# КЛИНИЧЕСКАЯ ПСИХИАТРИЯ

УДК 004.946:615.849.19:616-003.98:616.89-008.441:159.9:612.821

Для цитирования: Созонов А.С., Митряйкин Н.С., Рощина О.В., Галкин С.А., Иванова С.А., Бохан Н.А. Динамика психофизиологического профиля комбатантов в процессе комплексной реабилитации с применением технологии виртуальной реальности. 2026. № 3 (132). С. 14-24. https://doi.org/10.26617/1810-3111-2026-3(132)-14-24

## Динамика психофизиологического профиля комбатантов в процессе комплексной реабилитации с применением технологии виртуальной реальности

**Созонов А.С.[1, 2], Митряйкин Н.С.[1, 2], Рощина О.В.[1], Галкин С.А.[1], Иванова С.А.[1, 2], Бохан Н.А.[1, 2, 3]**

[1] *НИИ психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук*
*Россия, 634014, Томск, ул. Алеутская, 4*

[2] *ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России*
*Россия, 634050, Томск, Московский тракт, 2*

[3] *Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИ ТГУ)*
*Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 36*

**РЕЗЮМЕ**

**Актуальность**. Участие в боевых действиях является мощным психотравмирующим фактором, приводящим в результате экстремальной ситуации боевых действий к развитию посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), нарушений адаптации и вегетативному дисбалансу. Поиск оптимальных реабилитационных технологий и разработка программ психокоррекционной поддержки комбатантов остается актуальной задачей. **Цель**. Изучить влияние релаксационных сценариев в виртуальной реальности на показатели вегетативной нервной системы у комбатантов с реакциями на тяжелый стресс, нарушениями адаптации и органическими расстройствами на фоне стандартной психофармакотерапии. **Материал и методы**. В исследовании приняли участие ветераны боевых действий (n=21) и здоровые добровольцы мужского пола (n=24). На программно-аппаратном комплексе «БОСЛАБ» регистрировали параметры ЭКГ, кожно-гальванической реакции (КГР), температуры и фотоплетизмограммы (ФПГ) до и после каждого из 5 сеансов релаксационной терапии продолжительностью 15 минут с использованием VR-программ Kayak VR: Mirage, D.I.V.E. deSight. Все пациенты получали стандартную психофармакотерапию в течение 4 недель. **Результаты**. По завершении курса релаксационных тренингов 76% военнослужащих отметили значимое субъективное снижение уровня стресса по шкале ШОВТС (p=0,002) с улучшением физиологических и вегетативных показателей (частота сердечных сокращений, артериальное давление, минутный объем крови). По данным ANOVA выявлен выраженный накопительный тренировочный эффект: к 5-му сеансу значимо увеличился вегетативный отклик по показателям ЧСС (p=0,020) и адекватности процессов регуляции (ПАПР) (p=0,006). Также зафиксирован рост амплитуды фотоплетизмограммы (ФПГ) (p=0,008), указывающий на нормализацию микроциркуляторных процессов. Обнаруженная инверсия реакции индекса напряжения (p=0,017) подтверждает повышение адаптационных возможностей организма пациентов на физиологическом уровне. В контрольной группе здоровых лиц статистически значимых изменений параметров ВНС не наблюдалось, что свидетельствует о терапевтической селективности метода. **Заключение**. Комбинированная терапия с использованием технологии виртуальной реальности и биологической обратной связи в сочетании со стандартной психофармакотерапией эффективно корректирует вегетативные нарушения у ветеранов боевых действий. Метод способствует нормализации вегетативного баланса, улучшению периферического кровотока и активации адаптационных механизмов, что создает основу для реабилитации комбатантов с посттравматическим стрессовым расстройством.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, релаксационная терапия, адаптация, посттравматическое стрессовое расстройство, боевой стресс, биологическая обратная связь.

**ВВЕДЕНИЕ**

Формирование и укрепление стрессоустойчивости, улучшение качества, увеличение продолжительности жизни, профилактика и управление факторами риска является важнейшим запросом современного общества. Вследствие воздействия факторов боевой обстановки ранее нами на выборке комбатантов обнаружены ПТСР – 45%, расстройство приспособительных реакций – 25%, церебрально-органическая патология – 15%. Большинство из них предъявляли жалобы на нарушения сна (95%) с кошмарными сновидениями (60%), внутреннее напряжение и сниженный фон настроения (85%), раздражительность (80%), снижение социальной адаптации (40%) [1]. Как показано в другой нашей работе, в структуре коморбидных с ПТСР психических расстройств выявлено преобладание других тревожных расстройств, расстройств адаптации (46,2%) и органических психических расстройств (23,1%) [2]. Комплексное воздействие неблагоприятных факторов, связанных с участием в вооруженных конфликтах, оказывает негативное влияние на психоэмоциональное состояние военнослужащих. Проблемы психического здоровья комбатантов традиционно ассоциируются с реакциями на тяжелый стресс и нарушениями адаптации (F43 по МКБ-10), в частности с ПТСР, характеризующимся повторным переживанием травмирующих событий в виде тревожных воспоминаний, снов, флешбэков, психологического и физического дискомфорта, избеганием стимулов, связанных с травмой, повышенной настороженностью [2, 3]. Широко распространены расстройства адаптации, возникающие в ответ на психотравмирующие ситуации и проявляющиеся депрессивными или тревожными симптомами. В клинических рекомендациях по ПТСР обсуждаются классификация, клиническая картина, диагностика, лечение, медицинская реабилитация и профилактика заболевания [3].

