

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В.ЛОМОНОСОВА

*На правах рукописи*

**Ковалёв Артём Иванович**

**Нейрокогнитивные механизмы взаимодействия субъекта  
со средой виртуальной реальности**

5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени

доктора психологических наук

Москва – 2025

Работа подготовлена на кафедре психофизиологии факультета психологии  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Московский государственный университет имени  
М.В.Ломоносова»

Научный консультант: **Зинченко Юрий Петрович**

доктор психологических наук, профессор, член-  
корреспондент РАН, академик РАО, главный внештатный  
специалист по медицинской психологии Министерства  
здравоохранения Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

**Ермаков Павел Николаевич**

доктор биологических наук, академик РАО; ФГАОУ ВО  
«Южный федеральный университет», кафедра  
психофизиологии и клинической психологии,  
заведующий кафедрой;

**Котельникова Анастасия Владимировна**

доктор психологических наук, доцент; ФГАОУ ВО  
Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, кафедра  
педагогика и медицинской психологии, профессор;

**Дорохов Владимир Борисович**

доктор биологических наук; ФГБУН Институт высшей  
нервной деятельности и нейрофизиологии Российской  
академии наук, лаборатория нейробиологии сна и  
бодрствования, заведующий лабораторией.

Защита состоится «19» декабря 2025 г. в 14 часов 00 минут на заседании  
диссертационного совета МГУ.053.2 Московского государственного  
университета имени М.В.Ломоносова по адресу: 125009, г. Москва, ул. Моховая,  
дом 11, строение 9, аудитория 102.

E-mail: psy.dissovet@org.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Научной библиотеки  
МГУ имени М.В.Ломоносова (г. Москва, Ломоносовский просп., д. 27) и на  
портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3509>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

И.о. учёного секретаря  
диссертационного совета МГУ. 053.2,  
доктор психологических наук, доцент

Е.И. Первичко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность

Активное развитие различных цифровых технологий является отличительной чертой современного этапа эволюции человеческой цивилизации. Взаимодействие человека с устройствами и сервисами, имеющими цифровую природу, а также опосредствование выполнения людьми многих действий цифровыми технологическими решениями, ставят новые задачи для психологической науки. Так, возникли новые предметные области: в социальной психологии активно исследуются вопросы цифровой социализации и цифровой коммуникации<sup>1,2</sup>, психология развития рассматривает проблемы влияния цифровых технологий на трансформацию возрастно-психологических особенностей детей и взрослых<sup>3</sup>, когнитивная эргономика ищет решения достижения позитивного пользовательского опыта и удобной организации различных цифровых пространств<sup>4</sup>. Однако, в общем тренде исследований в области организации деятельности человека в цифровом пространстве особое место занимают работы, в которых рассматриваются проблемы взаимодействия человека со средой виртуальной реальности (VR).

Начиная с первых исследовательских проектов по созданию систем VR<sup>5</sup> эти устройства создавались для решения задачи создания для человека особых условий нахождения в цифровой среде<sup>6</sup>, отличающихся по своим характеристикам от реальной среды, и, поэтому, требующей от субъекта особых форм адаптации. Иными словами, технология VR создавала для субъекта такие условия, в которых действующая сенсорная стимуляция различной модальности могла изменять чувственную ткань сознания и, благодаря этому, формировать появление новых психических феноменов, таких как эффект присутствия, иллюзия движения собственного тела и другие. Однако, в ходе развития VR от первых исследовательских прототипов к пользовательским устройствам, спектр тем научных изысканий и новых конкретных научных проблем, входящих в

---

<sup>1</sup> Gebremariam H. T., Dea P., Gonta M. Digital socialization: Insights into interpersonal communication motives for socialization in social networks among undergraduate students // *Heliyon*. 2024. Т. 10. №. 20.

<sup>2</sup> Han, E., Bailenson, J. N. Social interaction in VR. *Oxford Research Encyclopedia of Communication*. 2024.

<sup>3</sup> Веракса А. Н., Веракса Н. Е. Взаимосвязь метапознания и регуляторных функций в детстве: культурно-исторический контекст // *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. 2021. №. 1. С. 79-113.

<sup>4</sup> Dall'Acqua L. (ed.). *Bioethics of Cognitive Ergonomics and Digital Transition*. – IGI Global, 2024.

<sup>5</sup> Sutherland I. E. A head-mounted three dimensional display // *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*. 1968. P. 757-764

<sup>6</sup> Biocca F. Virtual reality technology: A tutorial // *Journal of communication*. 1992. Vol. 42. №. 4. P. 23-72.

сферу когнитивных наук, существенно расширился, фактически сформировав отдельную предметную область научного знания.

Для сферы психологической науки и практики с самого начала своего появления технологии ВР оказались одновременно и предметом, и средством научного исследования. Фактически, в психологии была сформирована новая отрасль – психология виртуальной реальности<sup>7,8,9,10</sup>. Одной из важнейших практических задач этой отрасли стало выявление особенностей взаимодействия человека с виртуальными средами (ВС) для эффективного решения практико-психологических задач. Успешное решение этой задачи позволило разработать инновационные программы применения систем ВР в школьном образовании<sup>11,12</sup>, в обучении специфичным профессиональным навыкам<sup>13,14</sup>, при подготовке операторов сложных технических устройств, в том числе беспилотных летательных аппаратов<sup>15</sup>. Системы ВР нашли своё эффективное применение в психотерапии при лечении тревожных расстройств<sup>16</sup>, в том числе фобий<sup>17</sup>,

<sup>7</sup> Зинченко Ю. П. Психология виртуальной реальности. 2011.

<sup>8</sup> Арбекова О. А., Гусев А. Н. Влияние установок разного уровня на скорость зрительного поиска // Вопросы психологии. 2015. № 4. С. 147–158.

<sup>9</sup> Ковалев А. И. Новые информационные технологии в социальных исследованиях: постнеклассическая парадигма / Г.Я. Меньшикова, Ю.П. Зинченко, А.И. Ковалев, Л.А. Шайгерова // Национальный психологический журнал. 2015. Том.19. № 3. С. 25–34. 0,6 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>10</sup> 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.

<sup>11</sup> Angel-Urdinola D. F., Castillo-Castro, C., Hoyos, A. Meta-analysis assessing the effects of virtual reality training on student learning and skills development. Washington, DC: World Bank. 2011.

<sup>12</sup> Villena-Taranilla R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A. Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. // Educational Research Review. 2022. Vol. 35, P. 100434.

<sup>13</sup> Bielsa V. F. Virtual reality simulation in plastic surgery training. Literature review // Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery. 2021. Vol.74. №9. P.2372-2378.

<sup>14</sup> Бузина Т. С., Котельникова, А. В., Шалина, О. С., Денисов, А. А., Колосов, Ю. А., Горбунова, Ю. В., Мурсалов, И. Д. Психологические проблемы разработки и внедрения VR-технологий в системе медицинского образования // Национальный психологический журнал. 2024. Том.54. №2. С.47-59.

<sup>15</sup> Szóstak M., Mahamadu, A. M., Prabhakaran, A., Pérez, D. C., Agyekum, K. Development and testing of immersive virtual reality environment for safe unmanned aerial vehicle usage in construction scenarios. // Safety Science. 2024. Vol.176. P.106547.

<sup>16</sup> Schröder D., Wrona, K. J., Müller, F., Heinemann, S., Fischer, F., Dockweiler, C. Impact of virtual reality applications in the treatment of anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials // Journal of behavior therapy and experimental psychiatry. 2023. Vol. 81. P.101893.

<sup>17</sup> Freitas J. R. S., Velosa, V. H. S., Abreu, L. T. N., Jardim, R. L., Santos, J. A. V., Peres, B., Campos, P. F. Virtual reality exposure treatment in phobias: a systematic review // Psychiatric Quarterly. 2021. Vol.92. №4. P.1685-1710.

синдрома дефицита внимания и гиперактивности<sup>18</sup>, а также расстройств аутистического спектра<sup>19</sup>. В период пандемии коронавируса COVID-19 получили распространения системы ВР, отображающие человека в ВС в виде анимированных цифровых аватаров, что позволяло организовать процесс коммуникации с другими пользователями в дистанционном анимированном формате<sup>20</sup>.

Однако, с точки зрения развития теорий и концепций эффективности ВР и несмотря на большой накопленный экспериментальный материал остается мало изученной ключевая проблема выявления качественной специфики психических процессов, опосредствующих взаимодействие субъекта, активно организующего свою деятельность в ВС, которая в свою очередь может быть интерактивной или пассивной по отношению к пользователю. В этой связи необходимо особо отметить недостаточную методологическую проработанность самого понятия «виртуальная реальность» и, как следствие, понятия «взаимодействие субъекта с виртуальной средой». Поэтому перспективным для целей рассмотрения такого взаимодействия является применение системно-деятельностного подхода<sup>21,22,23,24</sup>, требующего учёта целенаправленной активности субъекта при погружении в ВС, а также комплексного изучения происходящих процессов в системе «субъект – ВС», а не только исследования изолированного действия набора сенсорных факторов на специфичные органы чувств или отдельные элементы когнитивного функционирования человека. Под взаимодействием человека с ВС мы понимаем процесс установления и протекания системных отношений между активно действующим субъектом и ВС, который

---

<sup>18</sup> Corrigan N., Păsărelu, C. R., Voinescu, A. Immersive virtual reality for improving cognitive deficits in children with ADHD: a systematic review and meta-analysis // *Virtual Reality*. 2023. Vol.27. №4. P.3545-3564.

<sup>19</sup> De Luca R., Leonardi, S., Portaro, S., Le Cause, M., De Domenico, C., Colucci, P. V., Calabrò, R. S. Innovative use of virtual reality in autism spectrum disorder: A case-study // *Applied Neuropsychology: Child*. 2021. Vol.10. №1. P.90-100.

<sup>20</sup> Hazarika A., Rahmati M. Towards an evolved immersive experience: Exploring 5G-and beyond-enabled ultra-low-latency communications for augmented and virtual reality // *Sensors*. 2023. Vol.23. №7. P.3682.

<sup>21</sup> Леонтьев А. Н. Деятельность. сознание. личность. Политиздат, 1975. 304 с.

<sup>22</sup> Талызина Н. Ф. Сущность деятельностного подхода в психологии // *Методология и история психологии*. 2007. Том 2. №4. С.157-162.

<sup>23</sup> Зинченко Ю. П. Методологические проблемы фундаментальных и прикладных психологических исследований // *Национальный психологический журнал*. 2011. Том.5. №1. С.42-49.

<sup>24</sup> Гусев А. Н. От психофизики «чистых» ощущений к психофизике сенсорных задач: системно-деятельностный подход в психофизике. // *Вопросы психологии*. 2013. Том.8. №3. С.143-155.

обеспечивается формированием у субъекта специфических нейрокогнитивных механизмов, направленных на адаптацию субъекта к нахождению в условиях ВР и обеспечение его деятельности в ВР. Указанные нейрокогнитивные механизмы представляют собой совокупность приспособленческих изменений, имеющих психологические, нейрофизиологические и поведенческие проявления. Формирование таких механизмов представляет собой системное явление, возникающее в результате взаимодействия субъекта с ВС. Тем самым, формирование и функционирование качественно специфических нейрокогнитивных механизмов отражает особенности взаимодействия человека и цифровых устройств. Исследования нейрокогнитивных механизмов, обеспечивающих реализацию субъектом деятельности в ВС, обладают высоким потенциалом научной новизны и перспективой получения результатов, имеющих большую практическую значимость.

В настоящий момент, несмотря на накопленный опыт исследований в области изучения погружения человека в ВР, позволяющий выделить отдельные специфичные феномены взаимодействия субъекта с ВС, остаются актуальными проблемы формирования теоретических предположений, объясняющих причины их появления. Фундаментальные вопросы возникновения и протекания отдельных специфичных феноменов ВР (эффект присутствия<sup>25</sup>, эффект «резиновой руки» в ВР<sup>26</sup>, иллюзия движения собственного тела в ВР<sup>27</sup> и др.) требуют разработки общей теоретической концепции, объясняющей причины их формирования в процессе погружения человека в ВС с учётом имеющихся нейрофизиологических данных. Например, современные исследования причин возникновения иллюзии движения собственного тела в ВС позволили накопить значительный объём разрозненного эмпирического материала об отдельных зонах головного мозга (обнаружено более 10 различных участков<sup>28,29</sup>), активирующихся при её переживании, однако, фактически, не позволили создать единой общепринятой нейрокогнитивной модели данного феномена.

Изучение нейрокогнитивных механизмов, обеспечивающих взаимодействие субъекта с ВС, имеет особое значение для глубокой научной

---

<sup>25</sup> Slater M. Immersion and the illusion of presence in virtual reality // *British journal of psychology*. 2018. Vol.109. №3, P.431-433.

<sup>26</sup> Ma K., Hommel B. The virtual-hand illusion: effects of impact and threat on perceived ownership and affective resonance // *Frontiers in psychology*. 2013. Vol.4. P.604.

<sup>27</sup> Ковалёв А.И. Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова // *Национальный психологический журнал*. 2015. Т.20. № 4. С. 91–104. 0,8 п.л. / 0,4 п.л.

<sup>28</sup> Keshavarz B., Campos J. L., Berti S. Vection lies in the brain of the beholder: EEG parameters as an objective measurement of vection // *Frontiers in Psychology*. 2015. Vol. 6. P. 1581.

<sup>29</sup> McAssey M., Brandt T., & Dieterich M. EEG analysis of the visual motion activated vection network in left-and right-handers // *Scientific Reports*. 2022. Vol.12. №1. P.19566.

проработки проблематики организации и реализации двигательной активности человека в ВР, создающей специфические условия выполнения движений субъектом. Само по себе перемещение в ВС, задаваемое чаще всего внешними контроллерами и манипуляторами, предполагает ограниченное пространство для выполнения реальных движений тела человека. Тем самым ВР представляет собой условия, в которых человеку необходимо строить двигательную активность сообразно целям её реализации в ВС. Активное построение движений в условиях ВР может быть рассмотрено с позиций концепции уровней организации двигательной активности<sup>30</sup> и должно быть определено в рамках единой концептуальной схемы взаимодействия субъекта с ВС. Особенно с учётом того, что, зачастую, физически неподвижный наблюдатель в системе ВР воспринимает своё перемещение в ВС за счёт глобального перемещения виртуальных объектов, что требует формирования новых процессов зрительно-моторных координаций<sup>31</sup>. Данные об особенностях организации и реализации движений тела в ВС могут выступать индикатором для формирования не только отдельных операций, но и в целом деятельности человека, благодаря возможностям моделирования определённых условий нахождения и поведения субъекта в ВС, что позволит использовать их в дальнейшем для повышения эффективности реабилитационных процедур в части восстановления двигательной активности<sup>32</sup>. (Котельникова и др., 2021).

