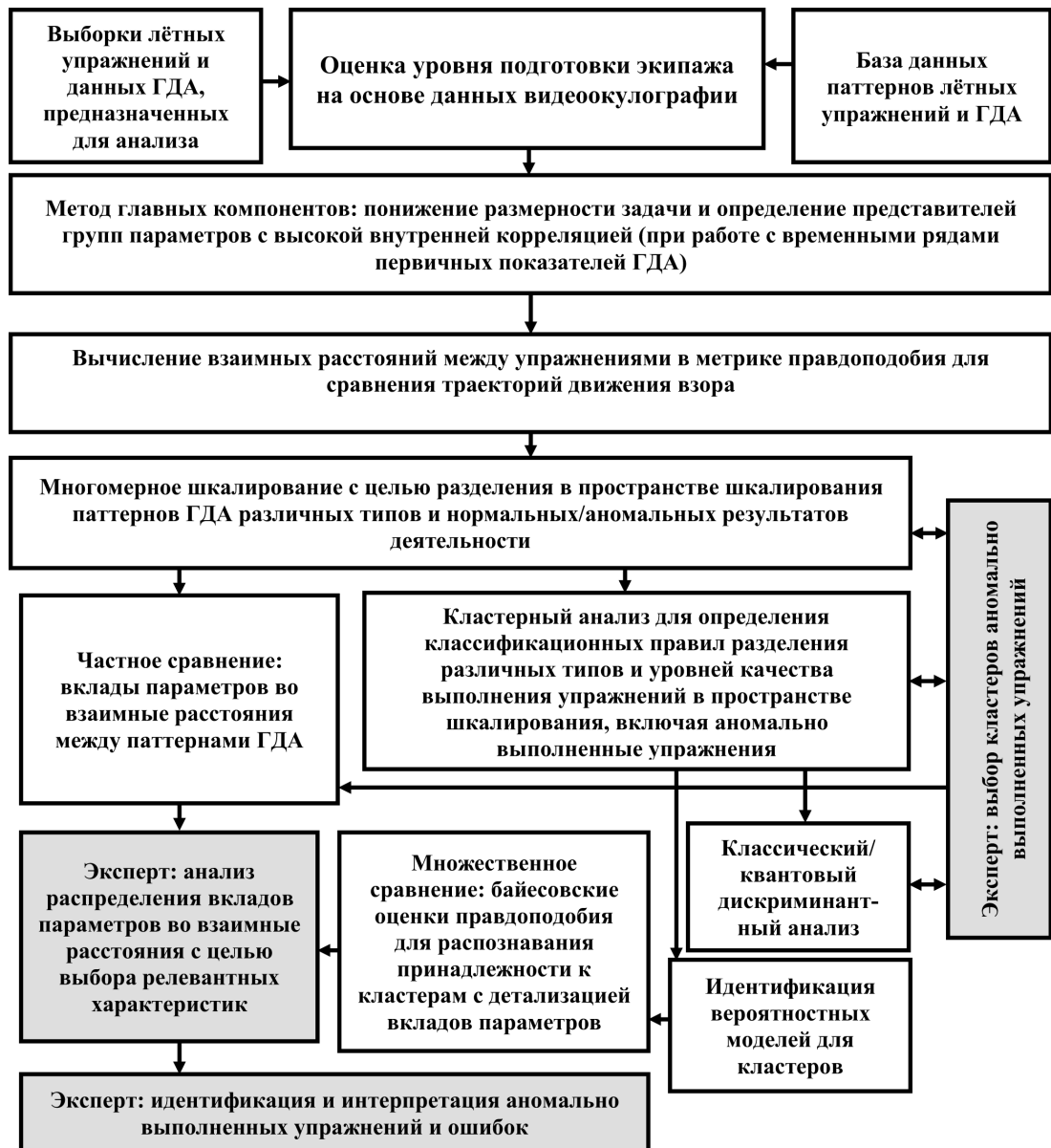


Рис. 1. Оценка уровня подготовки экипажа на основе анализа данных видеоокулографии: математические модели, методы и связи между ними (действия экспертов выделены цветом)

полную систему (т. е. данные состояния охватывают все допустимые области, куда может быть направлен взор). Пребывание в состоянии определяется нахождением взгляда в соответствующей ему зоне индикации. Такт дискретного времени — в зависимости от объема накопленных эмпирических данных — либо задается определенным (и, как правило, небольшим) интервалом времени, либо соответствует интервалу времени, определяющему переход от одной фиксации взгляда к другой. Вероятности переходов между состояниями являются параметрами модели. Каждому исследуемому лётному упражнению  $l \in \{0, \dots, z\}$



соответствует своя модель с уникальным набором вероятностей переходов между состояниями.

Перемещения взгляда характеризуются последовательностями пройденных зон индикации, которые в терминах данной модели интерпретируются как последовательности состояний.

Динамика вероятностей пребывания в состояниях модели как функций дискретного времени определяется следующим матричным уравнением:

$$p(t+1) = M_l p(t),$$

где  $t$  – дискретное время;  $0 \leq t \leq T$ ;  $t, T \in N$ ;  $T$  – конечный момент времени;  $N$  – множество натуральных чисел; вектор  $p(t) = (p_0(t), \dots, p_n(t))^T$  – представляет вероятности пребывания в состояниях модели в момент времени  $t$ ;  $n$  – число состояний марковского процесса;  $M_l = \|m_{ij,i}\|$  – стохастическая матрица вероятностей перехода между состояниями цепи Маркова порядка  $n$ , в которой  $m_{ij,i}$  – вероятность перехода из состояния  $j$  в состояние  $i$  для исследуемого лётного упражнения  $l$ .