Установлена обратная корреляционная связь проявлений парциального ПТСР у здоровых военнослужащих с величиной амплитуды систолической волны по пальцевой фотоплетизмограмме при проведении стресс-тестирования на психофизиологическом комплексе Реакор. Показана эффективность применения БОС-тренингов в течение 8–10 дней по амплитуде систолической волны в комплексной терапии ПТСР у комбатантов [4]. Технологии виртуальной реальности (VR) благодаря реорганизации коры головного мозга и активации нейронных связей способствуют восстановлению ходьбы, улучшению баланса, координации и объёма движений в конечностях, снижению восприятия боли и тревожности и вполне релевантны для группы комбатантов [5]. Результаты, полученные в группе молодых людей, показали, что прогулка по виртуальному лесу снижала уровень негативных эмоций (единение с окружающим миром и природой), уменьшала стресс, оцениваемый по частоте сердечных сокращений, улучшала эмоциональное состояние [6]. Использование метода биологической обратной связи (БОС) с применением VR – инновационный подход к немедикаментозному лечению депрессивных и тревожных симптомов, в том числе при субпороговых проявлениях депрессии и тревоги [7]. После погружения в мультисенсорную VR с естественными звуками и запахами природы в течение 12 сессий отмечалось снижение тяжести симптомов ПТСР, эффект сохранялся 3 месяца после окончания вмешательства. Участники в целом оценили погружение как высокоиммерсивное, а симптомы киберболезни были выражены слабо или отсутствовали [8]. Интеграция VR и интерфейсов «мозг-компьютер» (BCI) открывает доступ к пониманию механизмов нейропластичности и для разработки эффективных терапевтических и когнитивных вмешательств (восстановление после травм, лечение фобий и тревожных расстройств [9]. Стимуляция блуждающего нерва (VNS) – перспективный метод модуляции активности ВНС. В течение 3 дней участники с опытом психологической травмы путем применения носимых датчиков подвергались воздействию острых стрессоров (прослушивание сценариев с описанием травмирующих событий). Установлено увеличение временного интервала в работе сердца на 4,2 мс, снижение периферической симпатической активности и частоты дыхания на 9% [10]. Применялась VR-модель природной среды с целью сравнения воздействия звуков воды низкой/высокой интенсивности на эмоциональное восприятие пространства, снижение ситуативной тревожности, регуляцию сердечного ритма. Звуки природных водоемов помогают справиться с тревожностью и способствуют здоровому функционированию ВНС [11]. В городах и мегаполисах, где доступ к природным зонам может быть ограничен из-за застройки и урбанизации, VR позволяет доставить успокаивающую среду непосредственно к человеку (с инвалидностью, слабостью, болями, нарушениями сна, напряженным графиком работы). Пациенты/клиенты VR-терапии фиксируют не только субъективные отчёты (снижение напряженности, тревоги на фоне стресса), но и объективные показатели: уменьшение ЧСС, вариабельности сердечного ритма, уровня кортизола в слюне [12].

Главной предпосылкой развития стресс-ассоциированных расстройств является сочетание экзогенных стрессоров (от экстремальных травматических событий до значительных жизненных изменений) и внутренних факторов – нейробиологических и психологических. К биологическим механизмам относятся дисфункция гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, приводящая к повреждению гиппокампа, изменения в миндалине, префронтальной и поясной коре, обуслов-

ливающие дисрегуляцию аффективных стимулов. ГАМК-ергическая нейропередача оказывает тормозное воздействие на миндалевидное тело, предотвращая возникновение неадекватных эмоциональных и поведенческих реакций. Стресс может приводить к сокращению сети ГАМК-ергических интернейронов и развитию нейропсихологических заболеваний [13].

В исследовании с участием хорватских ветеранов боевых действий с ПТСР и здоровых ветеранов изучались психофизиологические показатели в состоянии покоя и реакция на стартовый стимул. У пациентов с ПТСР базовая частота ЧСС была выше, а дыхательная синусовая аритмия ниже, чем в контроле, а также имелись проблемы с адаптацией к стартовому стимулу [14].

VR-тренинг способствовал укреплению рабочей памяти. Происходящие изменения в когнитивных тестах коррелировали с нейровизуализационными маркерами (изменениями в функциональной связности сетей, включающих лобные и височные доли). Тренировка в VR может оказывать не только поведенческий эффект (улучшение памяти), но и воздействовать на нейробиологические механизмы, в частности на нейропластичность, расширяя адаптационные возможности мозга и психологическое состояние у ветеранов боевых действий [15].

Для объективной оценки эффективности VR для релаксации и снятия напряжения до и после сеанса измерялась ЧСС. По результатам полуструктурированного интервью в ходе анализа были выделены четыре основные темы: «Я чувствовал расслабление и спокойствие», «Это экономит время и просто в использовании», «Это перенесло меня в альтернативную локацию», «Это оказалось не таким, как я ожидал». Иммерсивная VR способна снижать психологический дискомфорт и эмоциональное напряжение и воспринимается как полезный и эффективный с точки зрения затрат времени метод борьбы со стрессом [16].

Выделены биомаркеры, которые потенциально можно использовать для диагностики хронического стресса: гормоны и компоненты нейроэндокринной системы, медиаторы симпатической нервной системы, нейротрофические факторы, метаболические показатели, показатели иммунной системы и воспаления. Биомаркеры не только помогают диагностировать хронический стресс, но и имеют прогностическую ценность: по их уровню можно оценивать риск развития стресс-ассоциированных заболеваний [17]. Воспалительная дисрегуляция, нарушения в работе нервной системы и когнитивные сбои функционируют мультипликативно и совместно усиливают симптоматику ПТСР. При ПТСР нарушаются ключевые цепи страха: гиперактивность миндалевидного тела в сочетании со сниженным контролем со стороны префронтальной коры. Авторы предлагают модель, согласно которой воспалительная дисрегуляция и когнитивная дисфункция – это не отдельные явления, а взаимосвязанные механизмы, совместно способствующие развитию, прогрессированию и сохранению симптомов ПТСР [18]. Анализ 18 работ (848 взрослых амбулаторных пациентов с тревогой, ПТСР, депрессией, биполярным расстройством) показал, что применение виртуальной природной среды (леса, острова, горы, озёра, водопады, пляжи) купирует предъявляемые пациентами симптомы. Авторы видят в этом подходе потенциал как в низкоинтенсивном вмешательстве [19]. Перспективным и доступным для удаленного применения методом представляется релаксация с помощью VR). Показатели использования VR и 100-процентная заполняемость опросников свидетельствуют о возможности применения VR-релаксации и дистанционного сбора данных. Участники воспринимали VR как технику релаксации и инструмент восстановления, однако со временем интерес к нему снижался, а технические неполадки негативно влияли на пользовательский опыт. Для молодежи более привлекательным может быть менее строгий, нерегламентированный график использования VR, хотя приверженность методу может зависеть и от технических аспектов [20].

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Изучить влияние релаксационных сценариев в виртуальной реальности на показатели вегетативной нервной системы у комбатантов с реакциями на тяжелый стресс, нарушениями адаптации и органическими расстройствами на фоне стандартной психофармакотерапии.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследование включены участники боевых действий (n=21), проходившие лечение в клинике НИИ психического здоровья Томского НИМЦ. Средний возраст пациентов составил 37 [28; 41] лет. Длительность нахождения в зоне боевых действий – 6,5 [5; 12] месяца, давность возвращения – 5 [2; 13] месяцев. Помимо того, в исследовательскую выборку были набраны 24 здоровых добровольца мужского пола, средний возраст – 24 [22; 25] года. В нозологической структуре ведущих психических расстройств ПТСР (F43.1 по МКБ-10) составило 100%, сочетанные органические, включая симптоматические, психические расстройства (F0 по МКБ-10) – 31,43%.