Отдельный исследовательский вопрос связан с изучением движений глаз пользователя в процессе взаимодействия с ВС. Актуальная задача интеграции роли движений глаз в обеспечение нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС нацелена на рассмотрение глазодвигательной активности как активного приспособительного механизма, выраженного в подстройке состояния работы глазодвигательной системы<sup>33</sup> в зависимости от условий пребывания в ВР, а не набора пассивных реакций на содержание ВС. Включение движений глаз в единый контекст организации деятельности субъекта в ВС позволит содержательно подходить к задачам разработки

<sup>30</sup> Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность / под ред. О. Г. Газенко; АН СССР. М.: Наука, 1990. 494 с.

<sup>31</sup> Lakshminarayanan K., Shah R., Daulat S. R., Moodley V., Yao Y., Madathil D. (2023). The effect of combining action observation in virtual reality with kinesthetic motor imagery on cortical activity // *Frontiers in Neuroscience*. 2023. Vol.17. P. 1201865.

<sup>32</sup> Котельникова А. В., Кукшина, А. А., Погонченкова, И. В., Турова, Е. А., Лямина, Н. П. Средства виртуальной реальности в комплексной психокоррекции кинезиофобии у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021. Том. 98. №3-2. С. 101-102.

<sup>33</sup> Белопольский В.И. Взор человека: Механизмы модели, функции. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. 415 с

актуальных методик психологической коррекции. Так, например, новые данные об особенностях динамики движений глаз в ВС существенно расширят перспективу разработки эффективной методики, основанной на процессах десенсибилизации и переработке движениями глаз для коррекции тревожного расстройства и посттравматического стрессового расстройства<sup>34</sup>.

Особую актуальность имеет задача исследования нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС в связи с разработкой и построением эффективных процедур психологической и нейропсихологической реабилитации<sup>35</sup>. В частности, необходимо оперативное создание эффективных программ коррекции посттравматического стрессового расстройства, восстановления двигательной активности, репарации высших психических функций для участников боевых действий в ходе СВО. Для успешного ответа на этот вызов следует более тщательно пересмотреть понятия и процедуры диагностики нарушений когнитивных и эмоциональных состояний человека, разработанные с применением ВР.

Разработка комплексного интегративного подхода к проблеме взаимодействия человека с ВС как активно действующего субъекта, при которой будут учтены особенности сенсорного воздействия со стороны ВР, перцептивные характеристики формируемых образов, интерактивные и иммерсивные свойства ВС, технические параметры ВР-систем и, одновременно с этим, субъективно-психологическая феноменология переживания человеком погружения в ВС, требует определения и изучения нейрокогнитивных механизмов, опосредствующих взаимодействия субъекта с ВС.

**Степень разработанности проблемы.** Изменения в протекании психической деятельности человека во время работы с различными цифровыми устройствами стали устойчивым предметом когнитивных исследований. Вместе с тем, теоретическое осмысление организации поведения человека в различных цифровых пространствах в рамках когнитивной психологии представлено в основном с опорой на классические когнитивные модели формирования в

---

<sup>34</sup> Azimisefat P., de Jongh A., Rajabi S., Kanske P., Jamshidi F. Efficacy of virtual reality exposure therapy and eye movement desensitization and reprocessing therapy on symptoms of acrophobia and anxiety sensitivity in adolescent girls: A randomized controlled trial // *Frontiers in Psychology* 2022. Vol.13. P.919148

<sup>35</sup> Ковязина М. С., Рассказова Е. И., Меньшикова Г. Я., Ковалёв А. И., Варако Н. А. Инновационные инструментальные технологии в системе клинко-психологической диагностики и реабилитации // *Вестник Российского фонда фундаментальных исследований*. 2019. №4. С. 23-30. 0,5 п.л. / 0,1 п.л.



первую очередь перцептивных образов<sup>36,37,38</sup>. Однако ВР обладает качественной спецификой с точки зрения создания условий для реализации деятельности субъекта, которая выражается как в действующих сенсорных факторах, так и в требованиях к организации протекания познавательной деятельности в ВС. Поэтому в области исследований психологии виртуальной реальности можно отметить сложившуюся традицию изучения отдельных феноменов и их поведенческих, а также нейрофизиологических проявлений, без установления каких-либо системных взаимосвязей между ними, а также выделения частных процессов, связанных с нахождением человека в ВР – в первую очередь иммерсии и вовлечённости в ВС. Так, в работах М. Слэйтера получил теоретическое осмысление такой феномен как «иллюзия места», представленный через двукомпонентное переживание нахождения в ВР и оценивание степени реалистичности нахождения в ней<sup>39</sup>. Интеграция направленного фокуса внимания человека на ВС и его личностных особенностей, установок и ожиданий нашла своё отражение в представлении об эффекте присутствия Б. Уитмера и М. Зингера, которая в последующем трансформировалась в модель когнитивного погружения<sup>40</sup>. Изучение векции в работах групп Б. Рике<sup>41</sup> привели к рассмотрению нейрофизиологических и даже эволюционных предпосылок возникновения данной иллюзии. Отдельным направлением исследований стало изучение социальных взаимодействий в ВР, в том числе с виртуальными аватарами, начало которому положил Дж. Байленсон<sup>42</sup>. Вместе с тем, представленные выше направления исследований в рамках общих когнитивных теорий или концепций не получили интегрального объединения, которое позволило бы учитывать психологические, поведенческие и психофизиологические особенности их протекания.

<sup>36</sup> Найссер У., *Познание и реальность: Смысл и принципы когнитивной психологии* / Москва: Прогресс, 1981. 230 с

<sup>37</sup> Брунер Дж. *Психология познания: За пределами непосредственной информации* / Москва: Прогресс, 1977. 412 с

<sup>38</sup> Марр Д. *Зрение: Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов* / Москва: Радио и связь, 1987. 399 с.

<sup>39</sup> Slater M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557.

<sup>40</sup> Witmer B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*. 7(3). 225-240.

<sup>41</sup> Riecke B. E., Feuereissen, D., Rieser, J. J., McNamara T. P. (2015). More than a cool illusion? Functional significance of self-motion illusion (circular vection) for perspective switches. *Frontiers in Psychology*. 6. 1174.

<sup>42</sup> Bailenson J. N., Yee, N., Merget, D., Schroeder R. (2006). The effect of behavioral realism and form realism of real-time avatar faces on verbal disclosure, nonverbal disclosure, emotion recognition, and copresence in dyadic interaction. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(4). 359-372.

**Цель исследования:** выявить нейрокогнитивные механизмы взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности.

**Объект:** субъект, активно организующий деятельность в среде виртуальной реальности.

**Предмет:** специфические нейрокогнитивные механизмы, обеспечивающие взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности.

**Гипотезы:**

1. Взаимодействие субъекта со средой ВР представляет системный процесс, который обеспечивается формированием специфических нейрокогнитивных механизмов.
2. При взаимодействии человека с ВР возникают специфические процессы сенсорно-перцептивной интеграции, которые отражаются в изменениях активности ассоциативных зон головного мозга.
3. Устойчивость взаимодействия субъекта с динамически изменяющейся средой ВР проявляется в динамике нистагменных движений глаз.
4. Взаимодействию субъекта со средой ВР сопровождается специфическими движениями тела, направленными на достижение постуральной устойчивости.
5. При взаимодействии субъекта со средой ВР происходит изменение динамики процессов пространственного мышления.

**Задачи:**

1. Проанализировать историю развития технологий ВР в контексте изучения когнитивных процессов, а также взаимодействия человека с цифровыми устройствами.
2. Проанализировать актуальные тенденции в формировании исследовательских задач в области психологии и когнитивных наук с применением технологий ВР.
3. Систематизировать существующие феномены и эффекты, появляющиеся в результате взаимодействия субъекта с ВС в рамках единого теоретико-методологического контекста системно-деятельностного подхода в психологии.
4. Предложить исследовательскую методологию изучения нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой ВР, включающую в себя возможность использования различных способов фиксации экспериментальных данных.
5. Выделить и изучить поведенческие проявления взаимодействия субъекта со средой ВР и определить из них наиболее релевантные и информативные.

6. Определить специфику изменений мозговой активности при взаимодействии субъекта со средой ВР.
7. Изучить специфические особенности проявлений пространственного мышления при взаимодействии субъекта с ВС.
8. Обобщить результаты проведённых нами теоретических и экспериментальных исследований и определить наличие системных свойств взаимодействия субъекта со средой ВР.

**Теоретико-методологические основы исследования:** Проведённое исследование опирается на методологические основания постнеклассического подхода в когнитивной науке и психологических исследованиях<sup>43,44</sup>. В диссертационном исследовании использованы также принципы конструктивистского подхода к исследованию зрительного восприятия<sup>45,46,47</sup>. При описании проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС использованы представления о наличии особых функциональных систем, в частности «воспринимающих функциональных систем», определяющих успешность приспособления человека к реализации деятельности в условиях ВР<sup>48,49,50,51,52,53</sup>. Создание условий возникновения рассогласования в процессах сенсорно-перцептивной интеграции в условиях ВР произведено с учётом положений теории сенсорного конфликта<sup>54</sup> и концепций стабильности видимого мира<sup>55</sup>.

Для создания методического инструментария использованы идеи экспериментальных подходов к изучению высших психических функций в

---

<sup>43</sup> Степин В. Философия науки. Общие проблема. Москва: Гардарики. 2006. 382 с.

<sup>44</sup> Зинченко Ю. П. Становление постнеклассического проекта в психологии // Философские науки. 2014. Том.12. С. 26-40.

<sup>45</sup> Найссер У., Познание и реальность: Смысл и принципы когнитивной психологии / Москва: Прогресс, 1981. 230 с

<sup>46</sup> Брунер Дж. Психология познания: За пределами непосредственной информации / Москва: Прогресс, 1977. 412 с

<sup>47</sup> Грегори Р. Глаз и мозг. Москва: Прогресс. 1970. 269 с.

<sup>48</sup> Анохин П. Очерки по физиологии функциональных систем. Москва: Медицина. 1975. 447 с

<sup>49</sup> Бернштейн, Н. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. Москва: Медицина. 1966. 349 с.

<sup>50</sup> Ухтомский А. Доминанта. Питер, 2002. 448 с.

<sup>51</sup> Леонтьев А. Проблемы развития психики. Москва: Смысл, 2020. 526 с.

<sup>52</sup> В. Швырков. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М., «Наука». 1978 г. 240 с

<sup>53</sup> Александров Ю. Теория функциональных систем и системная психофизиология // Системные аспекты психической деятельности. 1999. С. 96-152

<sup>54</sup> Reason J. Motion sickness: Some theoretical and practical considerations. // Applied ergonomics. 1978. Vol.9. №3. P.163-167.

<sup>55</sup> Барабанщиков В.А., Белополюский В.И. Стабильность видимого мира. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008. 303 с.

условиях VR<sup>56,57,58</sup>, методики, разработанные применительно к изучению глазодвигательной активности человека (изучение параметров фиксационного оптокинетического нистагма<sup>59</sup>), а также отдельно к изучению мозговой активности (парадигма «Человек-нейрон-модель»<sup>60</sup>).

**Методы:** использовались экспериментально-психологический и статистический (математико-статистическая обработка и анализ данных) методы исследования. Для регистрации активности головного мозга использовались метод электроэнцефалографии и метод визуализации мозговой деятельности с помощью функциональной ближней инфракрасной спектроскопии. Регистрация глазодвигательной активности производилась с помощью видеоокулографии при использовании систем регистрации движений глаз различной частоты; для регистрации параметров поструральной устойчивости использовались стабилметрия и безмаркерный видеоанализ.

Оценка показателей когнитивного функционирования производилась при помощи психодиагностического комплекса оценки пространственных способностей, оценки рабочей памяти при помощи методики N-back, зрительного внимания в парадигме Go-no-Go.

Оценка выраженности эффекта присутствия производилась с помощью опросника ITC-SOPI<sup>61</sup>, выраженность негативных симптомов при погружении в виртуальную реальность с помощью методики «Симуляторное расстройство»<sup>62</sup>. Также применялись методы прямого психофизического шкалирования.

Исследование проведено на выборке условно здоровых взрослых добровольцев в возрасте 17-35 лет, преимущественно студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников образовательных организаций высшего образования и научных учреждений г. Москвы. Всего в экспериментах приняли участие 724 человека.

<sup>56</sup> Меньшикова Г. Я., Зинченко Ю. П., Ковалев А. И., Шайгерова Л. А. Новые информационные технологии в социальных исследованиях: постнеклассическая парадигма // Национальный психологический журнал. 2015. Том.19. №3. С.25-34. 0,6 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>57</sup> Chernorizov A. M., Asmolov A. G., Schechter E. D. From physiological psychology to psychological physiology: Postnonclassical approach to ethnocultural phenomena // Psychology in Russia. 2015. Vol.8. №4. P.4.

<sup>58</sup> Keshavarz B., Campos J. L., Berti S. Vection lies in the brain of the beholder: EEG parameters as an objective measurement of vection // Frontiers in Psychology. 2015. Vol.6. P.1581.

<sup>59</sup> Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.А. Фиксационный оптокинетический нистагм (ФОКН) и его механизм. Исследования зрительной деятельности человека. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 26-41.

<sup>60</sup> Соколов Е. Н. Восприятие и условный рефлекс. Психология, 2003.

<sup>61</sup> Величковский Б. Б. Психологические факторы возникновения чувства присутствия в виртуальных средах // Национальный психологический журнал. 2014. Том.15. №3. С.28-35.

<sup>62</sup> Kennedy R. S., Lane N. E., Berbaum K. S., Lilienthal M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness // The international journal of aviation psychology. 1993. Vol.3. №3. P.203-220.

### **Научная новизна полученных результатов**

Впервые на системном уровне определено и комплексно изучено взаимодействие человека с ВС как целостного процесса, обеспечиваемого формированием специфических нейрокогнитивных механизмов у активно организующегося свою деятельность субъекта, направленных на достижение адаптационного по отношению к ВС результата. Разработана и эмпирически обоснована оригинальная концептуальная схема такого взаимодействия, представляющая собой развитие концепций функциональных воспринимающих систем применительно к деятельности в условиях ВР.