Идентификация рассмотренных марковских моделей для исследуемых упражнений  $l \in \{0, \dots, z\}$  выполняется, используя экспериментальные данные о частотах переходов из одной зоны индикации в другую. Каждое исследуемое упражнение  $l$  имеет свою идентифицированную матрицу  $M_l$ .

Для вычисления вероятностей  $P(v_r | C_l)$  прохождения последовательности из  $r$  состояний марковского процесса при условии принадлежности к исследуемому упражнению  $l$ , где  $C_l$  – факт принадлежности к исследуемому упражнению  $l$ , а  $v_r$  – событие, представляющее собой прохождение последовательности из  $r$  состояний, используются элементы матриц  $M_l$ :

$$P(v_r | C_l) = \prod_{k=1}^{r-1} m_{s_{k+1}s_k,l}$$

Величины  $\ln P(v_r | C_l)$  применяются в качестве *оценок правдоподобия* прохождения последовательности из  $r$  состояний при условии принадлежности к исследуемому упражнению  $l$ . Использование оценок правдоподобия вместо соответствующих вероятностей при анализе динамики прохождения состояний модели обусловлено низкими порядками указанных вероятностей, которые неудобны для машинных вычислений.

Формирование матрицы взаимных расстояний в метрике правдоподобия в нотации графического языка G среды графического программирования LabVIEW представлено на рис. 2.

Пример практического применения: определение режима полета и квалификации пилота по данным видеоокулографии на основе сравнений оценок правдоподобия траекторий движения взгляда

Траектории движения взгляда измерялись в ходе экспериментов на универсальном стенде прототипирования кабины экипажа, разработанном во ФГУП «ГосНИИАС» [2]. В экспериментах принимала участие большая группа специалистов ФГУП «ГосНИИАС» и МГППУ. Режимы полета и квалификация пилотов определялась на основе сравнений оценок правдоподобия траекторий движения взгляда. Данные видеоокулографии регистрировались с помощью айтрекера *Gazepoint GP3* (Gazepoint Research Inc.), представленного

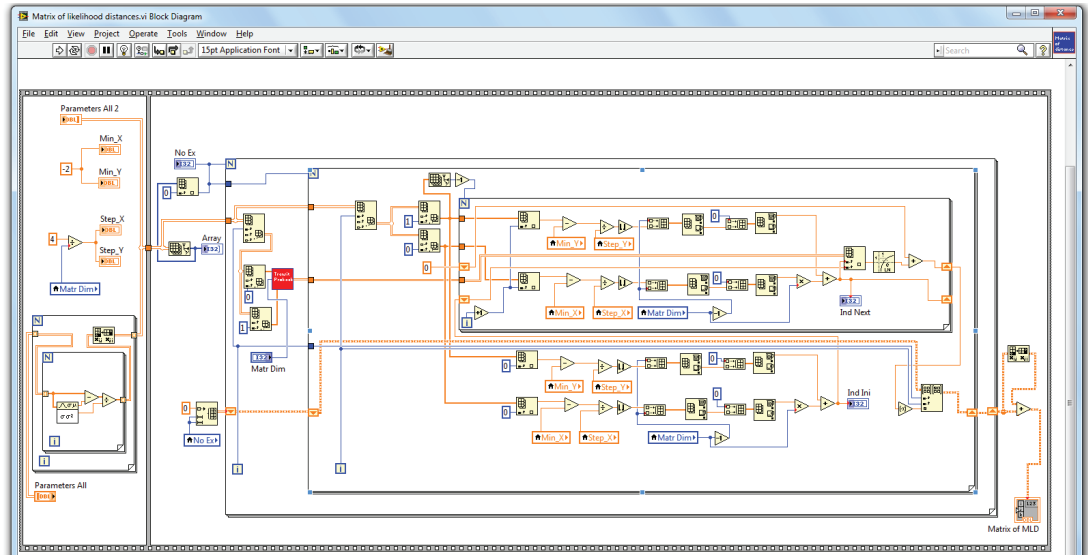


Рис. 2. Формирование матрицы взаимных расстояний в метрике правдоподобия в нотации графического языка G среды графического программирования LabVIEW

на рис. 3. Это устройство является бесконтактным техническим средством и позволяет исключить субъективную оценку показателей состояния пилота.



Рис. 3. Айтрекер Gazerpoint GP3 (Gazerpoint Research Inc.), с помощью которого регистрировались данные видеоокулографии

В процессе экспериментов регистрировались траектории движения взгляда на индикаторах на лобовом стекле (ИЛС). Содержание индикации адаптивно изменялось в зависимости от высоты полета при переходе через высоты 1500 ft и 100 ft, поэтому данные видеоокулографии сопоставлялись для упражнения «Посадка», включающего три фазы полета, представленные следующими диапазонами высот:

- более 1500 ft (снижение до 1500 ft);
- от 100 до 1500 ft (снижение после 1500 ft);
- менее 100 ft (собственно посадка).



Упражнения выполнялись двумя специалистами, имеющими навыки пилотирования, но разную квалификацию (один из них рассматривался как опытный, а второй — как неопытный пилот).

В качестве иллюстраций на рис. 4 представлены «тепловые» карты распределения внимания для различных режимов полетов и пилотов разной квалификации. Прямые качественные сравнения «тепловых» карт позволяют заключить, что нет оснований надеяться на выявление какой-либо значимой дискриминации между режимами полета и пилотами, опираясь только на данную форму представления ГДА.

