

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 331.101.1: 159.9.072+612.821  
doi: 10.30987/2658-4026-2023-1-81-89

## Обзор методов исследования физиологических показателей, используемых в системах с биологической обратной связью

Наталья Витальевна Щербина <sup>1✉</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; Минск, Республика Беларусь

<sup>1</sup> shcherbina@bsuir.by; <https://orcid.org/0000-0002-1494-3136>

### Аннотация.

Выполнен обзор методов исследования физиологических показателей человека, используемых в системах с биологической обратной связью. Системы с БОС используются для проведения тренировок по различным физиологическим показателям с целью обучения управлению и сознательному контролю этого показателя. Информацию о текущем состоянии того или иного показателя своего организма человек получает с помощью каналов обратной связи (визуальных, звуковых, тактильных, обонятельных сигналов). Для каждого рассматриваемого метода показаны используемые физиологические показатели, область применения рассматриваемого метода, отмечены достоинства и недостатки метода.

**Ключевые слова:** биологическая обратная связь (БОС), физиологические показатели, методы исследования физиологических показателей

**Для цитирования:** Щербина Н.В. Обзор методов исследования физиологических показателей, используемых в системах с биологической обратной связью // Эргодизайн. 2023. №1 (19). С. 81-89. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2023-1-81-89>.

Original article  
Open access article

## Overview of Methods for Studying Physiological Parameters Used in Biofeedback Systems

Natalya Vitalievna Shcherbina <sup>1✉</sup>

<sup>1</sup> Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; Minsk, Republic of Belarus

<sup>1</sup> shcherbina@bsuir.by; ORCID 0000-0002-1494-3136

### Abstract.

A review of methods for studying human physiological parameters used in biofeedback systems is made. Biofeedback systems are applied to conduct trainings on various physiological parameters to teach the management and conscious control of this indicator. A person receives information about the current state of one or another indicator of his body using feedback channels (visual, sound, tactile, olfactory signals). For each considered method, the used physiological parameters are shown, the scope of the considered method is stated, the advantages and disadvantages of the method are noted.

**Key words:** biofeedback (BFB), physiological parameters, methods for studying physiological parameters

**For citation:** Shcherbina N.V. Overview of Methods for Studying Physiological Parameters Used in Biofeedback Systems // Ergodizayn [Ergodesign], 2023, No. 1 (19). Pp. 81-89. Doi: 10.30987/2658-4026-2023-1-81-89.

### Введение

Информационный поиск выявил [1, 2], что существует достаточное количество различных систем, позволяющих обучать человека управлению своим психоэмоциональным состоянием,

большинство из которых используют принципы БОС.

Следует отметить, что обучение навыку саморегуляции осуществляется с использованием соответствующих аппаратно-программных систем и часто под контролем профильного специалиста, но в последующем

испытуемый может использовать выработанный навык трансформации своего функционального состояния произвольно, в нужный для него момент времени, без использования аппаратно-программных средств.

Необходимость проведения детального обзора методик исследований физиологических показателей, применяемых для организации БОС, обусловлена тем, что системы с БОС предназначены непосредственно для развития навыков саморегуляции у человека. Методики являются неинвазивными, немедикаментозными, не имеют строгих противопоказаний и допускаются к применению не только в лечебно-профилактических учреждениях, но и в условиях производства под наблюдением специалиста или самостоятельно.

**1 Метод исследования гемодинамических показателей.** К показателям гемодинамики относят [3]: частоту сердечных сокращений (ЧСС), которая позволяет оценить функциональное состояние человека; вариабельность сердечного ритма (ВСР) – количественную оценку вегетативной регуляции сердечного ритма и функционального состояния организма; показатели электрокардиографии (ЭКГ) и кардиоинтервалографии (КИГ) – оценка вегетативного тонуса. При стрессовой реакции объем крови уменьшается в областях пальцев рук и ног, икр и предплечий как следствие прямой нервной импульсации, поступающей к кровеносным сосудам и вызывающей сосудосуживающий эффект. Наиболее простым и оперативным методом оценки функционального состояния человека при стрессе является измерение его ЧСС, пульса. При высокой напряженности ЧСС достигает 150-180 ударов в минуту. При быстром течении стрессовых реакций сердечная деятельность во многих случаях является наиболее информативным показателем изменений состояния организма [3].