Критерии включения: участие в боевых действиях; клинические проявления ПТСР (F43.1); коморбидные психические расстройства следующих диагностических рубрик МКБ-10: F0 (F06.6, F06.7, F07.0), F1x.2, F3, F4 (F40, F41, F42, F43.2, F44, F45), F6 (F60, F61); возраст от 18 до 60 лет.

Критерии исключения: психические расстройства следующих рубрик МКБ-10: F0 (F00–F03, F04, F05, F06.0–F06.5, F06.8, F06.9), F2; возраст менее 18 или старше 60 лет; отказ пациента от участия на любом этапе исследования; эпилепсия; острые или хронические декомпенсированные

соматические заболевания, требующие интенсивного терапевтического вмешательства.

Для оценки наличия, степени выраженности и симптоматической структуры ПТСР использовалась 22-пунктовая Шкала оценки влияния травматического события (ШОВТС) (Тарабрина Н.В., 2009) – надежный и валидный инструмент субъективной оценки выраженности ПТСР.

Для объективной оценки эффективности релаксации проводили измерение функционального состояния вегетативной нервной системы на программно-аппаратном комплексе «БОС-ЛАБ Профессиональный» (с модулем БИ-012-2 по ТУ 9442-001-23617016-2010, ООО «КОМСИБ», Новосибирск) до и после каждой VR-сессии (всего 10 измерений). Регистрировали следующие параметры: температуру фаланги пальца (F), кожную электропроводимость (мкСм/см²), показатели фотоплетизмограммы (ФПГ): амплитуду (мВ), время распространения пульсовой волны (мс), индекс отражения (%), индекс жесткости (м/с), показатели вариабельности сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индекс напряженности регуляторных систем (стресс-индекс), индекс вегетативного равновесия, показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), отношение мощностей низкочастотной и высокочастотной составляющих спектра (LF/HF).

Погружение в динамическую виртуальную среду осуществляли с использованием программно-аппаратного комплекса PICO 4 PRO (процессор Snapdragon XR2, Pico OS 5.0 Android, 8/512 ГБ) и приложения Kayak VR: Mirage (разработчик: Better Than Life). Виртуальные среды данного приложения представляют собой графические ландшафты (тропические побережья, каньоны, фьорды и др.) с высоким качеством визуального оформления и возможностью пассивного просмотра, что позволяет использовать его для изучения эффективности релаксации. Визуальная составляющая дополнена звуками природы и спокойной тихой музыкой.

Просмотр 360-градусного панорамного VR-релаксационного видео осуществляли с помощью компьютерной VR-программы D.I.V.E. - deSight (разработчик: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»). Во время просмотра физическое перемещение было ограничено точкой съемки, но испытуемый самостоятельно мог изменять угол обзора с помощью поворотов головы. Релаксационный контент в формате 360° включал панорамные съемки природных пейзажей (морских побережий, горных ландшафтов, озер и рек), дополненные плавными динамическими элементами (движением облаков, воды, растений) и гармоничным аудиосопровождением из природных звуков (шум воды, пение птиц, шелест листвы) и спокойной фоновой музыки.

Выбор релаксационных программ осуществлялся рандомизировано. Тренинги проводили на базе лаборатории нейропсихиатрии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России с частотой 1–2 раза в неделю в одно и то же время. Продолжительность одной VR-сессии составляла 15 минут. После процедур оценивали нежелательные эффекты. Согласно литературным данным, рекомендуемая оптимальная продолжительность тренинга в иммерсивной виртуальной среде составляет 10–15 минут [5]; более длительное пребывание может приводить к утомлению, перенапряжению и развитию симптомов киберукачивания.

Статистическая обработка проведена с использованием языка программирования Python. Нормальность распределения проверяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Использовались следующие статистические критерии: дисперсионный анализ ANOVA, U-критерий Манна–Уитни, тест Уилкоксона. Различия считали достоверными при $p<0,05$. Предобработка данных выполнена в программе Microsoft Excel. Пропущенные значения (<5% в данных) заменяли медианой по столбцу в группе.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Среди военнослужащих, прошедших полный курс VR-тренингов, большинство (n=16, 76%) отметили субъективное снижение уровня выраженности травматического стресса с нормализацией физиологической возбудимости по шкале ШОВТС. Ухудшение показателей наблюдалось у 19% испытуемых (n=4), у одного пациента уровень стресса остался без изменений. По данным ANOVA фактор «тренинг» оказывал статистически значимое влияние на суммарный балл шкалы ШОВТС ($F(1,40)=11,185$; $p=0,002$), а также на её отдельные субшкалы: субшкалу 1 «вторжение» (интрузивная симптоматика: ночные кошмары, навязчивые мысли) ($F(1,40)=10,688$; $p=0,002$), субшкалу 2 «избегание» (физическое и когнитивное избегание воспоминаний) ($F(1,40)=9,164$; $p=0,004$), субшкалу 3 «физиологическое возбуждение» (злость, раздражительность, гипертрофированная реакция испуга) ($F(1,40)=6,887$; $p=0,012$) (табл. 1).

На втором этапе была проведена оценка исходного статуса и динамических психофизиологических изменений вегетативной нервной системы у комбатантов в процессе сеансов релаксационной VR-терапии. Для достижения объективности результатов выполнено сравнительное исследование с группой здоровых добровольцев. На исходном уровне группы были сопоставимы по большинству показателей, за исключением кожной проводимости (КПр, мкСм) и показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР), в отношении которых выявлены статистически значимые различия.

Таблица 1. **Динамика психометрических шкал до и после тренинга у военнослужащих**

| Показатель | До курса тренингов | После курса тренингов | F | p |
|---|---|---|---|---|
| Суммарный балл ШОВТС | 43,76 ±22,26 | 25,00 ±12,86 | 11,185 | 0,002 |
| Субшкала 1 (Вторжение) | 15,19 ±8,77 | 8,14 ±4,54 | 10,688 | 0,002 |
| Субшкала 2 (Избегание) | 15,29 ±7,28 | 9,52 ±4,80 | 9,164 | 0,004 |
| Субшкала 3 (Физиологическое возбуждение) | 13,00 ±7,29 | 7,67 ±5,79 | 6,887 | 0,012 |

Кожная проводимость в контрольной группе здоровых добровольцев составила 11,17 [4,61; 13,44], в группе пациентов – 3,04 [1,68; 3,28]. Согласно литературным данным, кожная проводимость в покое у ветеранов с ПТСР мало отличается от контрольной группы, что может объясняться «привыканием» (адаптацией к экстремальным условиям) комбатантов к состоянию гипервозбуждения, приводящим к стабилизации показателя [14].