Анализ ГДА пилотов выполнялся на основе сравнений траекторий движения взгляда в метрике правдоподобия с помощью инструментального средства *Intelligent System for Flight Analysis* (ISFA 3.0).

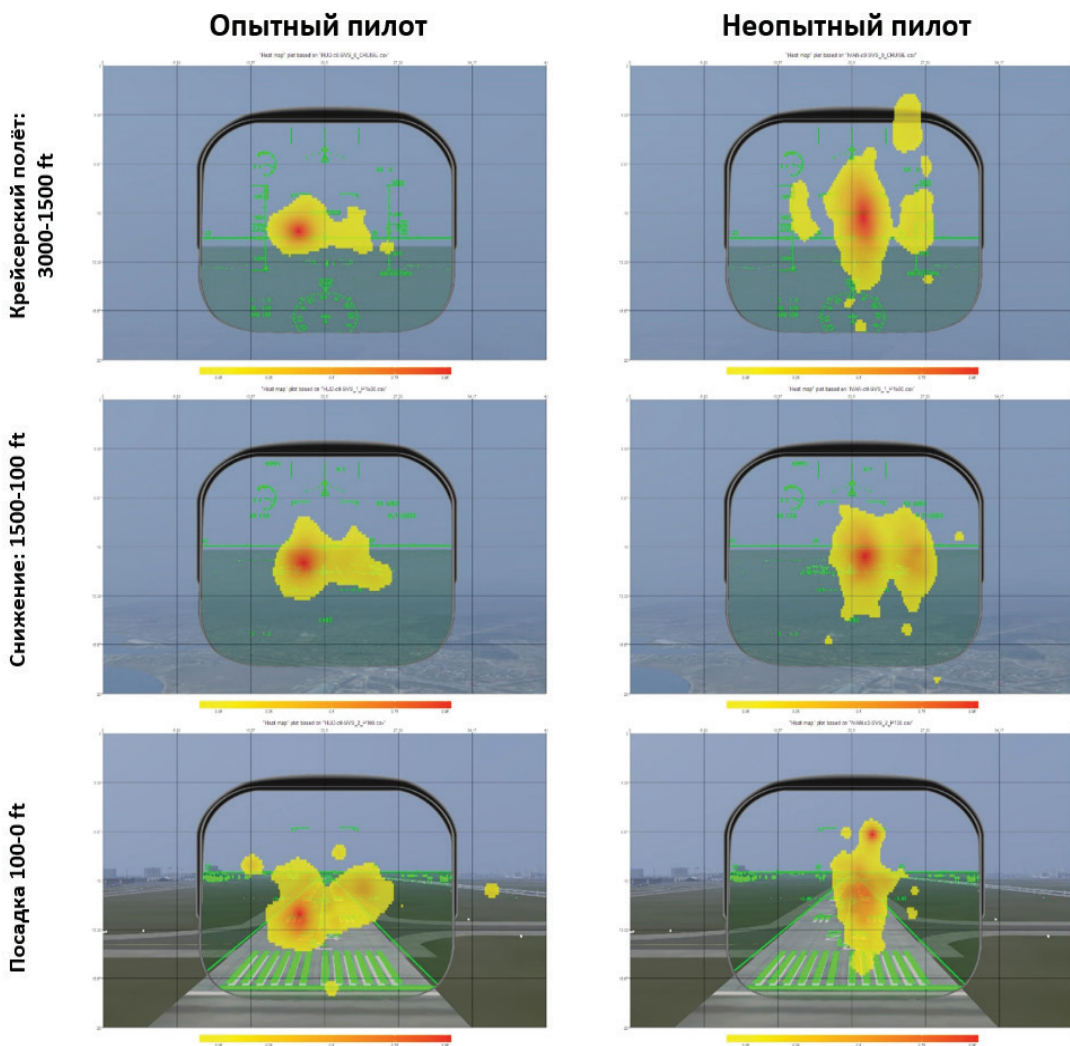


Рис. 4. «Тепловые» карты распределения внимания для различных режимов полетов и пилотов разной квалификации



Представленные в табл. 1 и 2 результаты предварительного дискриминантного анализа Фишера представлений траекторий движения взора в пространствах шкалирования с проверкой гипотез о незначимости отличий траекторий движения взора на различных фазах полета и для различных пилотов с вычислением  $F$ -статистик выявили, что:

— отсутствует значимая дискриминация между опытным и неопытным пилотами при полете выше 1500 ft и ниже 100 ft;

— для обоих пилотов имеет место высокосignificant дискриминация между разными фазами полета;

— при полете на высотах от 1500 до 100 ft имеет место высокосignificant дискриминация между опытным и неопытным пилотами.

Поэтому при последующем анализе сравнивались четыре группы траекторий движения взора:

- оба пилота при полете на высотах выше 1500 ft;
- опытный пилот при полете на высотах от 1500 до 100 ft;
- неопытный пилот при полете на высотах от 1500 до 100 ft;
- оба пилота при полете на высотах ниже 100 ft.