Выявлены и детально исследованы качественно специфические нейрокогнитивные механизмы, опосредующие адаптацию субъекта к условиям ВР. Показано, что эти механизмы имеют комплексные проявления:

на психологическом уровне — в виде трансформации пространственного мышления, выражающейся в изменении темпоральных характеристик выполнения заданий на пространственные способности;

на нейрофизиологическом уровне — в виде специфических изменений электроэнцефалографической активности (модуляция альфа- и бета-ритмов) и гемодинамики (активация теменных областей коры), отражающих процессы сенсорно-перцептивной интеграции для снижения зрительно-вестибулярного конфликта;

на поведенческом уровне — в виде направленных изменений глазодвигательной активности (динамика оптокинетического нистагма) и специфических движений тела для поддержания постуральной устойчивости.

Впервые подробно изучены и рассмотрены нейрокогнитивные механизмы взаимодействия субъекта со средой ВР, основанные на результатах комплексного исследования, включающего в себя сопоставление данных регистрации мозговой активности, глазодвигательной активности, постуральной устойчивости, параметров когнитивного функционирования. Полученные результаты демонстрируют формирование у человека при взаимодействии с ВС особой системы управления процессами сенсорно-перцептивной интеграции.

Получены новые фундаментальные данные о том, что сенсорно-перцептивная интеграция в ВР является активным процессом, на который влияют как низкоуровневые факторы (сенсорные сигналы), так и высокоуровневые факторы (когнитивная нагрузка и др.).

Установлена взаимосвязь между успешностью выполнения задач на оценку пространственных способностей в классическом двумерном формате и в ВР, опосредованная темпоральными характеристиками обработки информации, что вносит вклад в понимание специфики работы пространственной функции в условиях ВР.

Разработаны экспериментальные процедуры, позволяющие проводить одновременную регистрацию совокупности психологических, поведенческих и нейрофизиологических показателей. Разработаны и внедрены новые методические подходы и оригинальный инструментарий для изучения взаимодействия в системе «человек — ВС». Создан комплекс процедур для синхронной регистрации и последующей интеграции данных ЭЭГ, фНIRS, айтрекинга, стабилотрии и безмаркерного видеоанализа в реальном времени погружения субъекта в ВР.

Разработаны и апробированы уникальные виртуальные среды («Оптокинетический барабан», «Кирпичная комната», «Ментальное вращение» и др.), позволившие моделировать контролируемые условия для изучения проявлений конкретных нейрокогнитивных процессов.

Предложен и апробирован новый алгоритм автоматизированного анализа динамики оптокинетического нистагма. Впервые одновременно произведена регистрация движений глаз, стабилотрии, степени оксигенации крови в сосудах головного мозга.

Таким образом, научная новизна работы заключается в переходе от изучения отдельных феноменов ВР к системному объяснению взаимодействия человека с ВР как деятельности, обеспеченной качественно специфическим ансамблем нейрокогнитивных механизмов, и в разработке комплексного методологического подхода для его исследования.

**Теоретическая значимость** результатов исследования заключается в том, что на основе данных о нейрокогнитивных механизмах, обеспечивающих взаимодействия человека со средой ВР, сформулировано теоретико-методологическое представление о ВР как особой качественно специфической форме условий реализации деятельности человека. Наличие таких специфических нейрокогнитивных механизмов отображает процессы приспособления существующих функциональных систем и формирование новых, которые проявляются на психологическом, поведенческом и психофизиологическом уровнях. Полученные результаты позволяют сформировать единый теоретический контекст для изучения феноменов ВР, таких как эффект присутствия, перенос навыка и т.п., рассматриваемых в качестве системных эффектов от взаимодействия субъекта с ВР. Данные о параметрах мозговой активности, свидетельствующих об изменениях в процессах сенсорно-перцептивной интеграции, позволяют уточнить существующие модели формирования зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта в части учёта вклада высокоуровневых факторов.

**Практическая значимость** результатов исследования определяется возможностью использования полученных экспериментальных данных и

обобщений при проектировании безопасных и удобных с точки зрения пользовательского опыта ВС для различных систем и устройств ВР. Также полученные представления о нейрокогнитивных механизмах взаимодействия субъекта со средой ВР позволяют формировать новые методические подходы к созданию нейрореабилитационных и психотерапевтических процедур с применением технологий виртуальной реальности. В частности, результаты изучения динамики глазодвигательной активности в ВР имеют большое значение для уточнения протоколов методики десенсибилизации и переработки движениями глаз, реализованных в условиях ВР. Большое практическое значение полученные результаты имеют также для сферы отбора и подготовки операторов беспилотных летательных аппаратов и иных подобных по своим перцептивным характеристикам систем в части создания и реализации эффективных психодиагностических процедур в отношении параметров когнитивного функционирования человека.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Среда виртуальной реальности представляет собой особую форму условий реализации деятельности субъекта, задаваемую цифровым способом сенсорного воздействия, взаимодействие с которой требует адаптационного приспособления имеющихся и формирования новых специфических нейрокогнитивных механизмов.
2. Формирование специфических нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности, имеющих психологические, поведенческие и нейрофизиологические проявления, происходит в ходе активной организации человеком деятельности в условиях нахождения в виртуальной реальности.
3. Взаимодействие субъекта со средой виртуальной реальности представляет собой динамическую систему, обеспечиваемую формированием специфических нейрокогнитивных механизмов.
4. Одним из специфических нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с виртуальной средой является управление процессом сенсорно-перцептивной интеграции, которое обеспечивает снижение интенсивности зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта.
5. Поведенческими проявлениями специфических нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с виртуальной средой является динамика моторной активности на основе изменений нистагменных движений глаз и двигательных актов, направленных на поддержание постуральной устойчивости.
6. Психологическими проявлениями нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с виртуальной средой является трансформация

процессов пространственного мышления, которая проявляется в изменении темпоральных характеристик выполнения заданий на оценку выраженности пространственных способностей.

### **Апробация результатов исследования:**

Результаты исследования обсуждались на российских и международных конференциях: Международном молодёжном научном форуме «Ломоносов» (2011 г, 2012 г, 2013 г., 2014 г., 2015 г., 2016 г., 2017 г., 2018 г., 2019 г., 2020 г., 2021 г., 2022 г., 2023 г., 2024 г., 2025 г.); Европейской конференции по зрительному восприятию (37-й, г. Белград, Сербия, 2014 г.; 38-й, г. Ливерпуль, Великобритания, 2015 г.; 39-й, г. Барселона, Испания, 2016 г.; 40-й, г. Берлин, Германия, 2017 г., 42-й, г. Левен, Бельгия, 2019 г., 43-й; 45-й, г. Пафос, Кипр, 2023); Европейской конференции по движениям глаз (18-й, г. Вена, Австрия, 2015 г.; 19-й, г. Вупперталь, Германия, 2017 г.; 20-й, г. Аликанте, Испания, 2019 г.; 22-й, г. Мейнот, Ирландия, 2024 г.); 31-ом Международном психологическом конгрессе (г. Йокогама, Япония, 2016 г.); Международном психофизиологическом конгрессе (18-ом, г. Гавана, Куба, 2016 г.; 19-м, г. Лукка, Италия, 2018 г.; 21-м, г. Женева, Швейцария, 2023 г.); Ежегодной встрече Общества психофизиологических исследований (57-й, г. Вена, Австрия, 2017 г.; 61-й (2021 г.); 62-й, г. Ванкувер, Канада, 2022 г.; 63-й, г. Новый Орлеан, США, 2023 г.); Восьмой международной конференции по когнитивной науке (г. Светлогорск, Россия, 2018 г.); 16-м Европейском психологическом конгрессе (г. Москва, Россия, 2019 г.); 2-м Международном форуме по когнитивным нейронаукам «Cognitive neuroscience» (г. Екатеринбург, Россия, 2019 г.); 32-м Международном психологическом конгрессе (г. Прага, Чехия, 2021 г.).

По результатам проведённых работ получено два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ<sup>63,64</sup>.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 31 публикации (общий объем – 27,1 п.л.; авторский вклад – 10,2 п.л.); из них 17 в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index», а также в изданиях из перечня рекомендованных Минобрнауки России, утверждённых Учёным советом МГУ для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов (психологические науки) (общий объем – 16,1 п.л.; авторский вклад – 6,2 п.л.).

<sup>63</sup> Ковалёв А. И. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024681472. Traces memory eyes / А.И. Ковалёв, И.А. Крутских, В.Н. Стойка. Номер заявки 2024668770; зарегистрировано 12.08.2024; опубликовано 10.09.2024.

<sup>64</sup> Ковалёв А. И. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025665665. Roomrotation / А.И. Ковалёв, Е.Е. Тургенева, Н.И. Булаева, Д.И. Адян. Номер заявки 2025664636; зарегистрировано 03.06.2025; опубликовано 18.06.2025



**Структура и объём диссертации:** Диссертация изложена на 470 страницах и состоит из введения, двух частей (обзора литературы, описания материала и методов исследования, результатов собственных исследований), заключения, выводов, библиографического указателя и 24 приложений. Работа иллюстрирована 32 таблицами, 108 рисунками. Список литературы включает 589 источников, из них 169 отечественных и 420 зарубежных.

### **Основное содержание диссертации**

#### **Часть 1. Теоретико-методологические основания использования технологий виртуальной реальности**

##### **Глава 1. Проблема определения понятия «Технологии виртуальной реальности»**

**В разделе 1.1.** «История появления и развития технологий виртуальной реальности» в контексте исторического развития технологии рассматривается вопрос о трансформации средств ВР как технологического решения от первых прототипов до существующих пользовательских устройств. Наряду с анализом изменений в технических параметрах систем и их возможностей визуализации, причин появления таких дополнений как подвижные платформы, гаптические перчатки и тактильные костюмы, интегрированные системы регистрации движений глаз и мозговой активности, приводится также и история становления самого понятия «Технологии виртуальной реальности», в том числе появления термина, предложенного Дж. Ланье<sup>65</sup>.

**В разделе 1.2.** «Виды устройств виртуальной реальности» представлена систематика существующих технологических решений для ВР, включая высокоиммерсивные системы CAVE, модификации носимых шлемов ВР, в том числе на базе кардбордов и смартфонов, панорамные дисплеи и экраны со стереоэффектом.

Рассмотрение принципиальных отличий в устройстве различных систем с точки зрения возможностей организации взаимодействия с ними пользователя через призму существующих у них преимуществ и недостатков позволяет выделить качественную специфику технологий ВР<sup>66</sup> в сравнении с другими цифровыми технологиями и сервисами, в первую очередь, связанную с особенностями отображения информации для человека и созданием условий для

---

<sup>65</sup> Lanier J. Dawn of the new everything: A journey through virtual reality. Random House. 2017.

<sup>66</sup> Cruz-Neira C., Sandin D. J., DeFanti T. A. Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. In Seminal Graphics Papers: Pushing the Boundaries, 2023. Vol. 2. P. 51-58.

взаимодействия с ней, с учётом особенностей и возможностей организации двигательной активности в виртуальной среде<sup>67</sup>, получения зрительной и аудиальной информации, учёта влияния результатов работы вестибулярного аппарата.

**Раздел 1.3.** «Отличие технологий виртуальной и дополненной реальности» посвящён введению принципиально важного разграничения между двумя типами технологических решений. Зачастую технологии виртуальной и дополненной реальности упоминаются как схожие, имеющие большое количество одинаковых параметров с точки зрения пользовательского взаимодействия. Тем не менее, содержание данного раздела демонстрирует принципиальные различия между ними как на уровне технических решений и механизмов погружения пользователя в создаваемую реальность, так и с точки зрения особенностей восприятия и взаимодействия с этой реальностью.

Приведены примеры устройств дополненной реальности, в том числе организованные на базе носимых очков, приложений для камер смартфонов<sup>68</sup>, проекционных дисплеев и широкоформатных систем «камера-экран». Показаны основные проблемы использования и развития систем дополненной реальности, например, проблема повышения температуры носимых устройств и необходимость интеграции обработки направления взора в режиме онлайн для предъявления релевантного контента.

Предложен подход к рассмотрению сред VR как моделирующих условий для организации особых типов деятельности человека. Приведены аналогии между системами виртуальной реальности и другими имитационными средствами, например, центрифугами, параболическим полётом, иммерсионными ваннами, барокамерами, позволяющими создать для человека условия нахождения, требующими выработки новых приспособительных качества<sup>69</sup>.

## **Глава 2. Психология виртуальной реальности**

**Раздел 2.1.** «Преимущества и недостатки использования технологий виртуальной реальности в когнитивно-психологических исследованиях» посвящён проблеме использования сред VR как средств для создания новых

<sup>67</sup> Cipresso P., Giglioli I. A. C., Raya M. A., Riva G. The past, present, and future of virtual and augmented reality research: a network and cluster analysis of the literature // *Frontiers in psychology*. 2018. Vol. 9. P. 2086.

<sup>68</sup> Rauschnabel P. A., Rossmann A., tom Dieck M. C. An adoption framework for mobile augmented reality games: The case of Pokémon Go. *Computers in human behavior*. 2017. Vol. 76. P.276-286.

<sup>69</sup> Ковалёв А. И. Биомехатроника – космические исследования / В.В. Александров, С.С. Лемак, К.В. Тихонова, А.И. Ковалёв // *Пилотируемые полеты в космос*. 2023. Т. 4. № 49. С. 77–94. 1,1 п.л. / 0,3 п.л.

исследовательских приёмов в области когнитивной психологии. Обсуждаются возможности осуществления контроля за организацией деятельности испытуемого в среде ВР. Уделено значительное внимание влиянию степени интерактивности ВС на пользовательский опыт и эффективность решения человеком задач в условиях ВР. Например, на эффективность выполнения двигательной задачи в условиях высокоиммерсивной ВР-системы<sup>70</sup>. Также обсуждается эффективность использования ВР в задачах построения нейрореабилитационных процедур<sup>71</sup>. Также рассматривается проблема достижения показателя экологической валидности в исследованиях, проведённых с привлечением сред ВР.

**В разделе 2.2.** «Деятельность субъекта в условиях виртуальной реальности как предмет когнитивно-психологического исследования» поставлены принципиальные вопросы об изучении процессов погружения человека в ВР. Приведены результаты экспериментов, направленных на изучение факторов, влияющих на нахождение человека в ВС, например, сенсорного фактора в виде ширины угла обзора зрительной сцены<sup>72</sup>.