Анализ ПАПР выявил выраженную асимметрию между группами: в контрольной группе – 46,46 [34,92; 56,93], у пациентов – 76,21 [51,42; 89,87]. Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), разработанный Р.М. Баевским [22], отражает динамическое взаимодействие между центральными и автономными контурами управления и соответствие уровня функционирования синусового узла степени активности симпатического отдела ВНС. Статистически значимое превышение этого показателя у пациентов ($p<0,05$) указывает на усиление симпатического тонуса и снижение адаптационного потенциала, что типично для стрессовых состояний и хронических заболеваний.

Анализ параметров ВНС у военнослужащих после курса VR-релаксации показал статистически значимое улучшение гемодинамических показателей: увеличение амплитуды систолической волны ФПГ ($p=0,035$) и времени распространения пульсовой волны (ВРПВ, мс) от сердечной генерации до периферического датчика ($p=0,021$). Преобладание парасимпатического тонуса к завершению курса отражало снижение ЧСС ($p=0,046$) и ПАПР ($p=0,038$). По параметрам температуры фаланги пальца, кожной электропроводимости, индекса отражения, индекса жесткости, индекса напряженности регуляторных систем (стресс-индекс), индекса вегетативного равновесия и LF/HF статистически значимых изменений не обнаружено (все значения $p>0,05$). В контрольной группе после курса VR-релаксации значимых изменений параметров ВНС не наблюдалось (рис. 1).

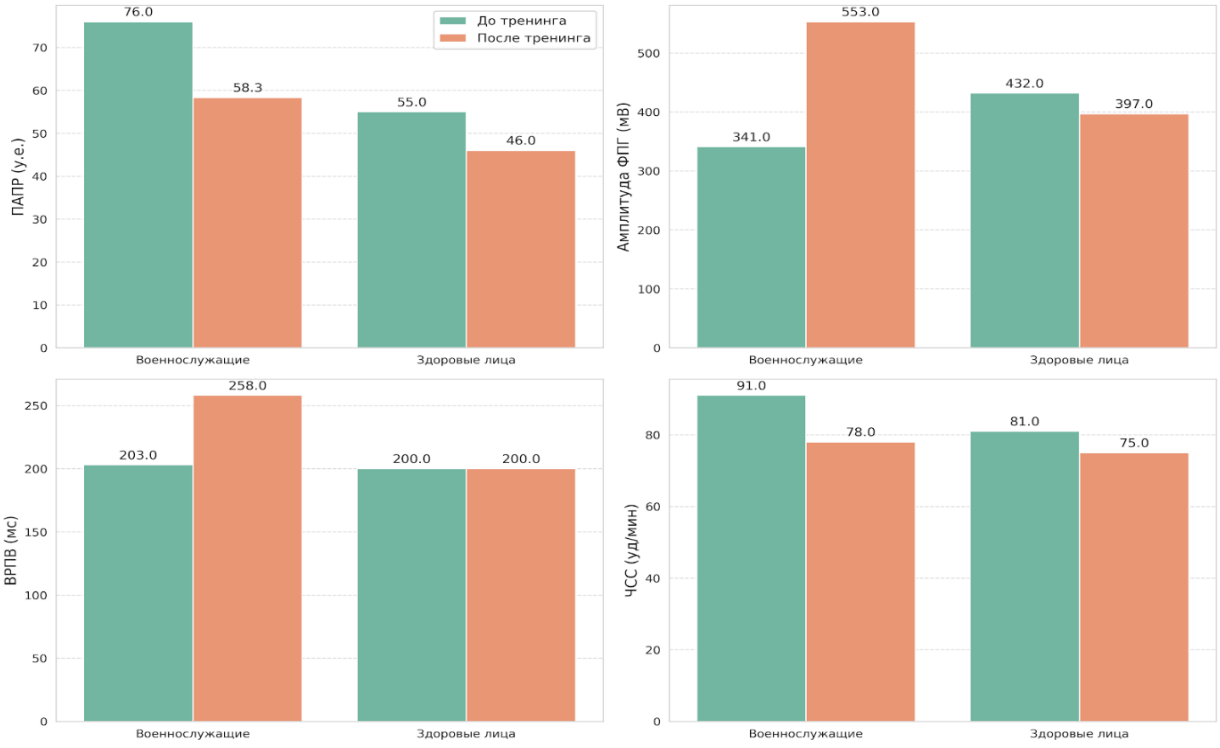
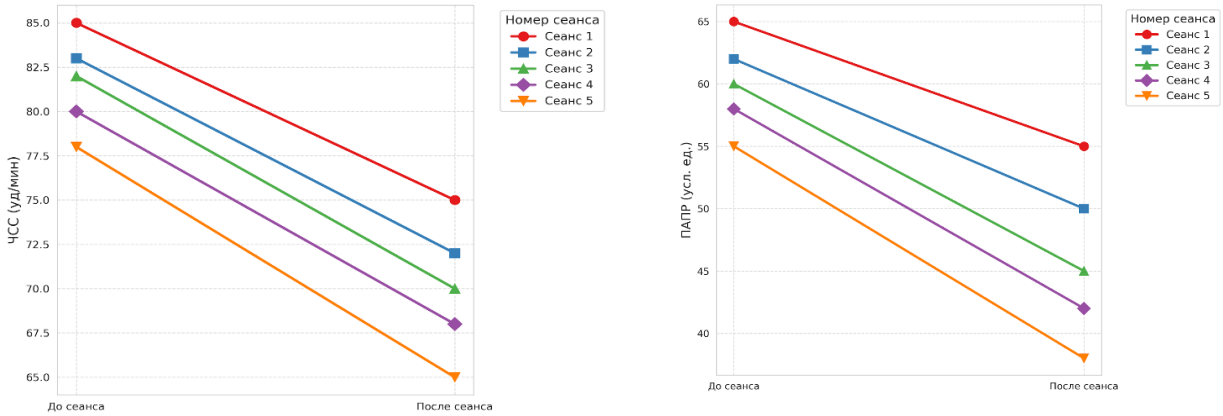