Таблица 1

**Результаты предварительного дискриминантного анализа Фишера представлений траекторий движения взора в пространствах шкалирования: проверка гипотез о незначимости отличий траекторий движения взора на различных фазах полета и для различных пилотов с вычислением  $F$ -статистик ( $F$ -статистики)**

$F$ -статистики (df = 2,16)	Неопытный: снижение до 1500 ft	Опытный: снижение до 1500 ft	Неопытный: снижение после 1500 ft	Опытный: снижение после 1500 ft	Неопытный: посадка	Опытный: посадка
Неопытный: снижение до 1500 ft		0,109	7,614	21,602	4,121	5,342
Опытный: снижение до 1500 ft	0,109		8,133	27,583	5,334	7,000
Неопытный: снижение после 1500 ft	7,614	8,133		15,338	25,337	29,037
Опытный: снижение после 1500 ft	21,602	27,583	15,338		55,494	59,916
Неопытный: посадка	4,121	5,334	25,337	55,494		0,128
Опытный: посадка	5,342	7,000	29,037	59,916	0,128	

Таблица 2

**Результаты предварительного дискриминантного анализа Фишера представлений траекторий движения взора в пространствах шкалирования: проверка гипотез о незначимости отличий траекторий движения взора на различных фазах полета и для различных пилотов с вычислением  $F$ -статистик ( $p$ -значения)**

$p$ -значения	Неопытный: снижение до 1500 ft	Опытный: снижение до 1500 ft	Неопытный: снижение после 1500 ft	Опытный: снижение после 1500 ft	Неопытный: посадка	Опытный: посадка
Неопытный: снижение до 1500 ft		0,898	0,005	0,000	0,036	0,017
Опытный: снижение до 1500 ft	0,898		0,004	0,000	0,017	0,007
Неопытный: снижение после 1500 ft	0,005	0,004		0,000	0,000	0,000
Опытный: снижение после 1500 ft	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
Неопытный: посадка	0,036	0,017	0,000	0,000		0,881
Опытный: посадка	0,017	0,007	0,000	0,000	0,881	

После ввода в специализированную базу данных фрагментов ГДА для различных режимов полета и пилотов была вычислена матрица взаимных расстояний между траекториями движения взора в метрике правдоподобия, представленная в цветовой шкале на рис. 5.

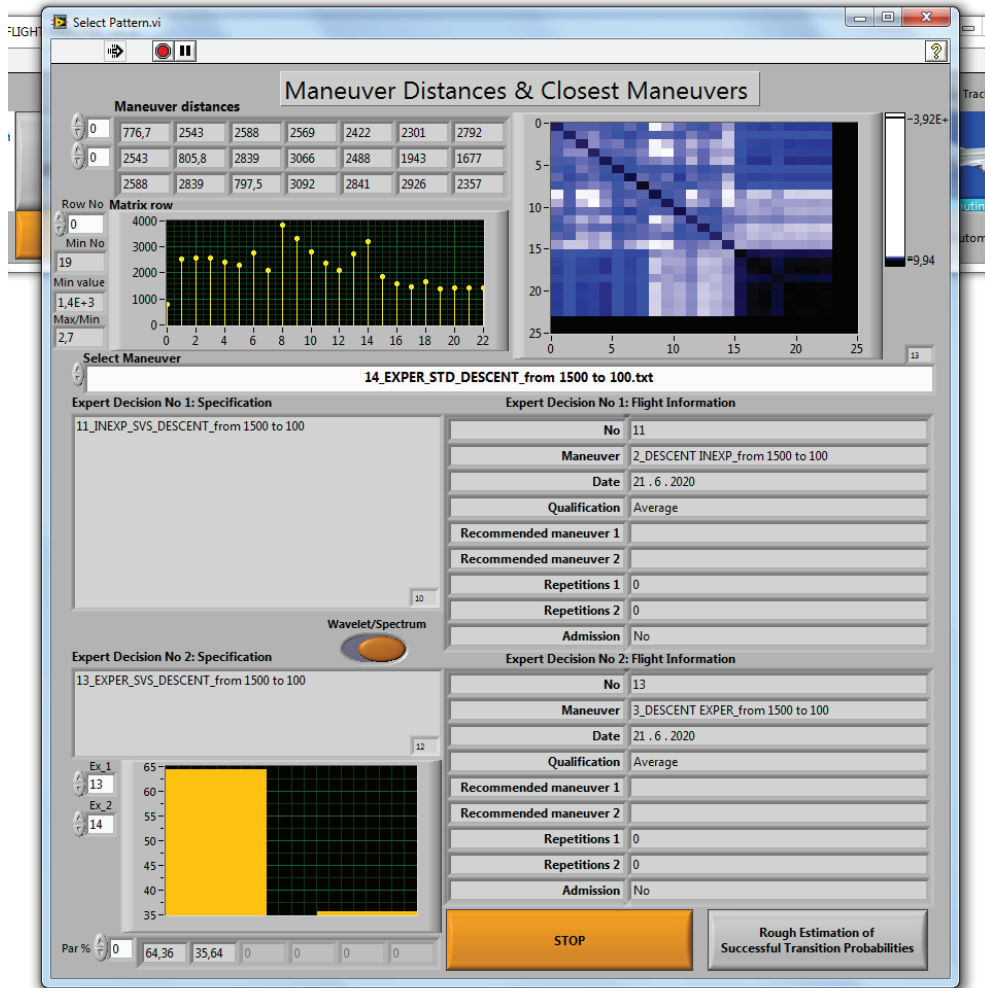


Рис. 5. Результаты вычисления матрицы взаимных расстояний между траекториями движения зрения в метрике правдоподобия вместе с сопутствующей информацией (матрица представлена в цветовой шкале)

В результате многомерного шкалирования исследуемые фрагменты ГДА были упорядочены в двумерном пространстве, демонстрируя высокую степень дискриминации (рис. 6).