Рассмотрены специфические особенности протекания познавательных процессов при погружении в ВР. Проанализированы трансформации функции восприятия, особенно в части восприятия человеком пространства. Возможности ВР по созданию условий для решения навигационных и ориентационных задач позволили сформировать новые взгляды на соотношение аллоцентрических и эгоцентрических тенденций в создании ментальных репрезентаций пространства<sup>73</sup>. В первую очередь, этому послужили результаты экспериментов с применением виртуальных лабиринтов различных форм и видов, использование которых привело к возрождению активного изучения понятия «когнитивной карты пространства».

Отдельно обсуждается проблема формирования двигательной активности в условиях ВР, при нахождении в которых человеку предлагаются формы

<sup>70</sup> Ковалёв А. И. Разработка методики оценки успешности выполнения двигательных и когнитивных задач в условиях нарушенной вестибулярной функции с применением технологии виртуальной реальности / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова. Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. – С. 740–744. ISBN 978-5-9270-0248-1. 0,2 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>71</sup> Ковалёв А. И. Инновационные инструментальные технологии в системе клинико-психологической диагностики и реабилитации / М.С. Ковязина, Е.И. Рассказова, Г.Я. Меньшикова, А.И. Ковалёв // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2019. № 4 (104). С. 23–30. 0,5 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>72</sup> Kovalev A. Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, A. Chernorizov // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 146. P. 252–258. 0,4 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>73</sup> Richardson A. E., Montello D. R., Hegarty M. Spatial knowledge acquisition from maps and from navigation in real and virtual environments. // Memory & Cognition. 1999. Vol.27. №4, P.741-750

перемещения, отличные от привычных в реальной жизни – скачкообразная телепортация, перемещения с использованием имитационных моторных платформ, в том числе платформ с тремя и больше степенями свободы. Особое внимание уделено проблематике организации движения без фактической афферентной обратной связи, что имеет значение для оценки эффективности реабилитационных процедур, созданных с использованием ВР для восстановления двигательной активности.

Возможности ВР по созданию условий для осуществлений коммуникативной активности составляют также самостоятельную проблематику. Она подразделяется на две составляющие – построение коммуникации с цифровыми аватарами и коммуникация с реальными людьми, представленными цифровыми двойниками в ВС. Обсуждаются перспективы и ограничения результатов таких экспериментов для культурной нейронауки в разрезе изучения феномена этнокультурной идентичности. Также выделена проблема «доверия» цифровому аватару, представленному в трёхмерной ВС, отображающему поведения самого наблюдателя<sup>74</sup>.

**Раздел 2.3.** «Феномены психологии виртуальной реальности» посвящён описанию и систематизации качественно-специфичных психологических явлений, возникающих в результате использования технологий ВР. Рассмотрено понятие «эффекта присутствия», приведены основные способы оценки его выраженности, в том числе с помощью психодиагностических инструментов и измерений психофизиологических показателей. В том числе в результате проведённых нами исследований (совместно с Роголевой Ю.А., Стрельниковым С.В.)<sup>75</sup>. Обсуждаются проблемы выделения его феноменологии, а также является ли эффект присутствия эпифеноменом, либо же результатом приспособления человека к условиям нахождения в ВР.

Представлено понятие «иллюзии движения собственного тела», или «векции». Проанализированы результаты исследований векции с применением различного типа систем предъявления стимуляции и приёмов оценки выраженности иллюзии<sup>76</sup>. Обсуждаются результаты изучения влияния сенсорных факторов показали наличие влияния таких факторов, как ширина угла

<sup>74</sup> Yee N., Bailenson J. The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior // *Human Communication Research*. 2007. Vol. 33. №3. P.271-290.

<sup>75</sup> Kovalev A. Eye movements reflect stress in virtual reality: post-analysis / Y. Rogoleva, S. Strelnikov, A. Kovalev // *Procedia Computer Science*. 2024. Vol. 246. P. 3437–3446. 0,5 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>76</sup> Ковалёв А.И. Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова // *Национальный психологический журнал*. 2015. Т. 20 № 4. С. 91–104. 0,8 п.л. / 0,4 п.л.

обзора испытуемого<sup>77</sup>, пространственная частота стимула<sup>78</sup>, скорости его вращения или передвижения<sup>79</sup>. Среди перцептивных факторов, влияющих на выраженность иллюзии движения собственного тела, выделяются содержание зрительной сцены, убежденность испытуемого в неподвижности экспериментальной установки<sup>80</sup>. Формируется заключение о том, что применение систем ВР при изучении иллюзии движения собственного тела позволяет рассматривать возникновение иллюзии в контексте проблемы выраженности «эффекта присутствия» в виртуальных средах<sup>81</sup> и разрабатывать механизмы инициации иллюзии в качестве компенсации невозможности реализации двигательной активности<sup>82</sup>.

Обсуждаются психологические механизмы «иллюзии резиновой руки» как иллюстративного примера широкого класса явлений генерализации ощущений от цифровых аватаров к наблюдающему в ВР человеку. Также обсуждаются механизмы эффектов снижения болевой чувствительности у наблюдателей в ВС с содержанием, посвященным низкотемпературным условиям, или отображающих холодовое воздействие.

Обосновывается вывод о том, что рассмотрение вышеуказанных феноменов возможно как неотъемлемый результат процессов системного взаимодействия субъекта с ВС, при котором феномены психологии виртуальной реальности представляют собой варианты психологических проявлений нейрокогнитивных механизмов, обеспечивающих такое взаимодействие.

**Раздел 2.4.** «Применение технологий виртуальной реальности в решении задач практической психологии» посвящен проблеме активного использования систем виртуальной реальности в психотерапии, психологической реабилитации, развитии когнитивных способностей при зачастую недостаточном методологическом осмыслении таких возможностей. Рассмотрены примеры построения эффективных методик виртуальной

---

<sup>77</sup>Trutoiu L., Mohler B., Schulte-Pelkum J., Bulthoff H., Circular, linear, and curvilinear vection in a large-screen virtual environment with floor projection // *Computers & Graphics*. 2009. Vol. 33. P. 47–58.

<sup>78</sup>Kano C., The Perception of Self-Motion Induced by Peripheral Visual Information in Sitting and Supine Postures // *Ecological Psychology*. 1991. Vol. 3. №3. P.241–252.

<sup>79</sup> Palmisano S., Gillam B. Stimulus eccentricity and spatial frequency interact to determine circular vection // *Perception*. 1998. Vol. 27. №9. P.1067–1077.

<sup>80</sup>Riecke B., Schulte-Pelkum J., Avraamides M.N., Heyde M., Bülthoff H.H., Cognitive factors can influence self-motion perception (vection) in virtual reality // *ACM Trans Appl Percept (TAP)*. 2006. Vol.3. №3. P.194–216.

<sup>81</sup>Prothero J.D., The role of rest frames in vection, presence and motion sickness // PhD thesis, University of Washington, USA. 1998.

<sup>82</sup>Freeman J., Avons S. E., Meddis R., Pearson D. E., IJsselsteijn W. I. Using behavioral realism to estimate presence: A study of the utility of postural responses to motion stimuli // *Presence - Teleoperators and Virtual Environments*. 2000. Vol. 9. №2. P.149–164

экспозиционной терапии<sup>83</sup>, методики десенсибилизации и переработки движениями глаз (ДПДГ) в виртуальной реальности<sup>84</sup>, методик проведения когнитивного тестирования.

Обсуждается проблема переноса навыка, полученного и сформированного в ВР, на реальную жизнедеятельность человека, критерии такого переноса и возможные ограничения для его осуществления, в том числе при использовании ВР в задачах обучения и развития<sup>85</sup>. Отдельно приведено обсуждение проблем использования образовательных ВС<sup>86</sup> и разработки критериев их эффективности<sup>87</sup>.

В итоге главы сформировано и обосновано заключение о том, что психология ВР на сегодняшний день представляет собой достаточно широкую область научной проблематики, насыщенную качественно своеобразной феноменологией. И для интерпретации результатов многих экспериментов в контексте широкой модели требуется формирование концептуального взгляда на ВР как форму условий нахождения человека, заданную особыми способами сенсорного воздействия в цифровой среде.

### **Глава 3. Психофизиологические особенности погружения в виртуальную реальность.**

**Раздел 3.1.** «Зрительно-вестибулярный сенсорный конфликт при взаимодействии субъекта со средой виртуальной реальности» посвящён рассмотрению одного из базовых процессов, обеспечивающих сенсорно-перцептивную интеграцию поступающей информации при погружении человека в ВР.

Рассмотрены нейрофизиологические и психофизиологические механизмы возникновения зрительно-вестибулярного конфликта, а также концепции, объясняющие принципы его появления, в том числе теория сенсорного

<sup>83</sup> Krijn M., Emmelkamp P. M., Olafsson R. P., Biemond R. (2004). Virtual reality exposure therapy of anxiety disorders: A review // *Clinical psychology review*. 2004. Vol.24. №3. P. 259-281.

<sup>84</sup> Rousseau P. F., Malbos E., Verger A., Nicolas F., Lançon C., Khalfa S., Guedj E. Increase of precuneus metabolism correlates with reduction of PTSD symptoms after EMDR therapy in military veterans: an 18F-FDG PET study during virtual reality exposure to war. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2019. Vol. 46. №9, P.1817-1821.

<sup>85</sup> Ковалёв А.И. Технологии виртуальной реальности как средство развития современного ребенка / А.И. Ковалёв, Ю.А. Старостина // *Национальный психологический журнал*. 2020. Т. 38. № 2. С. 21–30. 0,6 п.л. / 0,3 п.л.

<sup>86</sup> Kovalev A.I. Virtual reality is more efficient in learning human heart anatomy especially for subjects with low baseline knowledge / Y.P. Zinchenko, P.P. Khoroshikh, A.A. Sergievich, A.I. Kovalev // *New Ideas in Psychology*. 2020. Vol. 59. P. 100786–100793. 0,7 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>87</sup> Ковалёв А.И. Сравнение эффективности применения технологий виртуальной реальности с традиционными образовательными средствами / А.И. Ковалёв, Ю.А. Роголева, С.Ю. Егоров // *Вестник Московского университета. Серия 14: Психология*. 2019. № 4. С. 44–58. 0,9 п.л. / 0,3 п.л.

конфликта<sup>88</sup>. Приведён системный анализ экспериментальных исследований, показывающий значимость зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта для функционирования системы определения положения и ориентации тела человека в пространстве.

Также приведены результаты исследований сенсорного конфликта с применением айтрекинга в ВР. Одной из первых системных попыток установить количественную взаимосвязь между динамикой движений глаз и возникновением сенсорного конфликта стало исследование Дж. Ким и С. Пальмизано<sup>89</sup>. Было показано, что увеличение интенсивности сенсорного конфликта сопровождается изменениями в особой форме движений глаз по типу оптокинетического нистагма, а именно уменьшением скорости медленной фазы оптокинетического нистагма. Отмечено, что данные идеи являются перспективными и нуждаются в дальнейшем развитии.

**В разделе 3.2.** «Особенности организации и регистрации двигательной активности в условиях нахождения в виртуальной реальности» приведена специфика условий виртуальной среды, предъявляющая ограничения к реализации движений человека. Обсуждаются вопросы формирования моторных паттернов в отсутствии привычных объёмов сенсорной афферентации. Показаны преимущества систем безмаркерного видеоанализа для использования в задачах оценки уровня успешности реализации отдельных моторных актов в ВР, перспективы использования таких систем для достижений целей нейрореабилитации с использованием ВР.

**Раздел 3.3.** «Нейрофизиологические корреляты погружения в виртуальную реальность» содержит в себе результаты экспериментальных исследований, направленных на установление мозговых механизмов переживания различных феноменов в виртуальной реальности.

В отношении иллюзии движения собственного тела показано, что существует активация многих зон головного мозга. В первую очередь отмечается активация островковой области<sup>90</sup>. Также показано, что во время ощущения векции избирательно активировалась область узелка мозжечка (НС)<sup>91</sup>. В связи с

<sup>88</sup> Козловская И. Б., Лапин Б. А., Миллер Н. В., Бадаква А.М. Российские вестибулярные исследования на обезьянах в полётах на биоспутниках // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Том.54. №6. С.110-116.

<sup>89</sup>Kim J., Palmisano S., Eccentric gaze dynamics enhance illusory self- motion in depth. // Journal of Vision. 2010. Vol.10. P.1–11.

<sup>90</sup>Previc F. H., Liotti M., Blakemore C., Beer J., Fox P. Functional imaging of brain areas involved in the processing of coherent and incoherent wide field-of-view visual motion. // Exp. Brain Res. 2003. Vol.131. P.393–405.

<sup>91</sup>Kleinschmidt A., Thilo K., Buchel C., Gresty M., Bronstein A., Richard S., Frackowiak R. Neural Correlates of Visual-Motion Perception as Object- or Self-motion // NeuroImage. 2002. Vol.16. P.873–882.

чем обсуждается гипотеза вестибулярной ингибиции ВР, согласно которой сенсорный конфликт и векция возникают в результате ослабления вестибулярного сигнала по отношению к сигналу со стороны зрительной системы<sup>92</sup>.

Обсуждаются нейрофизиологические корреляты эффекта присутствия в ВР. Рассматривается гипотеза о том, что повышение уровня выраженности эффекта присутствия коррелирует с подавлением альфа-ритма в затылочных и теменных областях коры<sup>93</sup>. Данное явление, известное как десинхронизация альфа-ритма, традиционно связывают с увеличением когнитивной обработки и визуального внимания, что имеет большое значение для формирования представлений о влиянии ВР на протекание когнитивных процессов. Также в данном контексте обсуждаются новые результаты, полученные в области сетевой психофизиологии. В частности, что с ростом выраженности эффекта присутствия в ВР наблюдается снижение активности сети покоя в задней поясной коре и медиальной префронтальной коре. Такое селективное подавление может свидетельствовать о перенаправлении когнитивных ресурсов с внутренних размышлений на обработку внешних стимулов ВС<sup>94</sup>.

В заключении к первой части обобщено представление о ВР, как о качественно своеобразных условиях нахождения человека. Создание таких условий позволило установить новые феномены, а также наблюдать существенную трансформацию уже известных для психологии и когнитивных наук эффектов. Обоснована необходимость методологического перехода от дискретного описания феноменологии к системному представлению об эффектах ВР, как возникающих в системе взаимодействия активно действующего субъекта и среды ВР.