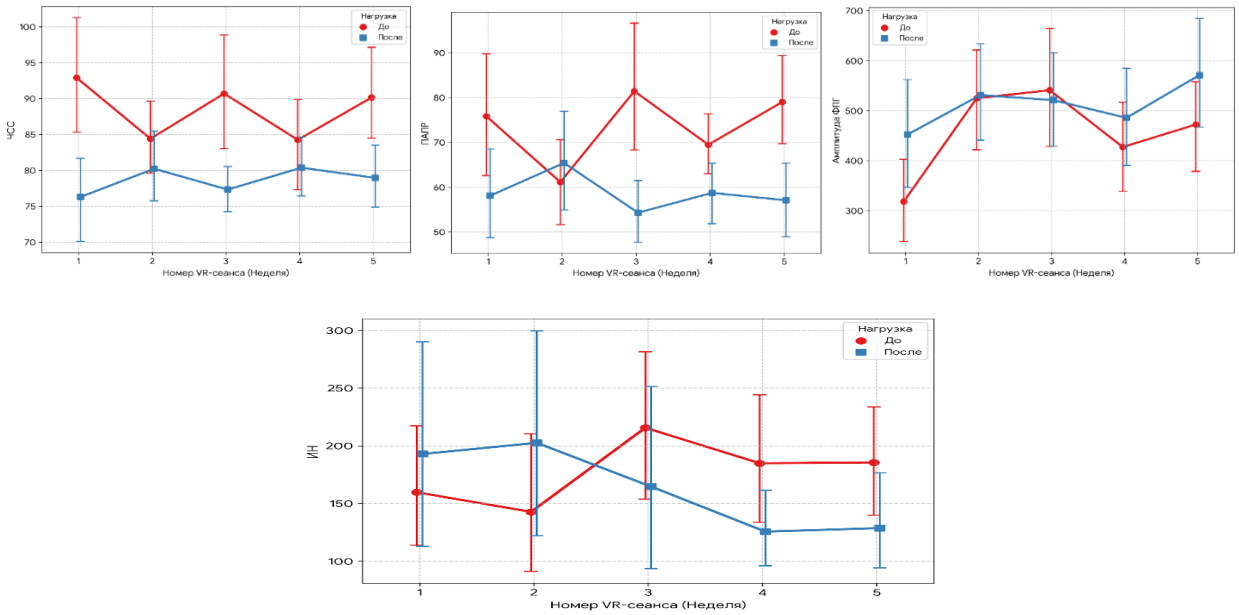

Рисунок 1. **Динамика физиологических показателей до и после прохождения VR-тренинга у военнослужащих и здоровых лиц**

Для детализации динамики параметров ВНС у военнослужащих была построена двухфакторная модель ANOVA: фактор 1 – «сеанс» (порядковый номер VR-сессии), фактор 2 – «нагрузка» (до/после VR-сессии). Непосредственно после VR-сессии наблюдалось статистически значимое снижение ЧСС ($F(1,41)=28,11$; $p<0,001$) и ПАПР ($F(1,41)=23,95$; $p<0,001$), что свидетельствует о резком усилении активности парасимпатического звена и снижении централизации управления ритмом (рис. 2).




Р и с у н о к 2. **Динамика изменений вегетативных показателей до и после VR-сессии у военнослужащих**

Анализ взаимодействия факторов «нагрузка» и «сеанс» подтвердил наличие накопительного тренировочного эффекта для ЧСС ($F(4,164)=2,98$; $p=0,020$) и ПАПР ($F(4,164)=3,71$; $p=0,006$), причем выраженность вегетативного отклика («ножницы» между показателями до и после воздействия) прогрессивно возрастала к 4–5-му сеансам (рис. 3).




Р и с у н о к 3. **Динамика изменений вегетативных показателей у военнослужащих в процессе тренинга**

Для амплитуды ФПГ зафиксирован значимый эффект фактора «сеанс» ($F(4,164)=3,51$; $p=0,008$), свидетельствующий о постепенном росте сосудистой эластичности и формировании базового расслабления в процессе курса. Мгновенная реакция сосудистого тонуса на отдельную сессию (фактор «нагрузка») проявилась лишь на уровне статистической тенденции ($p=0,096$), что указывает на более инертный характер изменений периферического кровотока по сравнению с динамикой сердечного ритма (рис. 3).

Особый интерес представляет динамика индекса напряжения (ИН) Баевского. Несмотря на отсутствие статистически значимого влияния изолированных факторов «сеанс» ($p=0,668$) и «нагрузка» ($p=0,233$), обнаружено статистически значимое взаимодействие рассматриваемых параметров ($F(4,164)=3,08$; $p=0,017$).

Если на 1-м сеансе погружение в VR сопровождалось умеренным повышением ИН, то к 3-му и особенно 5-му сеансу характер реакции сменился на выраженное снижение показателя после процедуры (рис. 3). Подобная инверсия вегетативного отклика служит классическим подтверждением формирования тренировочного эффекта релаксации и повышения адаптационных возможностей организма пациентов. По остальным показателям (температура, КГР, индексы отражения и жесткости, LF/HF) статистически значимых изменений не обнаружено ($p>0,05$).

В результате исследования получены как субъективные, так и объективные данные об эффективности релаксации в виртуальной среде у военнослужащих. После курса VR-релаксации выявлено существенное снижение выраженности посттравматической симптоматики, что согласуется с предыдущими работами о благоприятном влиянии иммерсивных технологий на уровень боевого стресса [6, 13, 17, 20]. Участники отмечали возможность «отвлечься» от стрессогенных воспоминаний во время погружения в VR-среду, что критически важно для коррекции тревожных состояний и соответствует современным представлениям о механизмах релаксации [19]. Отсутствие побочных эффектов киберукачивания (тошнота, головокружение, головная боль, утомление) и высокий уровень вовлеченности подтверждают корректность выбранного хронометража сеансов (15 минут) и контента программ.

Анализ исходных данных подтвердил наличие у комбатантов состояния хронического гипервозбуждения, характерного для ПТСР, что выражалось в специфических паттернах ПАПР. Относительная стабильность КПр в покое может быть следствием адаптации ВНС к постоянному стрессу, приводящей к фиксации показателей на определенном уровне [14]. В процессе релаксационного VR-тренинга отмечены значимые изменения параметров ВНС в краткосрочном и долгосрочном периодах. Кратковременный эффект (непосредственно после погружения) заключался в выраженном снижении ЧСС и ПАПР, что указывает на мгновенную активацию парасимпатического звена и снятие центрального напряжения регуляторных систем и соотносится с данными об использовании БОС-технологий для нормализации вегетативного баланса при стресс-ассоциированных расстройствах. Выявлен также значимый накопительный эффект: с каждым сеансом реакция организма становилась более выраженной, формируя устойчивый паттерн расслабления. Динамика индекса напряжения (ИН) заслуживает особого внимания. Обнаружено значимое взаимодействие факторов времени и нагрузки: начальные этапы погружения в VR сопровождались реакцией на новизну (легкое напряжение), тогда как к финальным сеансам зафиксирована инверсия вегетативного отклика – выраженное снижение ИН после процедуры. Это подтверждает формирование тренировочного эффекта релаксации и повышение адаптационных возможностей пациентов – ключевой цели реабилитации военнослужащих.