В качестве иллюстраций, на рис. 7 и 8 соответственно, приведено сопоставление «сырых» (т. е. необработанных) траекторий движения зрения опытного пилота при полете на высотах выше 1500 ft и ниже 100 ft и опытного и неопытного пилотов при полете на высотах от 1500 ft до 100 ft.

Дискриминантный анализ, выполненный на основе подходов, применяемых в квантовых вычислениях (рис. 9), привел к 5 ошибкам, что составляет 22% от объема выборки и позволяет говорить о значимом отличии результата распознавания указанных выше четырех групп траекторий движения зрения от равномерного распределения по критерию Пирсона ( $\chi^2_1 = 7,35; p < 0,007$ ).



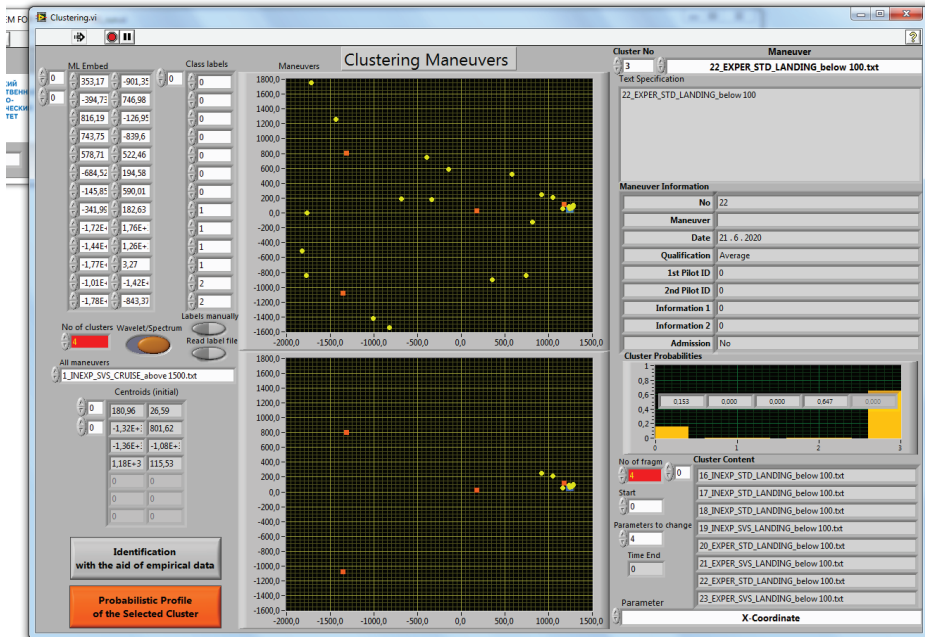


Рис. 6. Исследуемые фрагменты ГДА, упорядоченные в двумерном пространстве шкалирования

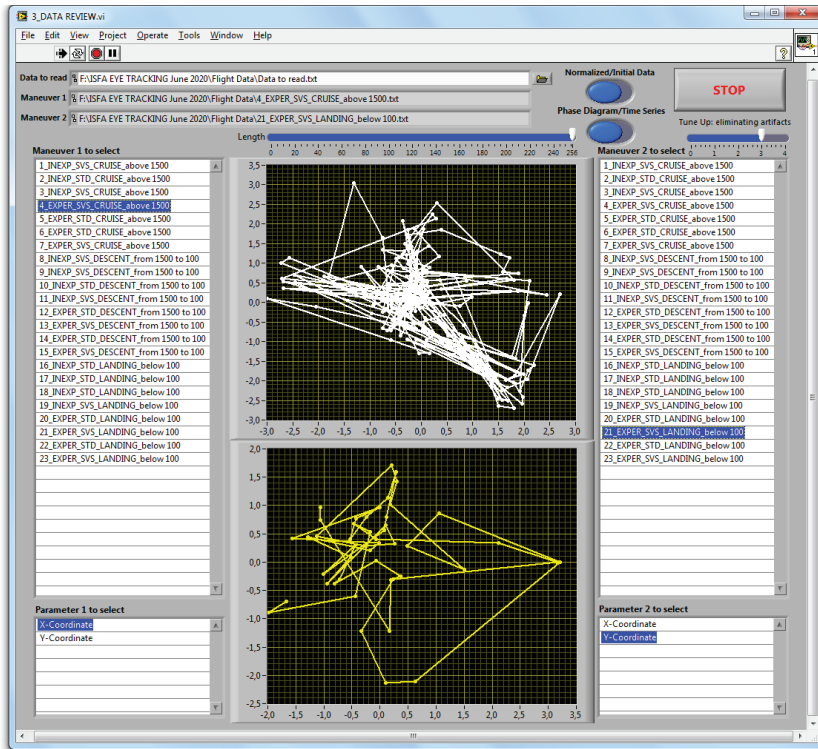


Рис. 7. Сопоставление «сырых» (необработанных) траекторий движения взгляда опытного пилота при полете на высотах выше 1500 ft и ниже 100 ft