## **Часть 2. Экспериментальное исследование нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средами виртуальной реальности.**

**В разделе 2.1.** «Специфические изменения глазодвигательной активности как фактор процессов сенсорно-перцептивной интеграции в виртуальной реальности» рассмотрены результаты цикла организованных последовательно эмпирических исследований, направленных на получение количественных

<sup>92</sup> Dieterich M., Bense S., Stephan T., Yousry T. A., Brandt T. (2003). fMRI signal increases and decreases in cortical areas during small-field optokinetic stimulation and central fixation // *Experimental Brain Research*. 2003. Vol.148. №1, P.117-127.

<sup>93</sup> Clements G. M., Gyurkovics M., Low K. A., Kramer A. F., Beck D. M., Fabiani M., Gratton G. Dynamics of alpha suppression index both modality specific and general attention processes // *NeuroImage*. 2023. Vol.270. P. 119956.

<sup>94</sup> Nagamine T. Application of virtual reality technology improves the functionality of brain networks in individuals experiencing pain // *World Journal of Clinical Cases*. Vol.13. №3. P. 97856.



поведенческих данных, отображающих проявления нейрокогнитивных механизмов, обеспечивающих взаимодействие субъекта со средой ВР, на основе изменений в динамике движений глаз.

На первом этапе целью исследования (проведено совместно с Меньшиковой Г.Я.) стало изучение изменений в паттернах глазодвигательной активности в условиях зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта в виртуальной реальности<sup>95</sup>.

Эмпирическая гипотеза заключалась в том, что при наблюдении движущейся зрительной стимуляции в ВР степень сенсорного конфликта будет тем выше, чем выше скорость движения наблюдаемого стимула, что отразится в изменении динамики движений глаз.

Анализ был сфокусирован на особенностях прослеживающих движений глаз, реализуемых по типу оптокинетического нистагма (ОКН). Для проведения экспериментов с применением высокоиммерсивной системы виртуальной реальности CAVE, а также шлемов виртуальной реальности, были разработаны, апробированы и внедрены специально разработанные среды ВР, предъявляющие условия вращения ВС вокруг неподвижного наблюдателя (Рис.1).



Рисунок 1 - Пример виртуальной среды «Оптокинетический барабан» в системе виртуальной реальности CAVE

В ходе проведения работ апробированы и внедрены (совместно с Меньшиковой Г.Я., Климовой О.А., Барабанщиковой В.В.) синхронизированные

<sup>95</sup> Ковалёв А.И. Роль нистагменных движений глаз в формировании иллюзии движения собственного тела / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2018. № 4. С. 135–148. 0,8 п.л. / 0,4 п.л.

с предъявлением ВС способы<sup>96,97</sup> регистрации глазодвигательной активности с применением носимых очков SMI Eye-Tracking Glasses для CAVE-системы, бинокулярных дополнений Pupil Labs Add-on и встроенной системы айтрекинга в устройство HTC Vive Pro для шлемов ВР.

Для оценки динамики ОКН разработан<sup>98</sup> (совместно с Меньшиковой Г.Я., Климовой О.А., Черноризовым А.М.) и рассчитан специальный показатель - коэффициент усиления глазодвигательной системы (КуГДС). В качестве данного параметра использовано отношение средней скорости медленных фаз ОКН при данной скорости вращения к скорости движения стимуляции ОКН. КуГДС рассчитаны для всех промежутков возникновения интенсивного сенсорного конфликта, определяемого по нажатию испытуемым на кнопку, и усреднены по каждому испытуемому для всех скоростей вращения и всех направлений. Для проведения экспериментов данного цикла в результате множества эмпирических апробаций были выбраны скорости вращения ВС в 30, 45 и 60 угл. град/с. С использованием данного показателя установлено, что значения переменной КуГДС при скорости вращения 60 град/с значительно отличались в меньшую сторону от значений КуГДС при других скоростях вращения (например, для CAVE-системы:  $p < 0,001$ ,  $t = 6,771$  и  $t = 5,112$  при сравнении с 30 и 45 град/с соответственно).

В целях оптимизации обработки пространственно-временных траекторий движений взора для выделения участков медленных быстрых фаз ОКН разработан (совместно с П.А. Манукян, М.А. Климовой, А.И. Дрождевым) специальный автоматизированный алгоритм<sup>99</sup>, в основе которого лежал принцип определения максимумов в массиве координат позиции взора по горизонтальной оси (Рис.2)<sup>100</sup>.

<sup>96</sup> Ковалев А.И. Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова, О.А. Климова, В.В. Барабанщикова // Экспериментальная психология. 2015. № 2. С. 45–59. 0,9 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>97</sup> Kovalev A. The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, V. Barabanshchikova // Psychology in Russia: State of the Art. 2017. Vol. 10. No. 3. P. 151–164. 0,8 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>98</sup> Kovalev A. Eye movements as indicators of vestibular dysfunction / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, A. Chernorizov // Perception. 2015. Vol. 44. No. 8-9. P. 1103–1110. 0,5 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>99</sup> Kovalev A.I. Quantitative analysis of temporal characteristics of opto-kinetic nystagmus for vection detection / P.A. Manukyan, A.I. Drozhdev, M.A. Klimova, A.I. Kovalev // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 192. P. 2836–2843. 0,4 п.л. / 0,1 п.л.

<sup>100</sup> Kovalev A. The effects of optokinetic nystagmus on vection and simulator sickness / A. Kovalev, O. Klimova, M. Klimova, A. Drozhdev // Procedia Computer Science. 2020. Vol. 176. P. 2832–2839. 0,4 п.л. / 0,1 п.л.

Координата положения  
взора, рх

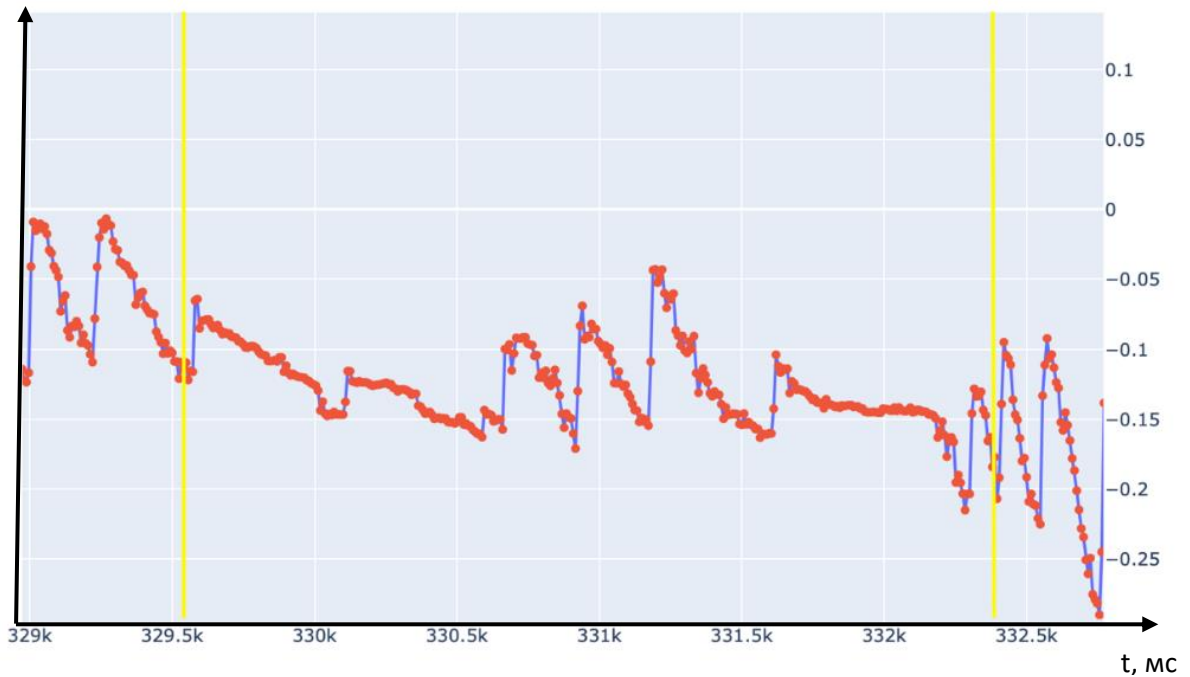


Рисунок 2 - Пример размеченного участка пространственно-временной траектории движения глаз, на котором были определены положения локальных максимумов для выделения медленных фаз ОКН

Результаты этих экспериментов впервые позволили установить достаточно надёжный индикатор для определения промежутков времени, в которых «разворачивался» зрительно-вестибулярный сенсорный конфликт значительной интенсивности, и сформулировать общую схему роли движений глаз в процессах сенсорно-перцептивной интеграции, обеспечивающих взаимодействие субъекта с ВС (Рис.3).



Рисунок 3 - Концептуальная схема влияния движений глаз на процессы сенсорно-перцептивной интеграции в условиях зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта

В результате проведения данного цикла экспериментальных работ установлено, что в движениях глаз, как отображении поведенческих проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС, наблюдаются специфические изменения, направленные на адаптацию к условиям нахождения в ВР. И нарушение реализации таких изменений приводит к росту сенсорного конфликта, то есть к дезадаптивной форме взаимодействия с ВР.

**В разделе 2.2.** «Исследование специфических движений тела для поддержания постральной устойчивости как поведенческое проявление нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средами виртуальной реальности» представлены результаты экспериментов (проведены совместно с Нефельд Е.Е., Адян Д.И., Трегубовой Ю.В.), направленных на установление поведенческих моторных проявлений, свидетельствующих о процессах приспособления к условиям нахождения в ВР.

Поскольку в результате анализа глазодвигательной активности при погружении в виртуальную реальность установлены изменения, характерные для показателей работы системы положения и ориентации тела человека в пространстве, то были выполнены эмпирические исследования по изучению

особенностей поструральной устойчивости в ВР с целью установить наличие в ней специфических моторных изменений.

Описано использование специально разработанной экспериментальной процедуры с использованием показателей стабилотрии и ВР<sup>101</sup>. Гипотеза заключается в том, что воздействие сенсорного конфликта в виртуальной реальности приводит к активации компенсаторных механизмов пострурального контроля, выражающихся в изменении параметров стабилотрии и безмаркерного видеоанализа. Для этих экспериментов созданы принципиально новые среды ВР (Рис4).

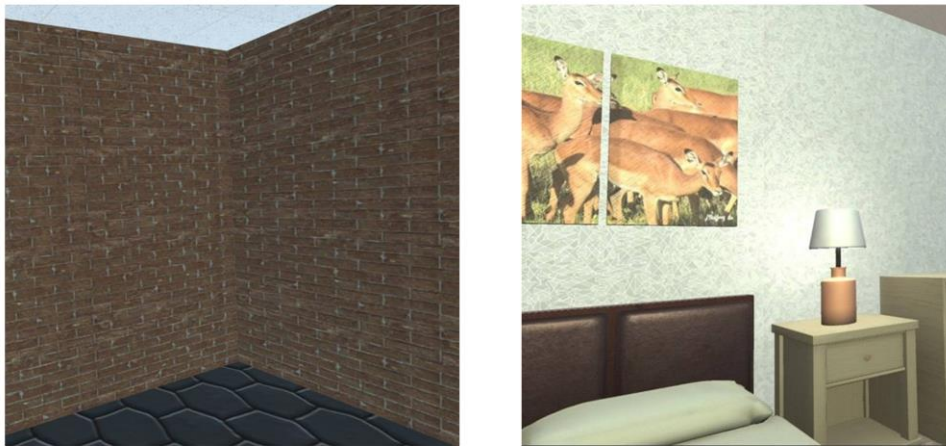


Рисунок 4 - Изображение разработанных сред ВР «Кирпичная комната» и «Меблированная комната»

Испытуемые последовательно подвергались трем типам визуальных стимуляций в ВР-среде: а) вращение вокруг вертикальной оси в горизонтальной плоскости (слева направо для испытуемого, горизонтальное, в сагиттальной плоскости), далее в тексте работы – «Карусель»; б) совершение колебательных движений из стороны в сторону (покачивание влево-вправо для испытуемого, без изменения ориентации), далее в тексте работы – «Покачивания»; в) вращение вокруг горизонтальной оси в вертикальной плоскости (снизу-вверх для испытуемого, ротация по фронтальной оси), далее в тексте работы – «Кувырок».

Для оценки поструральной устойчивости использовались стабилотрические показатели в виде длины и площади статокинезиограммы, регистрируемые при помощи платформы ST-150. Одновременно реализована процедура безмаркерного видеоанализа движений с использованием системы Kinect v2.

<sup>101</sup> Kovalev A. Hemodynamic response to modulated stress conditions via postural instability in virtual reality: Fnirs study / A. Kovalev, E. Nefeld, K. Ryseva // Cuadernos de Neuropsicologia – Panamerican Journal of Neuropsychology. 2024. Vol. 18. No. 2. P. 101–111. 0,6 п.л. / 0,2 п.л.

Оказалось, что имел место статистически значимый эффект типа виртуальной среды ( $F = 20.5$ ;  $p = 0.00014$ ): в кирпичной комнате, лишённой чётких ориентиров, участники демонстрировали большую длину траектории отклонений тела, причём постуральная нестабильность значительно возрастала от условий «Карусель» к «Покачиванию» и достигала максимума при вращении «Кувырок». Однако относительно показателя площади статокинезиограммы таких эффектов не обнаружено. То есть, компенсаторные движения телом испытуемые совершали без дополнительных перемещений в стороны, не соответствующие перемещениям виртуальной среды. Это означает, что имело место не просто общее нарушение в работе системы положения и ориентации тела человека в пространстве, а закономерные и согласованные с движением виртуальной среды движения тела человека – фактически специально совершаемые движения.

На основе полученных результатов сформирован следующий эксперимент, направленный на уточнение обнаруженного моторного поведенческого компенсаторного эффекта, подчинённого перемещению виртуальной среды, а не являющегося показателем общей дестабилизации работы системы положения и ориентации тела в пространстве. Обнаружено, что выполнение дополнительной задачи (движение глаз по заданной траектории) к основной задаче по удержанию вертикального положения тела существенно увеличивает нагрузку на сенсорную интеграцию и моторное планирование. В результате происходит перераспределение ограниченных ресурсов организма: возрастает вероятность потери устойчивости позы, как это происходило, когда объект перемещался по траектории восьмерки. Таким образом, выполнение сложных визуальных заданий в условиях ВР снижает эффективность выполнения основной постуральной функции, а именно – поддержание равновесия.