Гемодинамические показатели также продемонстрировали положительный тренд, однако их динамика отличалась большей инертностью. Долговременный эффект для амплитуды ФПГ выражался в постепенном росте объемного кровотока в периферических сосудах в течение 5-недельного курса. Увеличение амплитуды свидетельствует о повышении эластичности сосудистой стенки и снижении периферической симпатической активности, что согласуется с зарубежными исследованиями физиологических биомаркеров стресса [11, 12]. Отсутствие мгновенной реакции сосудов на отдельный сеанс подчеркивает, что периферический кровоток реагирует на терапию медленнее, чем функциональная активность сердца.

Особого внимания заслуживает отсутствие статистически значимой динамики вегетативных показателей в контрольной группе здоровых добровольцев. Этот факт подтверждает селективность метода. У здоровых лиц механизмы вегетативной регуляции находятся в состоянии физиологического гомеостаза, и 15-минутное релаксационное воздействие не привело к выраженным сдвигам. У пациентов с ПТСР, находящихся в состоянии хронической симпатикотонии и истощения регуляторных резервов, аналогичное воздействие вызывает выраженную парасимпатическую реакцию. Таким образом, интеграция VR и БОС работает не как неспецифический релаксант, а как инструмент коррекции именно патологического гипервозбуждения, возвращая функционирование ВНС к нормативным значениям.

Несмотря на положительную динамику, исследование имеет ряд ограничений: малая мощность выборки, наличие базисной психофармакотерапии (что может приводить к «размыванию» границ терапевтического эффекта), демографические различия между основной и контрольной группами. Кроме того, сложность прямого сравнения с данными других авторов обусловлена тем, что большинство существующих работ фокусируются на экспозиционной терапии (VRET), а не на методах релаксации. В будущих исследованиях требуется увеличение выборки, включение группы сравнения, получающей только психофармакотерапию без VR-интервенций. Тем не менее полученные результаты подтверждают потенциал VR в сочетании с БОС как эффективного дополнения к стандартной психофармакотерапии для коррекции вегетативных нарушений у ветеранов боевых действий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение релаксационных программ в виртуальной среде в комплексе со стандартной психофармакотерапией является высокоэффективным методом коррекции стресс-ассоциированных расстройств у комбатантов. Субъективная эффективность метода подтверждается достоверным снижением выраженности посттравматической симптоматики по шкале ШОВТС у 76% пациентов. Объективный аппаратный мониторинг (БОС) выявил двухкомпонентный характер вегетативного отклика на VR-терапию: 1) кратковременный (мгновенный) эффект – статистически значимое снижение ЧСС и ПАПР непосредственно после погружения, свидетельствующее о быстром снятии центрального напряжения и активации парасимпатического звена; 2) долговременный (накопительный) эффект 5-недельного курса в виде системного улучшения микроциркуляции (рост амплитуды ФПГ) и инверсия реакции индекса напряжения (смена паттерна от легкого адаптационного напряжения к глубокому расслаблению), что подтверждает формирование устойчивого навыка саморегуляции. Отсутствие значимых изменений вегетативных параметров в контрольной группе здоровых добровольцев доказывает высокую терапевтическую селективность метода: интеграция VR и БОС целенаправленно купирует патологическое гипервозбуждение (хроническую симпатикотонию) у пациентов с ПТСР, не нарушая физиологический гомеостаз здорового организма.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания НИИ психического здоровья Томского НИМЦ № 075-00491-26-00 (регистрационный номер 126022417838-2) и при поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет – 2030).

## СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Исследование выполнено в соответствии с «Этическими принципами проведения научных медицинских исследований с участием человека» и «Правилами клинической практики в Российской Федерации». Одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (протокол ЛЭК № 9811 от 16.04.2024, дело № 9811/4.2024).

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бохан Н.А., Рощина О.В., Диденко А.В., Лебедева В.Ф. Клиническая характеристика проявлений боевой психической патологии у комбатантов. Сибирский вестник психиатрии и наркологии. 2023. № 3 (120). С. 80-86. Bokhan NA, Roshchina OV, Didenko AV, Lebedeva VF. Clinical characteristics of manifestations of combat mental pathology in combatants. Siberian Bulletin of Psychiatry and Narcology. 2023;(3):80-86. https://doi.org/10.26617/1810-3111-2023-3(120)-80-86.
2. Диденко А.В., Рощина О.В., Диденко Е.В., Мальцев В.С., Костин А.К., Бохан Н.А. Влияние психиатрической коморбидности на клинические проявления и тяжесть посттравматического стрессового расстройства. Психиатрия. 2025. Т. 23, № 5. С. 17-27. Didenko AV, Roshchina OV, Didenko EV, Maltsev VS, Kostin AK, Bokhan NA. The influence of psychiatric comorbidity on the clinical manifestations and severity of post-traumatic stress disorder. Psychiatry. 2025;23(5):7-27. https://doi.org/10.30629/2618-6667-2025-23-5-17-27.
3. Российское общество психиатров. Клинические рекомендации. Посттравматическое стрессовое расстройство: эпидемиология, этиология, клиника, диагностика, лечение, реабилитация. М., 2023. 173 с. Russian Society of Psychiatrists. Clinical guidelines. Post-traumatic stress disorder: epidemiology, etiology, clinical features, diagnosis, treatment, rehabilitation. Moscow, 2023:173.
4. Зеленина Н.В., Назаров С.С., Ранцева С.А., Выприцкий П.А., Юсупов В.В. Повышение эффективности комплексной терапии посттравматического стрессового расстройства у военнослужащих-комбатантов с помощью тренингов биологической обратной связи по амплитуде систолической волны. Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 4. С. 88-95. Zelenina NV, Nazarov SS, Rantseva SA, Vyipritskiy PA, Yusupov VV. Improving the effectiveness of complex treatment of post-traumatic stress disorders in military combatants via biological feedback trainings using systolic wave amplitudes. Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations. 2019;4:88-95 (in Russian).
5. Ali SG, Wang X, Li P, Jung Y, Bi L, Kim J, Chen Y, Feng DD, Magnenat Thalmann N, Wang J, Sheng B. A systematic review: Virtual-reality-based techniques for human exercises and health improvement. Front Public Health. 2023 Mar 23;11:1143947. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1143947. PMID: 37033028; PMCID: PMC10076722.
6. Chan SHM, Qiu L, Esposito G, Mai KP, Tam KP, Cui J. Nature in virtual reality improves mood and reduces stress: evidence from young adults and senior citizens. Virtual Real. 2021 Nov 26:1-16. https://doi.org/10.1007/s10055-021-00604-4. Epub ahead of print. PMID: 34849087; PMCID: PMC8617374.
7. Cho Y, Kim H, Seong S, Park K, Choi J, Kim MJ, Kim D, Jeon HJ. Effect of virtual reality-based biofeedback for depressive and anxiety symptoms: Randomized controlled study. J Affect Disord. 2024 Sep 15;361:392-398.