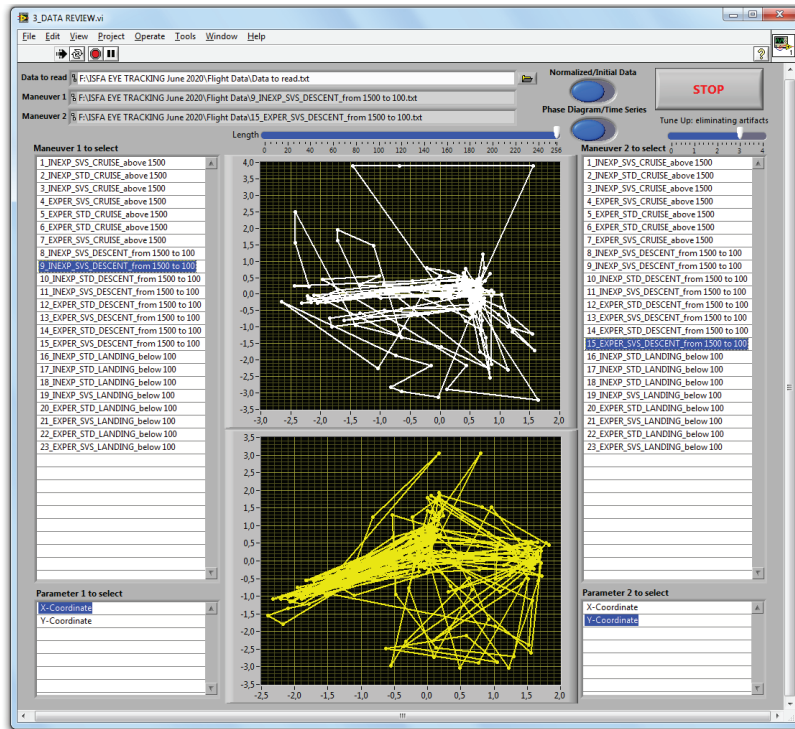


Рис. 8. Сопоставление «сырых» (необработанных) траекторий движения зрения опытного и неопытного пилотов при полете на высотах от 1500 ft до 100 ft

Классический дискриминантный анализ распределения исследуемых фрагментов ГДА в пространстве шкалирования привел к такому же результату: 5 ошибок (22% от объема выборки). Дискриминация фрагментов ГДА является статистически высокозначимой (статистика Уилкса=0,04; ассоциированная статистика  $F(6,36)=22,83; p<0,0001$ ).

**Таким образом, рассмотренный пример позволяет говорить о возможности:**

— значимой дискриминации траекторий движения зрения пилотов на разных фазах полета;

— значимой дискриминации траекторий движения зрения опытных и неопытных пилотов на определенных фазах полета, что свидетельствует о перспективности применения представленного подхода для анализа данных видеоокулографии, особенно когда классические методы не позволяют получать полезные выводы.

**В перспективе, выявленная значимая дискриминация траекторий движения зрения позволит идентифицировать как выполняемые режимы полёта, так и уровень подготовки пилотов по данным их глазодвигательной активности в автоматическом режиме в реальном времени.** Очевидно, что область применения рассмотренного подхода не ограничивается авиационными приложениями и может быть распространена на близкие по содержанию задачи.

## Основные результаты и выводы

Разработаны математические модели и методы оценки уровня подготовки экипажа на основе данных видеоокулографии, которые опираются на сравнения исследуемых фрагмен-





- обеспечения современных форм адаптивного обучения экипажей;
- сравнения различных вариантов форматов системы экранной индикации и пультов управления самолётными системами в кабине экипажа;
- оптимизации компоновки индикаторов и пультов кабины экипажа ВС с учетом ГДА;
- оценки влияния информационно-управляющего поля кабины экипажа ВС и условий полета на риски возникновения авиационных инцидентов;
- сравнения различных средств и программ обучения лётного состава при проектировании современных летательных аппаратов.

### **Литература**

1. *Барабанищikov В.А., Жегалло А.В.* Регистрация и анализ направленности зрения человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 316 с.
2. *Желтов С.Ю., Федосов Е.А., Чуянов Г.А., Златомрежеv В.И., Грешников И.И. и др.* Патент № 101331 Комплекс оборудования (стенд) прототипирования интерфейса кабины воздушного судна / Правообладатель ФГУП «ГосНИИАС» (Россия). Заявка № 2016500077; Заяв. 15.01.2016; Зарегистр. 15.12.2016. (РОСПАТЕНТ).
3. *Красильщиков М.Н., Евдокименков В.Н., Базлев Д.А.* Индивидуально-адаптированные бортовые системы контроля технического состояния самолета и поддержки управляющих действий летчика. М.: Изд-во МАИ, 2011. 438 с.
4. *Куравский Л.С., Юрьев Г.А.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660358 Intelligent System for Flight Analysis v1.0 (ISFA#1.0) / Правообладатели: Куравский Л.С., Юрьев Г.А. (Россия). Заявка № 2018617617; Заяв. 18.07.2018; Зарегистр. 22.08.2018.— (РОСПАТЕНТ).
5. Отчет о прикладных научных исследованиях по теме «Разработка моделей рисков человеческого фактора и рекомендаций по созданию человеко-машинного интерфейса кабины экипажа воздушного судна» (промежуточный), этап 1, Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы», соглашение о предоставлении субсидии от 21.10.2019г. № 075-11-2019-018, № госрегистрации RFMEFI62819X0014.
6. Отчет о прикладных научных исследованиях по теме «Разработка моделей рисков человеческого фактора и рекомендаций по созданию человеко-машинного интерфейса кабины экипажа воздушного судна» (итоговый), этап 2, Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы», соглашение о предоставлении субсидии от 21.10.2019г. № 075-11-2019-018, № госрегистрации RFMEFI62819X0014.
7. *Kuravsky L.S., Yuryev G.A.* A novel approach for recognizing abnormal activities of operators of complex technical systems: three non-standard metrics for comparing performance patterns [Электронный ресурс] // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET). 2020. 11 (4). P. 119–136, <http://www.iaeme.com/IJARET/issues.asp?JType=IJARET&VType=11&IType=4>. (Accessed 20.11.2020)
8. *Kuravsky L.S.* Discriminant Analysis Based on the Approaches of Quantum Computing // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2020. Vol. 41. № 12. P. 2338–2344.
9. *Kuravsky L.S., Yuryev G.A.* The intelligent system to support condition monitoring for activities of operators of complex technical systems. In: Proc. 16th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management. Glasgow, UK, June 2019. 17 p. DOI: 10.1784/cm.2019.108
10. *Kuravsky L.S., Yuryev G.A.* Detecting Abnormal Activities of Operators of Complex Technical Systems and their Causes Basing on Wavelet Representations [Электронный ресурс] // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2019. 10(2). P. 724–742. <http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=2>
11. *Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I.* New approaches for assessing the activities of operators of complex technical systems // Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia). 2019. Vol. 12. № 4. P. 27–49. DOI:10.17759/exppsy.2019120403



12. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Yuryeva N.E. Assessing the Aircraft Crew Actions with the Aid of a Human Factor Risk Model // Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia). 2020. Vol. 13. № 2. P. 153–181. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130211>
13. Aircraft trajectory clustering techniques using circular statistics. Yellowstone Conference Center, Big Sky. Montana, 2016. IEEE.
14. Bastani V., Marcenaro L., Regazzoni C. Unsupervised trajectory pattern classification using hierarchical Dirichlet Process Mixture hidden Markov model // 2014 IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP) / IEEE. 2014. P. 1–6.
15. Enriquez M. Identifying temporally persistent flows in the terminal airspace via spectral clustering // Tenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2013) / Federal Aviation Administration (FAA) and EUROCONTROL. Chicago, IL, USA, 2013. June 10–13.
16. Enriquez M., Kurcz C. A Simple and Robust Flow Detection Algorithm Based on Spectral Clustering // International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT) / Federal Aviation Administration (FAA) and EUROCONTROL. Berkeley, CA, USA, 2012. May 22–25.
17. Faure C., Bardet J.M., Olteanu M., Laccaille J. Using Self-Organizing Maps for Clustering and Labelling Aircraft Engine Data Phases. In: WSOM (2017): 96–103.
18. Gaffney S., Smyth P. Joint probabilistic curve clustering and alignment // Advances in Neural Information Processing Systems. Cambridge, MA: MIT Press, 2005. Vol. 17. P. 473–480.
19. Gaffney S., Smyth P. Trajectory clustering with mixtures of regression models // Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 1999. P. 63–72.
20. Laxhammar R., Falkman G. Online learning and sequential anomaly detection in trajectories // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2014. Vol. 36. № 6. P. 1158–1173.
21. Rintoul M., Wilson A. Trajectory analysis via a geometric feature space approach // Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal. 2015.
22. Wilson A., Rintoul M., Valicka C. Exploratory Trajectory Clustering with Distance Geometry // International Conference on Augmented Cognition. 2016. Springer. P. 263–274.

## References

1. Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V. Registratsiya i analiz napravlenosti vzora cheloveka [Registration and analysis of the orientation of a person's gaze]. Moscow Pub-l: Institute of psychology of the Russian Academy of Sciences, 2013, P. 316. (In Russ.).
2. Zheltov S.Yu., Fedosov E.A., Chuyanov G.A., Zlatomrejev V.I., Greshnikov I.I. etc. Patent No. 101331 Kompleks oborudovaniya (stend) prototipirovaniya interfeisa kabiny vozdušnogo sudna / Pravoobladateli FGUP GosNIAS (Russia). Zayavka 2016500077; Zayav. 15.01.2016; Zaregistr. 15.12.2016. (ROSPATENT). (In Russ.).
3. Krasil'shchikov M.N., Evdokimenkov V.N., Bazlev D.A. Individualno-adaptirovannye bortovye sistemy kontrolya tehnikeskogo sostoyaniya samlyota i podderzhki upravlyayuschikh deistviy letchika [Individually adapted on-Board systems for monitoring the technical condition of the aircraft and supporting the pilot's control actions]. Moscow: MAI Pub-l, 2011. P. 438. (In Russ.).
4. Kuravsky L.S., Yuriev G.A. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM №2018660358 Intelligent System for Flight Analysis v1.0 (ISFA#1.0) / Pravoobladateli Kuravskii L.S., Yur'ev G.A. (Russia). Zayavka №2018617617; Zayav. 18.07.2018; Zaregistr. 22.08.2018. (ROSPATENT). (In Russ.).
5. Report on applied research on the topic “Development of human factor risk models and recommendations for creating a human-machine interface for the aircraft crew cabin” (intermediate), stage 1, State program of the Russian Federation “Development of the aviation industry for 2013-2025”, grant agreement dated 21.10.2019. No. 075-11-2019-018, state registration no. RFMEFI62819X0014. (In Russ.).
6. Report on applied research on the topic “Development of human factor risk models and recommendations for creating a human-machine interface for the aircraft crew cabin” (final), stage 2, State program of the Russian Federation “Development of the aviation industry for 2013–2025”, grant agreement dated 21.10.2019. No. 075-11-2019-018, state registration no. RFMEFI62819X0014. (In Russ.).
7. Kuravsky L.S., Yuryev G.A. A novel approach for recognizing abnormal activities of operators of complex technical systems: three non-standard metrics for comparing performance patterns, International Journal of





- Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET), 11 (4), 2020, pp. 119–136. <http://www.iaeme.com/IJARET/issues.asp?JType=IJARET&VType=11&IType=4>. (Accessed 20.11.2020)
8. Kuravsky L.S. Discriminant Analysis Based on the Approaches of Quantum Computing. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 2020, Vol. 41, no. 12, pp. 2338–2344.
  9. Kuravsky L.S., Yuryev G.A. The intelligent system to support condition monitoring for activities of operators of complex technical systems. – In: Proc. 16th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management, Glasgow, UK, June 2019. DOI: 10.1784/cm.2019.108 17 pp.
  10. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Detecting Abnormal Activities of Operators of Complex Technical Systems and their Causes Basing on Wavelet Representations. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10(2), 2019, pp. 724–742. <http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=2>.
  11. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I. New approaches for assessing the activities of operators of complex technical systems. *Экспериментальная психология = Experimental psychology (Russia)*, 2019, vol. 12, no. 4, pp. 27–49. doi:10.17759/exppsy.2019120403.
  12. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Yuryeva N.E. Assessing the Aircraft Crew Actions with the Aid of a Human Factor Risk Model. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2020. Vol. 13, no. 2, pp. 153–181. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130211>.
  13. Aircraft trajectory clustering techniques using circular statistics. Yellowstone Conference Center, Big Sky, Montana, 2016. IEEE.
  14. Bastani V., Marcenaro L., Regazzoni C. Unsupervised trajectory pattern classification using hierarchical Dirichlet Process Mixture hidden Markov model // *2014 IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP) / IEEE. 2014*. Pp. 1–6.
  15. Enriquez M. Identifying temporally persistent flows in the terminal airspace via spectral clustering // Tenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2013) / Federal Aviation Administration (FAA) and EUROCONTROL. Chicago, IL, USA: 2013. June 10-13.
  16. Enriquez M., Kurcz C. A Simple and Robust Flow Detection Algorithm Based on Spectral Clustering // International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT) / Federal Aviation Administration (FAA) and EUROCONTROL. Berkeley, CA, USA: 2012. May 22–25.
  17. Faure C., Bardet J.M., Olteanu M., Lacaille J. Using Self-Organizing Maps for Clustering and Labelling Aircraft Engine Data Phases. In: WSOM (2017): 96–103.
  18. Gaffney S., Smyth P. Joint probabilistic curve clustering and alignment // *In Advances in Neural Information Processing Systems*. Vol. 17. Cambridge, MA: MIT Press, 2005. Pp. 473–480.
  19. Gaffney S., Smyth P. Trajectory clustering with mixtures of regression models // Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 1999. Pp. 63–72.
  20. Laxhammar R., Falkman G. Online learning and sequential anomaly detection in trajectories // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2014. Vol. 36, no. 6. Pp. 1158–1173.
  21. Rintoul M., Wilson A. Trajectory analysis via a geometric feature space approach // *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*. 2015.
  22. Wilson A., Rintoul M., Valicka C. Exploratory Trajectory Clustering with Distance Geometry // International Conference on Augmented Cognition /Springer. 2016. Pp. 263–274.

### **Информация об авторах**

*Куравский Лев Семенович*, доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных технологий, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

*Юрьев Григорий Александрович*, кандидат физико-математических наук, доцент, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)





*Златомрежев Валентин Игоревич*, заведующий лабораторией, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1776-6881>, e-mail: [vizlatomr@2100.gosniias.ru](mailto:vizlatomr@2100.gosniias.ru)

*Грешников Иван Игоревич*, ведущий инженер, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-3094>, e-mail: [vvanes@mail.ru](mailto:vvanes@mail.ru)

*Поляков Борислав Юрьевич*, аспирант, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6457-9520>, e-mail: [deslion@yandex.ru](mailto:deslion@yandex.ru)

### ***Information about the authors***

*Lev S. Kuravsky*, DSc (Engineering), Professor, Dean of Computer Science Faculty, Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

*Grigory A. Yuryev*, PhD (Physics and Mathematics), Associate professor, Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

*Valentin I. Zlatomrezhev*, Head of Laboratory, State Research Institute of Aviation Systems (GosNIAS), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1776-6881>, e-mail: [vizlatomr@2100.gosniias.ru](mailto:vizlatomr@2100.gosniias.ru)

*Ivan I. Greshnikov*, Lead Engineer, State Research Institute of Aviation Systems (GosNIAS), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-3094>, e-mail: [vvanes@mail.ru](mailto:vvanes@mail.ru)

*Borislav Y. Polyakov*, Graduate Student, Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6457-9520>, e-mail: [deslion@yandex.ru](mailto:deslion@yandex.ru)

Получена 20.11.2020

Принята в печать 01.03.2021

Received 20.11.2020

Accepted 01.03.2021



---

## СООБЩЕНИЕ ОТ РЕДАКЦИИ

Статья *Харламенкова Н.Е., Еськин Н.А., Снетков А.И., Акинъшина А.Д., Батраков С.Ю., Виленская Г.А., Дан И.М., Дан М.В., Матвейчук Н.Н., Никитина Е.А.* Истинные и псевдо-междисциплинарные исследования: принципы системно-структурного подхода к планированию медико-психологических проектов // *Экспериментальная психология*. 2019. Т. 12. №. 4. С. 177–192. DOI:10.17759/exppsy.2019120414 выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00393 К (№ 18-00-00123; № 18-00-00049).