Полученные результаты о наличии специфических двигательных паттернов, направленных на поддержание постуральной устойчивости, причём сообразно содержанию ВР среды, в том числе влиянию на систему когнитивной обработки поступающей сенсорной информации, позволили продемонстрировать моторные проявления специфических нейрокогнитивных механизмов взаимодействия человека с ВС.

**В разделе 2.3.** «Изучение специфических изменений мозговой активности как проявление нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности» представлены результаты цикла экспериментальных исследований, целью которых было измерение количественных показателей мозговой активности человека при погружении в ВС, в том числе в условиях зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта.

Представлены результаты экспериментов, проведённых в высокоиммерсивной системе виртуальной реальности CAVE. Для регистрации ЭЭГ была использована установка в виде 14-канальной портативной системы ЕРОС+. Кроме того, были использованы шлемы виртуальной реальности HTC Vive Pro, а регистрация мозговой активности производилась при помощи 19-ти канальной системы «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» и «Мицар».

С помощью разработанной методики обнаружения нарушений в процессах сенсорно-перцептивной интеграции на основе параметров ОКН установлено (совместно с Рогачевым А.О., Климовой О.А., Гасимовым А.Ф.), что во время удлинения медленных фаз ОКН фиксировались значимые изменения в ритмах активности мозговой деятельности в виде увеличения мощности бета-активности в затылочной области (Рис.5)<sup>102</sup>. Также мощность ритма в альфа-диапазоне уменьшалась относительно базового уровня над двусторонними центропариетальными областями после первых 400 мс после нажатия на кнопку сигнализации о возникновении сенсорного конфликта. Далее наблюдалось сильное снижение уровня мощности ритма в бета-диапазоне в момент до нажатия на кнопку. Такое изменение связано с представлениями о том, что возникающий вследствие увеличения веса зрительного сигнала сенсорный конфликт сопровождается снижением активности в работе теменных отделов, свидетельством которого станет десинхронизация альфа-активности в данной области. Также установлено, что в сериях с неподвижной фиксацией взгляда у испытуемых из группы с высокими показателями субъективной выраженности сенсорного конфликта мощность бета-ритма выше в затылочной области, чем у испытуемых в группе с низкими оценками интенсивности сенсорного конфликта.

---

<sup>102</sup> Ковалёв А.И. Электрофизиологические показатели восприятия иллюзии движения собственного тела в условиях виртуальной реальности / А.И. Ковалёв, А.О. Рогачев, О.А. Климова, А.Ф. Гасимов // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2020. Т. 14. № 2. С. 26–44. 1,1 п.л. / 0,4 п.л.

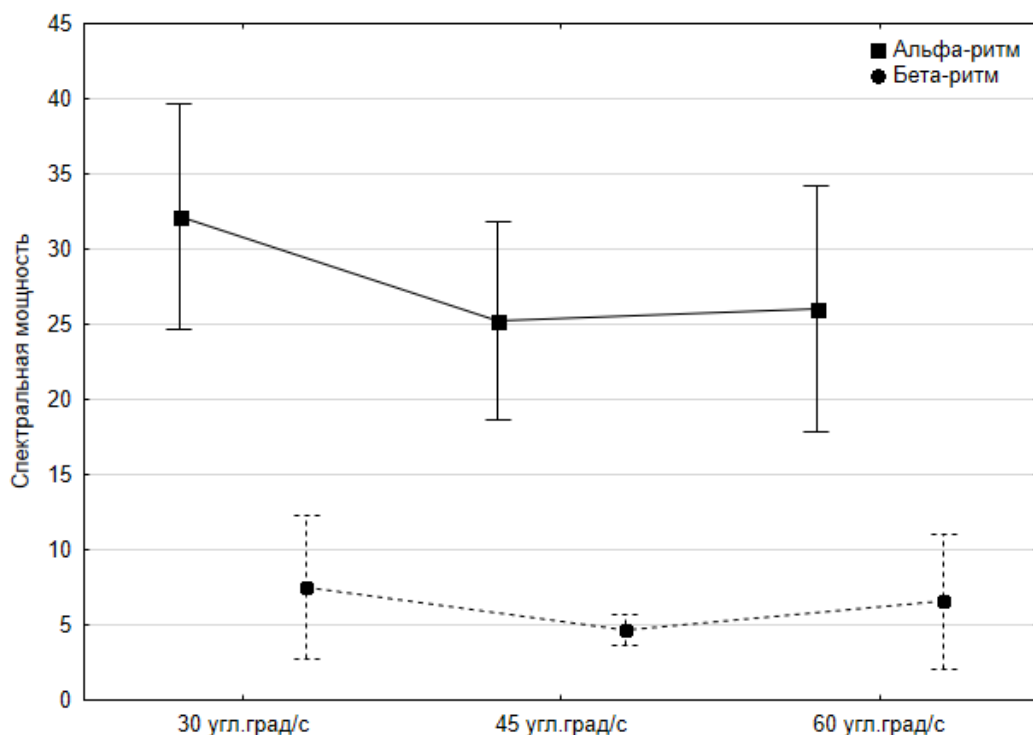


Рисунок 5 - Средние значения спектральной мощности при различных скоростях вращения ВС

Совокупность проведённых экспериментов позволила установить динамические изменения в биоэлектрической активности при увеличении интенсивности зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта во время нахождения в условиях взаимодействия со средой виртуальной реальности. Модуляции альфа-ритма при этом рассматривались с точки зрения их взаимосвязей с процессами взаимного торможения между зрительной и вестибулярной системами, что, в свою очередь, предполагает наличие специфичного механизма приспособления к нахождению в условиях виртуальной среды, при которых предъявляются дополнительные требования к работе системы определения положения и ориентации тела человека в пространстве.

С целью более детального изучения нейрофизиологических проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС, с учётом полученных результатов, спланирован и проведён цикл экспериментов<sup>103</sup>, направленных на установление изменений в мозговой активности в зонах коры больших полушарий (совместно с Нефельд Е.Е.). В качестве временных маркёров таких проявлений использовано сочетание глазодвигательных и

<sup>103</sup> Ковалёв А. И. Технологии виртуальной реальности в моделировании и управлении стрессовой реакцией человека / А.И. Ковалёв, Е.Е. Нефельд // Сибирский психологический журнал. 2024. № 92. С.165–180. – 1,0 п.л. / 0,5 п.л.



моторных паттернов, происходящих при изменении адаптационного процесса к нахождению в ВР.

Выдвинуты гипотезы о том, что существуют различия в активности зон коры головного мозга, отвечающих за процессы сенсорно-перцептивной интеграции, в зависимости от скорости вращения виртуальной среды – чем выше скорость, тем большая активация теменных отделов.

Для изучения кортикальной гемодинамической реакции на циркулярное воздействие ВС использовалась функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия с помощью 24-канального оборудования Brite Artinis Medical Systems BV. Стимуляция предьявлялась в шлеме виртуальной реальности HTC Vive Pro Eye. Регистрация стабилметрических показателей производилась при помощи стабиллоплатформы ST-150.

Выявлены различия в показателях качества функции равновесия в зависимости от условий влияния фактора «Скорость вращения ВС» ( $F=8,984b$ ;  $df=1$ ;  $p<0,006$ ). Получены значимые различия уровня оксигенации в канале Rx8-Tx10 (правая теменная область) (Рис.6) – при более низкой скорости вращения виртуальной среды в условиях выполнения инструкции по фиксации взгляда наблюдалось повышение насыщения крови кислородом. Также получены значимые различия уровня оксигенации в канале Rx5-Tx7 (правоцентральная область) по факторам «Динамика движения взора» ( $f=4,847b$ ;  $df=1$ ;  $p<0,037$ ), «Скорость вращения + Динамика движения взора» ( $f=5,327b$ ;  $df=1$ ;  $p<0,030$ ).

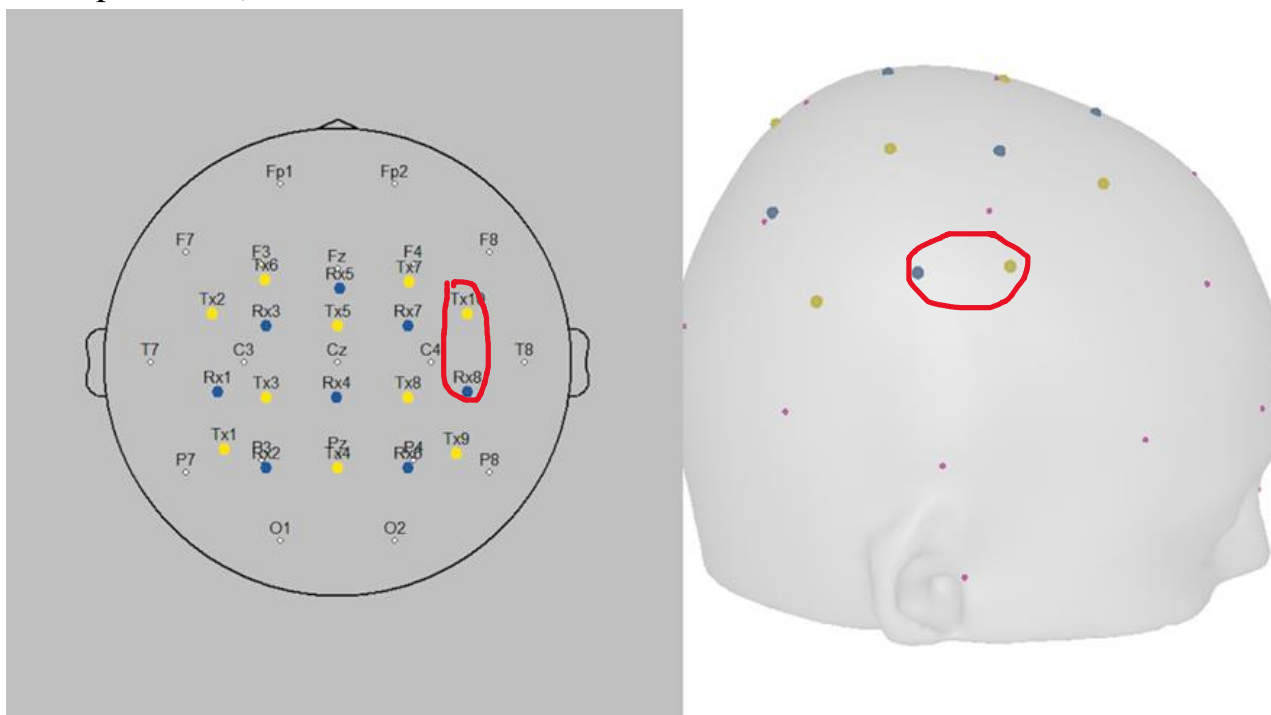


Рисунок 6 - Схема расположения оптодов фНИРС Rx8-Tx10

В качестве стабилметрического показателя функции равновесия был использован параметр КФР – показатель качества функции равновесия КФР оценивает, насколько минимальна скорость центра давления на площади опоры. Наиболее низкое значение КФР получено в условиях прослеживающего движения взора при вращении оптокинетического барабана со скоростью 60 уг.град/сек. Это связано с тем, что скорость вращения объекта (барабан) значительно выше, чем способность вестибулярной системы и зрительной системы адаптироваться к подобным изменениям, в связи с этим возникает дезинтеграция между восприятием движения тела в пространстве и восприятием неподвижного положения тела.

Различия в изменении мозговой активности при наблюдении движущейся виртуальной среды в зависимости от различных условий реализации глазодвигательной активности проинтерпретированы посредством вариабельности включения различных сенсорных систем, рефлекторных механизмов и нейронных путей, ответственных за обработку визуальной информации и поддержание равновесия в различных условиях реализации восприятия ВР. Тот факт, что обнаружены различия в активации в теменной области в зависимости от условий выполнения движений глаз, говорит о более сложных механизмах работы «переключения», задействующих в том числе систему управления глазодвигательной активностью. Таким образом, данное исследование с применением фНIRS продемонстрировало наличие выраженной реакции повышения насыщения крови кислородом в теменных областях коры при различных паттернах движений глаз в условиях виртуальной реальности при одновременном снижении постуральной устойчивости.

**В разделе 2.4.** «Особенности выраженности пространственных способностей в виртуальной реальности как элемент проявления нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности» приведены результаты экспериментов, направленных на изучение особенностей изменений параметров когнитивного функционирования в части обработки пространственной информации в условиях ВР.

Основной целью реализации экспериментальных работ стало изучение связи между уровнем развития такого показателя когнитивной сферы человека как «пространственные способности» и особенностями его взаимодействия со средами виртуальной реальности. Выбор именно такого параметра когнитивной сферы обусловлен проведёнными ранее исследованиями рабочей памяти зрительного внимания (совместно с В.Л. Машковым, Е.Е. Нефельд, А.Г. Долгих, Е.А. Смирновой, М.В. Самусевой, С.В. Стрельниковым, Д.А. Рогачевой, О.В. Ваханцевой), которые не показали существенных различий при сравнении

результативности выполнения в двумерном и трёхмерном формате<sup>104</sup>. Также в ходе проведённых экспериментов, направленных на оценку успешности выполнения социальных заданий в ВР, было показано (совместно с Гасимовым А.Ф.), что именно пространственные способности являются чувствительным параметром, связанным с эффективностью адаптации к ВР-среде<sup>105</sup>. Для достижения поставленной цели разработана программа эмпирических исследований, каждое из которых посвящено детальному анализу успешности взаимодействия людей с разным уровнем развития пространственных способностей со средами виртуальной реальности на примере разработанных моделей и с использованием подобранных индикаторов. Первоначальным этапом реализации эмпирических процедур стала организация контролируемого сбора данных о пространственных способностях респондентов с применением стандартных психометрических процедур. На основе проведенного теоретического анализа данной проблемной области в качестве отобранных методик была выбрана батарея, позволяющая оценить наиболее полно все стороны развития пространственных способностей<sup>106</sup> в следующем составе:

«Заполнение паттерна» – испытуемым необходимо расположить части объекта так, чтобы получилось целое объединение;

«Технические рассуждения» – испытуемым необходимо давать ответы на вопросы о физической природе окружающего мира;

«Разрезание бумаги» – испытуемым необходимо указать на места изображения, из которых будут удалены части так, что появятся пустые места.

«Мысленное вращение» – испытуемым необходимо представить вращения различных предъявляемых объектов и выбрать одно из нескольких правильных пространственных положений объекта после вращения.