https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.06.031. Epub 2024 Jun 15. PMID: 38885844.
8. De Jesus Junior B.J., Perreault L., Lopes M.K.S., Roberge M.-C., Oliveira A.A., Falk T.H. Using multisensory virtual reality nature immersion as a therapeutic modality for improving HRV and cognitive functions in post-traumatic stress disorder: a pilot-study. Frontiers in Virtual Reality. 2023 October; 4: 1261093. https://doi.org/10.3389/fvvr.2023.1261093.
9. Drigas A, Sideraki A. Brain neuroplasticity leveraging virtual reality and brain-computer interface technologies. Sensors (Basel). 2024 Sep 3;24(17):5725. https://doi.org/10.3390/s24175725. PMID: 39275636; PMCID: PMC11397861.5
10. Gurel NZ, Huang M, Wittbrodt MT, Jung H, Ladd SL, Shandhi MMH, Ko YA, Shallenberger L, Nye JA, Pearce B, Vaccarino V, Shah AJ, Bremner JD, Inan OT. Quantifying acute physiological biomarkers of transcutaneous cervical vagal nerve stimulation in the context of psychological stress. Brain Stimul. 2020 Jan-Feb;13(1):47-59. https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.08.002. Epub 2019 Aug 6. PMID: 31439323; PMCID: PMC8252146.
11. Hsieh CH, Yang JY, Huang CW, Chin WCB. The effect of water sound level in virtual reality: A study of restorative benefits in young adults through immersive natural environments. J Environ Psychol. 2023 April;88:102012. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102012.
12. Liszio S, Graf L, Masuch M. The relaxing effect of virtual nature: immersive technology provides relief in acute stress situations. Annu Rev Cyberther Telemed. 2018 June;16:87-93. https://doi.org/10.3390/jcm13237163.
13. Jie F, Yin G, Yang W, Li B. Stress in regulation of GABA amygdala system and relevance to neuropsychiatric diseases. Frontiers in Neuroscience. 2018 August;12:562. https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00562.
14. Jovanovic T, Norrholm SD, Sakoman AJ, Esterajher S, Kozarić-Kovacić D. Altered resting psychophysiology and startle response in Croatian combat veterans with PTSD. Int J Psychophysiol. 2009 March;71(3):264-8. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.10.007.
15. Lu X, Yan S, Zhang Y, Lai S, Huang D, Zhu H, Zhang J, Song X, Zhong Q, Zhang R, Wu Y, Liu Y, Sun J, Liang Y, Zhang M, Wei D, Zhong S, Jia Y. Effects of virtual reality-based cognitive training on working memory and frontotemporal lobe in patients with major depressive disorder: A randomized controlled study. J Affect Disord. 2025 June; 390: 119770. https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.119770.
16. McGarry S, Brown A, Gardner M, Caitlan P, Renee S, Craig Th. Immersive virtual reality: An effective strategy for reducing stress in young adults. Br J Occup Ther. 2023 April; 86(8):560-567. https://doi.org/10.1177/03080226231165644.
17. Noushad S, Ahmed S, Ansari B, Mustafa UH, Saleem Y, Hazrat H. Physiological biomarkers of chronic stress: A systematic review. Int J Health Sci (Qassim). 2021 Sep-Oct;15(5):46-59. PMID: 34548863; PMCID: PMC8434839.
18. Quinones MM, Gallegos AM, Lin FV, Heffner K. Dysregulation of inflammation, neurobiology, and cognitive function in PTSD: an integrative review. Cogn Affect Behav Neurosci. 2020 Jun;20(3):455-480. https://doi.org/10.3758/s13415-020-00782-9. PMID: 32170605; PMCID: PMC7682894.
19. Riches S, Jeyarajaguru P, Taylor L, Fialho C, Little J, Ahmed L, O'Brien A, van Driel C, Veling W, Valmaggia L. Virtual reality relaxation for people with mental health conditions: a systematic review. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol. 2023 Jul;58(7):989-1007. https://doi.org/10.1007/s00127-022-02417-5. Epub 2023 Jan 20. PMID: 36658261; PMCID: PMC9852806.
20. Riches S, Kaleva I, Nicholson SL, Payne-Gill J, Steer N. Virtual reality relaxation for stress in young adults: A remotely delivered pilot study in participants' homes. J Technol Behav. Sci. 2024 September;9:771. https://doi.org/10.1007/s41347-024-00394-x.
21. Тарабрина Н.В. Психология посттравматического стресса: теория и практика. М., 2009. 304 с. Tarabrina NV. Psychology of post-traumatic stress: Theory and practice. Moscow, 2009:304 (in Russian).
22. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. Москва: Медицина, 1997. 234 с. Baevsky RM, Berseneva AP. Assessment of the body's adaptive capabilities and the risk of disease development. Moscow: Meditsina, 1997:234 (in Russian).

Поступила в редакцию 26.05.2026
Утверждена к печати 14.09.2026

Созонов Александр Сергеевич, аспирант кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; врач-психиатр НИИ психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID iD 0000-0001-6310-0218.

Митряйкин Никита Сергеевич, лаборант-исследователь лаборатории молекулярной психиатрии НИИ психического здоровья ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. Author ID Scopus 59332803700. ORCID iD 0009-0002-1436-5601. ehemaligenauroren@gmail.com

Рощина Ольга Вячеславовна, к.м.н., научный сотрудник отделения аффективных состояний НИИ психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ResearcherID J-1725-2017. ORCID iD 0000-0002-2246-7045. roshchinaov@yandex.ru

Галкин Станислав Алексеевич, к.м.н., старший научный сотрудник отделения аддиктивных состояний НИИ психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ResearcherID AAT-6324-2021. Author ID Scopus 57211892228. ORCID iD 0000-0002-7709-3917. s01091994@yandex.ru

Иванова Светлана Александровна, д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе, заведующая лабораторией молекулярной психиатрии НИИ психического здоровья ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», профессор кафедры психиатрии, психотерапии, наркологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. AuthorID РИНЦ 133158. Author ID Scopus 36113599800. ResearcherID C-5333-2012. ORCID iD 0000-0001-7078-323X. ivanovaniipz@gmail.com

Бохан Николай Александрович, академик РАН, д.м.н., профессор, заведующий отделением аддиктивных состояний, директор НИИ психического здоровья ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», заведующий кафедрой психиатрии, наркологии и психотерапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, профессор кафедры психотерапии и психологического консультирования факультета психологии Томского государственного университета. ResearcherID P-1720-2014. Author ID Scopus 6506895310. ORCID iD 0000-0002-1052-855X. AuthorID РИНЦ 152392. SPIN-код РИНЦ 2419-1263.

✉ Созонов Александр Сергеевич, suncreen1@mail.ru

UDC 004.946:615.849.19:616-003.98:616.89-008.441:159.9:612.821

For citation: Sozonov A.S., Mitryaykin N.S., Roshchina O.V., Galkin S.A., Ivanova S.A., Bokhan N.A. Dynamics of the psychophysiological profile of combatants during comprehensive rehabilitation using virtual reality technology. Siberian Herald of Psychiatry and Addiction Psychiatry. 2026; 3(132): 14-24. https://doi.org/10.26617/1810-3111-2026-3(132)-14-24

# Dynamics of the psychophysiological profile of combatants during comprehensive rehabilitation using virtual reality technology

**Sozonov A.S.[1, 2], Mitryaykin N.S.[1, 2], Roshchina O.V.[1], Galkin S.A.[1],Ivanova S.A.[1, 2], Bokhan N.A.[1, 2, 3]**

[1] *Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences Aleutskaya Street 4, 634014, Tomsk, Russian Federation*

[2] *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation Moskovsky Trakt 2, 634050, Tomsk, Russian Federation*

[3] *National Research Tomsk State University (NR TSU) 634050, Lenin Prospekt 36, Tomsk, Russian Federation*

## ABSTRACT

**Background**. Combat exposure is a potent psychological stressor; the extreme nature of combat situations can lead to the development of post-traumatic stress disorder (PTSD), adjustment disorders, and autonomic imbalance. Identifying optimal rehabilitation technologies and developing psychological support programs for combat veterans remain pressing tasks. **Objective**. To investigate the influence of virtual reality (VR) relaxation scenarios on autonomic nervous system parameters in combat veterans presenting with reactions to severe stress, adjustment disorders, and organic disorders, while undergoing standard psychopharmacotherapy. Materials and Methods. The study involved combat veterans (n=21) and healthy male volunteers (n=24). Using the "BOSLAB" hardware-software system, researchers documented ECG, galvanic skin response (GSR), temperature, and photoplethysmogram (PPG) parameters before and after each of five 15-minute relaxation therapy sessions utilizing the VR programs *Kayak VR: Mirage* and *D.I.V.E. deSight*. All patients received standard psychopharmacotherapy over a four-week period. **Results**. Upon completion of the relaxation training course, 76% of the military personnel reported a significant subjective reduction in stress levels according to the

ShOVTS scale (p=0.002), accompanied by improvements in physiological and autonomic indicators (heart rate, blood pressure, and cardiac output). ANOVA analysis revealed a pronounced cumulative training effect: by the fifth session, there was a significant increase in the autonomic response regarding heart rate (p=0.020) and the adequacy of regulatory processes mediated by PAPRs (p=0.006). An increase in photoplethysmogram (PPG) amplitude (p=0.008) was also observed, indicating a normalization of microcirculatory processes. The observed inversion of the stress index response (p=0.017) suggests an enhancement of the patients' physiological adaptive capacity. No statistically significant changes in autonomic nervous system parameters were observed in the control group of healthy individuals, demonstrating the therapeutic selectivity of the method. **Conclusion**. Combined therapy utilizing virtual reality and biofeedback technologies, alongside standard psychopharmacotherapy, effectively corrects autonomic disturbances in combat veterans. The method promotes the normalization of autonomic balance, improves peripheral blood flow, and activates adaptive mechanisms, thereby laying a foundation for the rehabilitation of combatants with post-traumatic stress disorder.

**Keywords**: virtual reality, relaxation therapy, adaptation, post-traumatic stress disorder, combat stress, biofeedback.

Received May 26, 2026 Accepted September 14, 2026

Sozonov Alexander S., postgraduate student of the Department of Psychiatry, Addictology and Psychotherapy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Siberian State Medical University”, Tomsk, Russian Federation; psychiatrist, Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0001-6310-0218.

Mitryaykin Nikita S., laboratory research assistant, Laboratory of Molecular Genetics and Biochemistry, Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation. Author ID Scopus 59332803700. ORCID iD 0009-0002-1436-5601. ehemaligenauroren@gmail.com

Roshchina Olga V., Cand. Sc. (Medicine), researcher, Affective States Department, Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation. ResearcherID J1725-2017. ORCID iD 0000-0002-2246-7045. roshchinaov@yandex.ru

Galkin Stanislav A., Cand. Sc. (Medicine), senior researcher of the Addictive States Department, Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation. ResearcherID AAT-6324-2021. Author ID Scopus 57211892228. ORCID iD 0000-0002-7709-3917. s01091994@yandex.ru

Ivanova Svetlana A., D. Sc. (Medicine), Professor, Deputy Director for Research, Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Biochemistry, Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation; Professor of the Department of Psychiatry, Addictology and Psychotherapy, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation. ResearcherID C-5333-2012. Author ID Scopus 36113599800. ORCID iD 00000001-7078-323X. AuthorID RSCI 133158. SPIN-code RSCI 5776-1365. ivanovaniipz@gmail.com

Bokhan Nikolay A., academician of RAS, D. Sc. (Medicine), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Addictive States Department, director of the Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Psychiatry, Addictology and Psychotherapy, Siberian State Medical University, Professor of the Department of Psychotherapy and Psychological Counseling of the Faculty of Psychology of Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation. ResearcherID P-1720-2014. Author ID Scopus 6506895310. ORCID iD 0000-0002-1052-855X. AuthorID RSCI 152392. SPIN-code RSCI 2419-1263.

✉ Sozonov Alexander S., suncreen1@mail.ru