В ходе проведённых экспериментов дополнительно к уже существующей среде виртуальной реальности «Оптокинетический барабан» разработаны и созданы «Городская площадь», «Лабиринты» (различались между собой количеством поворотов – 15, 20 и 30 поворотов), «Виртуальный куб»

<sup>104</sup> Ковалёв А. И. Особенности проявлений высших психических функций у актёров в виртуальной реальности / В.Л. Машков, Е.Е. Нефельд, А.И. Ковалёв, А.Г. Долгих, Е.А. Смирнова, М.В. Самусева, С.В. Стрельников, Д.А. Рогачева, О.В. Ваханцева // Национальный психологический журнал. 2023. Т. 18. № 4. С. 38 – 52. 0,8 п.л./ 0,2 п.л.

<sup>105</sup> Ковалёв А.И. Эмоциональный интеллект и пространственные способности как предикторы успешности взаимодействия с цифровыми аватарами в среде виртуальной реальности / А.Ф. Гасимов, К.Е. Маслова, А.И. Ковалёв // Теоретическая и экспериментальная психология. 2022. Т. 15. № 2. С. 136–147. 0,7 п.л. / 0,2 п.л.

<sup>106</sup> Rimfeld K., Shakeshaft N. G., Malanchini M., Rodic M., Selzam S., Schofield K., Plomin R. Phenotypic and genetic evidence for a unifactorial structure of spatial abilities. // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2017. Vol.114. №10. P.2777-2782.

(виртуальное пространство квадратной формы с длиной стороны в 25 м, в центре которого располагался виртуальный куб с длиной стороны в 0,7 м), который мог быть расположен в одной из пространственных позиций: на одной из граней, параллельной поверхности пола; на одном из ребер, параллельном поверхности пола; на вершине одного из углов. Далее был разработан и реализован пятый вариант ВС (Рис.7). Испытуемым в шлеме виртуальной реальности предлагалось выполнять серию заданий на ментальное вращение шести объемных фигур, объединенных в группу.

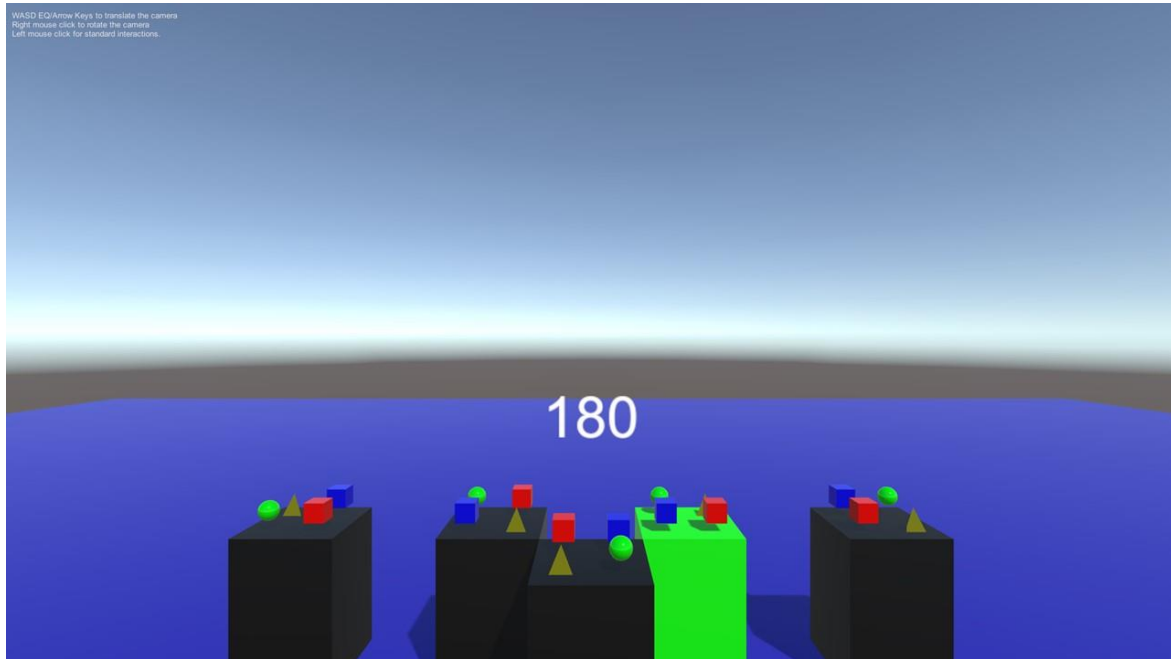


Рисунок 7 - Среда ВС «Ментальное вращение»

Для изучения успешности выполнения когнитивных заданий в среде виртуальной реальности проведён эксперимент, позволяющий получать поведенческие данные об успешности деятельности испытуемых. Цикл таких экспериментов направлен на изучение соотношения успешности выполнения теста на пространственные способности в трехмерной среде виртуальной реальности и двумерной среде. В роли переменных в анализ включены конкретные параметры решения заданий (количество правильных\неправильных ответов), а также время решения заданий на пространственное вращение в трёхмерной среде.

Таблица 1. Корреляционный анализ времени выполнения заданий на пространственные способности в ВР и в двумерном формате с учётом правильности выполнения заданий

	Затраченное время в случае правильного ответа в 2Д	Среднее затраченное время на правильный ответ, «Мысленное вращение»	Среднее затраченное время на правильный ответ, «Заполнение паттерна»	Среднее затраченное время на неправильный ответ, «Мысленное вращение»
Среднее число ошибок на 180 град. в 3Д	-,561*	-0,485	-,719**	-0,388
Верные на 90 град. в 3Д	,565*	,670**	0,352	0,356
Среднее время на ответ в 3Д	0,489	0,488	0,361	,625*
Среднее время на правильный ответ в 3Д	0,030	0,252	-0,272	,642**
Среднее время на неправильный ответ в 3Д	0,482	0,367	,565*	0,464
Среднее время на ответ по 180 в 3Д	0,275	0,440	0,052	,518*
Среднее время на неправильный ответ по 180 в 3Д	,535*	,599*	0,332	0,440
Примечание * - $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$				

Обнаружено (Таблица 1) наличие значимых связей между временем выполнения заданий в ВР и двумерном формате. Также можно сделать предположение, что успешность в выполнении задач, требующих применения пространственных способностей в виртуальной реальности, и успешность выполнения аналогичных задач в двумерном формате опосредуется через временные особенности выполнения этих заданий. Так, если респондент быстро ориентируется в одном, то быстрее ориентируется он и в другом формате пространства, и эта скорость позволяет обнаружить больше правильных ответов.

Результаты проведённых эмпирических исследований продемонстрировали наличие связи между уровнем развития пространственных способностей испытуемых и успешностью выполнения заданий, связанных с пространственным восприятием в ВР.

Полученные результаты демонстрируют наличие особенностей в психологических проявлениях нейрокогнитивных механизмов взаимодействия человека с ВС, которые заключаются в изменении темпоральных характеристик когнитивного функционирования в части пространственного восприятия.

**В разделе 2.5.** «Концептуальная схема нейрокогнитивных механизмов взаимодействия человека с виртуальной средой» представлено интегративное

обсуждение полученных результатов, а также результатов теоретического анализа.

В качестве предлагаемой концептуальной схемы (КС) (Рис.8) предложен системный многокомпонентный комплекс, представляющий собой развитие идей А.Н. Леонтьева о функциональной воспринимающей системе,<sup>107</sup> применительно к организации деятельности в условиях ВР.

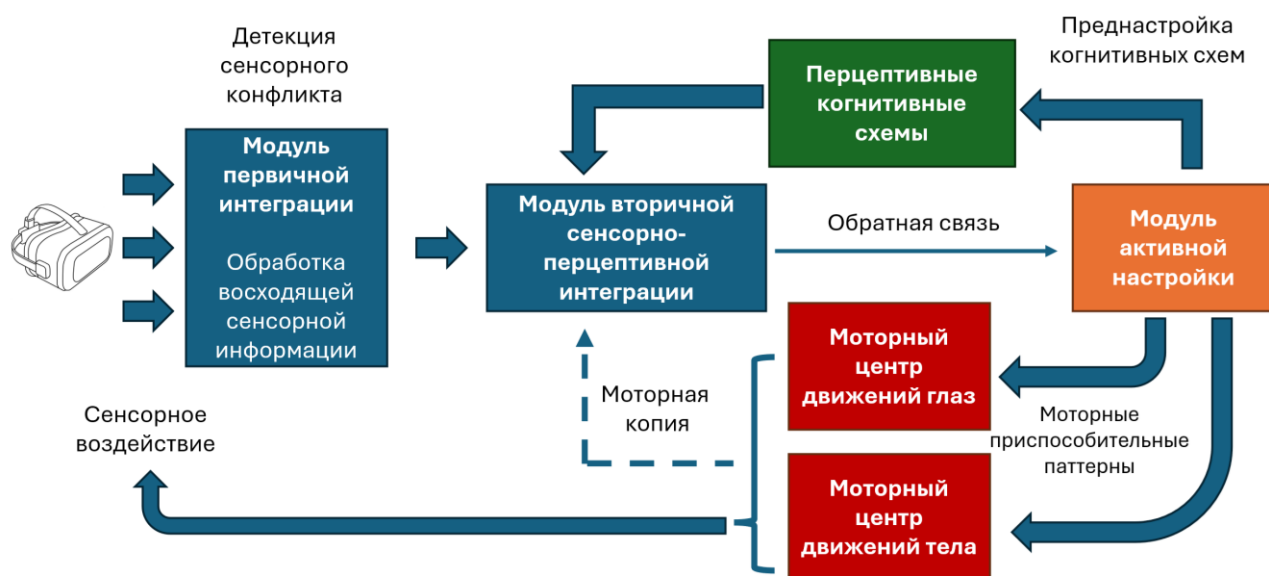


Рисунок 8 - Концептуальная схема нейрокогнитивных механизмов взаимодействия человека с виртуальной средой

В состав входит модуль первичной сенсорно-перцептивной интеграции, представляющий собой описанный ранее функциональный блок интеграции информации (на рис.3). Основная задача данного модуля заключается в определении порогов наступления сенсорного конфликта с целью принятия решения о необходимости дальнейшей обработки информации. Работа остальных функциональных блоков модулируется со стороны блока активной настройки, который задаёт параметры активной организации деятельности в сложившихся условиях нахождения человека. Модуль вторичной сенсорно-перцептивной интеграции осуществляет учёт направленных модулем активной настройки изменений двигательной активности и способов высокоуровневой обработки поступающей информации, осуществляя тем самым управление конечным состоянием воспринимающей системы в целом. Такое обобщение стало возможным благодаря рассмотрению формирования специфических нейрокогнитивных механизмов с позиций системного взаимодействия человека и ВС<sup>108</sup>.

<sup>107</sup> Леонтьев А.Н. О путях исследования восприятия. Восприятие и деятельность. 1976. С. 3-28.

<sup>108</sup> Kovalev A.I. Postnonclassical methodology and application of virtual reality technologies in social research / Y.P. Zinchenko, A.I. Kovalev, G.Y. Menshikova, L.A. Shaigerova // Psychology in Russia: State of the Art. 2015. Vol. 8. No.4. P. 60–71. 0,7 п.л. / 0,2 п.л.

## Заключение

Проведенная в рамках исследования работа позволяет сделать заключение о том, что достигнута цель исследования, реализованы все поставленные задачи.

Показано, что среда виртуальной реальности представляет собой не просто технический интерфейс, а особую форму условий для реализации деятельности субъекта, заданную совокупностью сенсорных воздействий. Это требует от человека адаптационного приспособления существующих и формирования новых специфических нейрокогнитивных механизмов.

Взаимодействие человека с ВР является динамическим системным процессом. Оно обеспечивается не изолированными реакциями, а комплексом взаимосвязанных механизмов, имеющих единую цель – адаптацию субъекта к деятельности в цифровой среде. Эти механизмы проявляются на трех взаимосвязанных уровнях: нейрофизиологическом, поведенческом и психологическом.

На нейрофизиологическом уровне центральную роль играет механизм сенсорно-перцептивной интеграции, направленный на разрешение зрительно-вестибулярного конфликта. Это подтверждается специфическими изменениями в мозговой активности (модуляция альфа- и бета-ритмов в затылочных и теменных областях, изменения гемодинамики в теменной коре), которые отражают процессы торможения и активации зон, ответственных за обработку мультисенсорной информации.

На поведенческом уровне в части глазодвигательной активности адаптация проявляется в изменении динамики оптокинетического нистагма. Снижение коэффициента усиления глазодвигательной системы при высоких скоростях движения среды служит надежным индикатором интенсивного сенсорного конфликта и работы компенсаторных механизмов.

В части двигательной активности обнаружены специфичные движения тела, направленные на поддержание постуральной устойчивости.

На психологическом уровне выделена трансформация пространственного мышления, что проявляется в изменении темпоральных характеристик выполнения заданий на пространственные способности. Успешность взаимодействия с ВР коррелирует со скоростью и эффективностью обработки пространственной информации.

В результате разработана концептуальная схема взаимодействия, основанная на идеях о функциональной воспринимающей системе, которая описывает процесс функционирования совокупности нейрокогнитивных механизмов как работу многокомпонентного комплекса.

Полученные результаты позволяют формировать новые подходы к оценке эффективности взаимодействия субъекта с ВС с учётом работы специфических нейрокогнитивных механизмов, обеспечивающих такое взаимодействие. Что, в свою очередь, имеет значительные перспективы для разработки объективных критериев результативности сред ВР для задач нейрореабилитации и психотерапии.

Также появляется возможность проектирования современных адаптивных виртуальных сред, которые в режиме реального времени (на основе регистрации биоэлектрической активности головного мозга, данных о движениях глаз, показателях поструральной устойчивости) способны подстраивать параметры предъявления стимуляции для минимизации выраженности сенсорного конфликта, симуляторного расстройства и формируемого пользовательского опыта.

Тем самым, в результате выявления специфических нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта с ВС появляется возможность совершить методологический переход к решению задач активного управления функционированием таких механизмов, что открывает дополнительные перспективы для эффективного применения ВР в различных сферах жизнедеятельности человека.



**Выводы:**

1. Результаты исследования истории развития технологий VR позволяют рассматривать VR-устройство с методологической точки зрения одновременно как эффективное средство организации исследования в области изучения когнитивных процессов и как компонент взаимодействия системы «человек-цифровая среда», обладающий возможностью формирования специфических феноменов психической деятельности человека.
2. Существующие феномены погружения в среду VR, такие как эффект присутствия и иллюзия движения собственного тела, представляют собой системный результат взаимодействия активно действующего субъекта со средой VR, которые обеспечиваются специфическими нейрокогнитивными механизмами.
3. В качестве поведенческих проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой VR определены особенности движений глаз, а именно изменение динамики нистагменной активности в зависимости от успешности процесса сенсорно-перцептивной интеграции.
4. В качестве поведенческих проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой VR определены направленные изменения двигательной активности, способствующие поддержанию постуральной устойчивости.
5. Сохранение постуральной устойчивости человека в VR в условиях повышенной когнитивной нагрузки обеспечивается реализацией целенаправленных двигательных актов, компенсирующих увеличение веса высокоуровневых влияний в процессе сенсорно-перцептивной интеграции, что является отражением поведенческих проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой VR.
6. В качестве нейрофизиологических проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой VR выявлены и экспериментально изучены специфичные изменения, связанные с процессами торможения и активации зон головного мозга, отвечающих за обработку зрительной информации и интеграцию поступающих сенсорных сигналов, направленные на стабилизацию пространственного восприятия.

7. В качестве психологических проявлений нейрокогнитивных механизмов взаимодействия субъекта со средой ВР определены темпоральные изменения в выполнении заданий на оценку пространственных способностей человека при погружении в виртуальную среду, свидетельствующие о трансформации процессов пространственного мышления воспринимающего субъекта.
8. Специфические нейрокогнитивные механизмы взаимодействия субъекта со средой виртуальной реальности формируются как адаптационная активная настройка воспринимающей функциональной системы в ответ на необходимость организации деятельности в условиях виртуальной реальности.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Публикации в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index», а также в изданиях из перечня рекомендованных Минобрнауки России, утверждённых Учёным советом МГУ для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов (психологические науки) (общий объем – 16,1 п.л.; авторский вклад – 6,2 п.л.)**

- 1. Ковалёв А.И.** Технологии виртуальной реальности в моделировании и управлении стрессовой реакцией человека / А.И. Ковалёв, Е.Е. Нефельд // Сибирский психологический журнал. – 2024. – № 92. – С. 165–180. – 1,2 п.л. / 0,6 п.л. (EDN: CWKCY5). Импакт-фактор 0,147 (SJR).
- 2. Ковалёв, А.И.** Подходы к изучению когнитивных карт пространства / Д.А. Захарова, Г.Я. Меньшикова, А.И. Ковалёв // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Познание». – 2024. - №3. – С.27-33. – 1,3 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: AROCZF) Импакт-фактор 0,111 (РИНЦ).
- 3. Ковалёв, А.И.** Особенности проявлений высших психических функций у актёров в виртуальной реальности / В.Л. Машков, Е.Е. Нефельд, А.И. Ковалёв, А.Г. Долгих, Е.А. Смирнова, М.В. Самусева, С.В. Стрельников, Д.А. Рогачева, О.В. Ваханцева // Национальный психологический журнал. – 2023. – Т. 18. – № 4. – С. 38 – 52. 1,2 п.л./ 0,6 п.л. (EDN: ANUDC). Импакт-фактор 0,186 (SJR).
- 4. Ковалёв, А.И.** Эмоциональный интеллект и пространственные способности как предикторы успешности взаимодействия с цифровыми аватарами в среде виртуальной реальности / А.Ф. Гасимов, К.Е. Маслова, А.И. Ковалёв // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2022. – Т. 15. – № 2. – С. 136–147. – 1,0 п.л. / 0,3 п.л. (EDN: ZHERHN). Импакт-фактор 1,287 (РИНЦ).
- 5. Ковалёв, А.И.** Электрофизиологические показатели восприятия иллюзии движения собственного тела в условиях виртуальной реальности / А.И. Ковалёв, А.О. Рогачев, О.А. Климова, А.Ф. Гасимов // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 26–44. – 1,1 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: IZRXXV). Импакт-фактор 1,719 (РИНЦ).
- 6. Ковалев, А.И.** Технологии виртуальной реальности как средство развития современного ребенка / А.И. Ковалев, Ю.А. Старостина // Национальный психологический журнал. – 2020. – Т. 38. – № 2. – С. 21–30. – 1,2 п.л. / 0,6 п.л. (EDN: RTDZDH). Импакт-фактор 0,186 (SJR).
- 7. Ковалев, А.И.** Сравнение эффективности применения технологий виртуальной реальности с традиционными образовательными средствами / А.И. Ковалев, Ю.А. Роголева, С.Ю. Егоров // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2019. – № 4. – С. 44–58. – 1,1 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: TXQCUC). Импакт-фактор 1,719 (РИНЦ).

8. **Ковалев, А.И.** Роль нистагменных движений глаз в формировании иллюзии движения собственного тела / А.И. Ковалев, Г.Я. Меньшикова // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2018. – № 4. – С. 135–148. – 1,1 п.л. / 0,7 п.л. (EDN: ORTJWW). Импакт-фактор 1,719 (РИНЦ).
9. **Ковалёв, А.И.** Новые информационные технологии в социальных исследованиях: постнеклассическая парадигма / Г.Я. Меньшикова, Ю.П. Зинченко, А.И. Ковалёв, Л.А. Шайгерова // Национальный психологический журнал. – 2015. – № 3(19). – С. 25–34. – 1,2 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: XABVMR) Импакт-фактор 0,186 (SJR).
10. **Kovalev, A.** Eye movements reflect stress in virtual reality: post-analysis / Y. Rogoleva, S. Strelnikov, A. Kovalev // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 246. – P. 3437–3446. – 0,9 п.л. / 0,3 п.л. (EDN: TKZUTF). Импакт-фактор 0,471 (SJR).
11. **Kovalev, A.** Hemodynamic response to modulated stress conditions via postural instability in virtual reality: Fnirs study / A. Kovalev, E. Nefeld, K. Ryseva // Cuadernos de Neuropsicologia – Panamerican Journal of Neuropsychology. – 2024. – Vol. 18. – No. 2. – P. 101–111. – 0,9 п.л. / 0,3 п.л. DOI: 10.7714/CNPS/18.2.208. Импакт-фактор 0,02 (JCI).
12. **Kovalev, A.I.** Quantitative analysis of temporal characteristics of opto-kinetic nystagmus for vection detection / P.A. Manukyan, A.I. Drozhdev, M.A. Klimova, A.I. Kovalev // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 192. – P. 2836–2843. – 0,9 п.л. / 0,3 п.л. (EDN: НТНХNQ), Импакт-фактор 0,471 (SJR)
13. **Kovalev, A.** The effects of optokinetic nystagmus on vection and simulator sickness / A. Kovalev, O. Klimova, M. Klimova, A. Drozhdev // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 176. – P. 2832–2839. – 0,9 п.л. / 0,3 п.л. (EDN: MNCMTL). Импакт фактор 0,471 (SJR).
14. **Kovalev, A.I.** Virtual reality is more efficient in learning human heart anatomy especially for subjects with low baseline knowledge / Y.P. Zinchenko, P.P. Khoroshikh, A.A. Sergievich, A.I. Kovalev // New Ideas in Psychology. — 2020. – Vol. 59. – P. 100786–100793. – 0,9 п.л. / 0,2 п.л. (EDN: FARRMW). Импакт-фактор 0,90 (JCI).
15. **Kovalev, A.I.** Postnonclassical methodology and application of virtual reality technologies in social research / Y.P. Zinchenko, A.I. Kovalev, G.Y. Menshikova, L.A. Shaigerova // Psychology in Russia: State of the Art. – 2015. – Vol. 8. – No. 4. – P. 60–71. – 1,2 п.л. / 0,4 п.л. DOI: 10.11621/PIR.2015.0405. Импакт-фактор 0,471 (SJR).
16. **Ковалёв А. И.** Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025665665. Roomrotation / А.И Ковалёв, Е.Е. Тургенева, Н.И. Булаева, Д.И. Адян. Номер заявки 2025664636; зарегистрировано 03.06.2025; опубликовано 18.06.2025. (авторский вклад 30%).
17. **Ковалёв А. И.** Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024681472. Traces memory eyes / А.И. Ковалёв, И.А. Крутских, В.Н. Стойка. Номер заявки 2024668770; зарегистрировано 12.08.2024; опубликовано 10.09.2024 (авторский вклад 30%).

### Другие публикации по теме диссертации:

18. **Ковалев, А.И.** Научные основы комплексной психологической реабилитации, абилитации, ресоциализации и реадаптации ветеранов боевых действий и членов их семей : монография. Ч. 1 / М.В. Алексеева, О.В. Алмазова, Т.Т. Батышева, А.М. Букинич, М.Е. Бушманова, Н.А. Варако, С.А. Васильева, Е.В. Васюра, О.В. Ваханцева, А.Н. Веракса, М.Н. Гаврилова, А.А. Гасанов, М.А. Демина, А.Г. Долгих, А.Ю. Евдокимов, Ю.П. Зинченко, А.И. Ковалев, М.С. Ковязина, Д.С. Корниенко, А.С. Крускоп, С.В. Леонов., Е.Г. Максименко, А.А. Матерухина, С.В. Молчанов, М.А. Одинцов, А.К. Пашенко, В.А. Плотникова, И.С. Поликанова, В.А. Пропустина, Ю.А. Роголева, Н.А. Руднова, К.М. Рысева, М.М. Рысева, Т.Э. Сизикова, А.А. Скворцов, Ю.В. Соловьева, Г.К. Степанов, С.В. Стрельников, И.В. Султанова, М.Д. Теплинская, Д.Д. Терентий, С.В. Тихонов, М.И. Тычинина, Л.А. Шайгерова, А.А. Якушина / Под общ. ред. акад. РАО, д-ра псих. наук Ю.П. Зинченко. – Москва: Издательство Московского университета, 2025. – 491 с. –1,2 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: VYIYBA).
19. **Ковалёв, А.И.** Биомехатроника – космические исследования / В.В. Александров, С.С. Лемак, К.В. Тихонова, А.И. Ковалёв // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – Т. 4. – № 49. – С. 77–94. – 1,1 п.л. / 0,3 п.л. (EDN: MOENWP). Импакт-фактор 0,586 (РИНЦ).
20. **Ковалёв, А.И.** Инновационные инструментальные технологии в системе клинико-психологической диагностики и реабилитации / М.С. Ковязина, Е.И. Рассказова, Г.Я. Меньшикова, А.И. Ковалёв // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2019. – № 4 (104). – С. 23–30. – 0,7 п.л. / 0,2 п.л. (EDN: NBMZAB). Импакт-фактор 0,232 (РИНЦ).
21. **Ковалёв, А.И.** Микроструктурный анализ движений глаз как метод изучения динамики протекания иллюзии движения собственного тела / А.И. Ковалёв // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития / Отв. ред. А.Л. Журавлёв, В.А. Кольцова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017. – С. 1566–1575. ISBN 978-5-9270-0362-4, 0,7 п.л.
22. **Ковалев, А.И.** Диагностика устойчивости вестибулярной функции спортсменов с применением технологии виртуальной реальности / А.И. Ковалев, Климова О.А. // Спортивный психолог. – 2017 – Т. 46. – № 3. – С. 4–8. 0,5 п.л. / 0,2 п.л. (EDN: ZWKKZR).
23. **Ковалёв, А.И.** Технология виртуальной и дополненной реальности в исследовании феномена этнокультурной идентичности, межэтнического и межкультурного взаимодействия / Г.Я. Меньшикова, Ю.П. Зинченко, А.М. Черноризов, О.А. Тихомандрицкая, Л.А. Шайгерова, С.А. Исайчев, А.И. Ковалёв, О.А. Савельева, Н.О. Красильщикова, Т.В. Попова. Российская идентичность. Психологическое благополучие. Социальная стабильность: Научная монография. – М.: Издательство Московского университета, 2017. – С. 260–303. ISBN: 978-5-19-011246-7. 2,4 п.л. / 0,4 п.л.

24. **Ковалев, А.И.** Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования / А.И. Ковалев, Г.Я. Меньшикова // Национальный психологический журнал. – 2015. – Т. 20 – № 4. – С. 91–104. – 1,2 п.л. / 0,6 п.л. (EDN: USGWEH). Импакт-фактор 0,186 (SJR).
25. **Ковалев, А.И.** Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности / А.И. Ковалев, Г.Я. Меньшикова, О.А. Климова, В.В. Барабанщикова // Экспериментальная психология. – 2015. – № 2. – С. 45–59. – 1,4 п.л. / 0,4 п.л. (EDN: UIFRBN). Импакт-фактор 0,215 (SJR).
26. **Ковалёв, А.И.** Разработка методики оценки успешности выполнения двигательных и когнитивных задач в условиях нарушенной вестибулярной функции с применением технологии виртуальной реальности / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова. Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. – С. 740–744. ISBN 978-5-9270-0248-1. 0,2 п.л. / 0,1 п.л.
27. **Kovalev, A.** The Optokinetic Nystagmus Indicates Functional State Changes: VR Study / A. Kovalev, E. Nefeld, A. Gasimov // IEEE Xplore 2024 Sixth International Conference Neurotechnologies and Neurointerfaces (CNN). – 2024. – P. 87-89 DOI: 10.1109/CNN63506.2024.10705838. 0,4 п.л. / 0,2 п.л.
28. **Kovalev, A.** The Identification of Stress Reactions using Analysis of Oculomotor Activity / A. Kovalev, Y. Rogoleva // IEEE Xplore 2024 Sixth International Conference Neurotechnologies and Neurointerfaces (CNN). – 2024. – P.167-170. DOI: 10.1109/CNN63506.2024.10705868. 0,4 п.л. / 0,2 п.л.
29. **Kovalev, A.** The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, V. Barabanshchikova // Psychology in Russia: State of the Art. – 2017. – Vol. 10. – No. 3. – P. 151–164. – 0,8 п.л. / 0,2 п.л. Импакт-фактор 0,471 (SJR).
30. **Kovalev, A.** Eye movements as indicators of vestibular dysfunction / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, A. Chernorizov // Perception. – 2015. – Vol. 44. – No. 8-9. – P. 1103–1110. – 0,5 п.л. / 0,2 п.л. (EDN: VAJLNF). Импакт-фактор 1,49 (JCI).
31. **Kovalev, A.** Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique / G. Menshikova, A. Kovalev, O. Klimova, A. Chernorizov // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 146. – P. 252–258. DOI:10.1016/j.sbspro.2014.08.123. – 0,6 п.л. / 0,2 п.л.