**Область применения.** Проведение сеансов обучения навыкам релаксации и управления стрессом, устранения тревожности, сильного страха, купирования панических состояний [4, 5]. Весьма распространенной является БОС по ЧСС. Эта методика используется для снижения уровня тревожности, лечения астмы, коррекции речевых нарушений и т.д. В медицинской практике применяют также БОС-процедуры с использованием различных ритмических компонентов деятельности

сердечно-сосудистой системы, прежде всего таких как ЧСС, длительность сердечного периода и ВСР. Этот вариант БОС-терапии успешно применяют при лечении заболеваний легких, неврозов, при нарушениях деятельности вегетативной нервной системы, артериальной гипертензии, бронхиальной астмой, хронических заболеваниях легких [6].

**Достоинства и недостатки.** ВСР является интегральным и наиболее информативным показателем функционального состояния организма в целом. Снижение показателей ВСР предшествует развитию заболеваний, поэтому является надежным прогностическим средством. Однако на ВСР оказывает значительное влияние обстановка в кабинете, где установлена система, а также активность испытуемого в момент исследования (смех, чихание, кашель и др.). Кроме того, сравнивать можно только показатели ВСР одной длины, поэтому необходимо тщательно соблюдать протяженность сеансов. Минимальная продолжительность записи ВСР должна составлять 5 минут. При нарушениях сердечного ритма проводить анализ ВСР не следует, поскольку можно получить ошибочные результаты [7]. ЧСС может быть зафиксирована как простым наблюдением за пульсом, так и при регистрации электрокардиограммы.

**2 Метод исследования показателей дыхания** (спирография, пневмография). С помощью данных методов диагностики определяют ряд показателей, анализ которых позволяет оценить дыхательную функцию легких субъекта. Этот вид биоуправления используют преимущественно для тренировки дыхания при различных заболеваниях и функциональных расстройствах бронхолегочной системы и для оптимизации функционального состояния мозга [8].

**Область применения.** В ряде клинических работ продемонстрирована высокая эффективность БОС-терапии по дыханию при лечении таких заболеваний и функциональных расстройств, как бронхиальная астма, мигрень, панические состояния и состояния тревожности [4].

**Достоинства и недостатки.** Для определения формы кривой дыхания требуется точное соответствие периодов вдоха-выдоха у человека фазам работы прибора. Длительность отдельного участка для анализа должна быть не менее 10 с. В настоящее время метод применяют для обучения диафрагмальному способу дыхания. Практически всегда имеется влияние на функционирование сердечно-сосудистой

системы (ЧСС), поэтому при неправильном применении возможно нарушение работы сердца [4, 9].

**3 Метод кожной термометрии.** Метод регистрации изменения диаметра артериол с помощью пластинки, изменяющей свое сопротивление в зависимости от температуры. На основании показателей сопротивления пластинки вычисляются градусы температуры, изменение которых демонстрируется испытуемому. Температура кожи коррелирует с интенсивностью периферического кровотока. При этом повышение (бета 2-адренергические гормональные влияния) и понижение (повышение активности симпатических С-волокон) температуры требует различных навыков для регуляции. При релаксации происходит повышение поверхностной температуры рук и ног. При успешном расслаблении температура кожи рук может повыситься на 1–4 °С [4]. Стресс-реакция сопровождается централизацией кровообращения, «перекачиванием» крови к жизненно важным органам, повышением артериального давления, ускорением кровотока, снижением притока крови к конечностям и спазмом периферических сосудов. Таким образом, охлаждение рук служит сигналом начала стресса, а приобретение навыка произвольного контроля за температурой кончиков пальцев конечностей является эффективным способом расширить сосуды конечностей, снизить артериальное давление, повысить периферическое сопротивление и в конечном счете предотвратить развитие психоэмоционального напряжения либо снизить его уровень [10].

**Область применения.** Диагностика тревожных расстройств, стресса, обучение релаксации, лечение мигреней, сосудистых спазмов, нарушений терморегуляции [4, 5, 11]. Показатель интенсивность периферического кровотока часто используют при лечении некоторых заболеваний, в клинической картине которых преобладают вазомоторные нарушения, таких, например, как болезнь Рейно, общая мигрень, а также вазомоторные головные боли [6]. Тренировка по повышению температуры рук способствует снижению симпатической активности, вызывает физиологические сдвиги, которые могут прервать начавшийся болевой приступ. Анализ переживаний, образов, возникших у пациента во время тренинга, позволяет ему

понять их роль в возникновении боли и предупредить ее возникновение [10].

**Достоинства и недостатки.** Метод требует крепления датчиков на коже, обычно пальцев рук (поскольку это место наименее подвержено возникновению артефактов), поэтому вызывает меньшие неудобства для человека по сравнению со шлемами для ЭЭГ. Возникновение электротравмы практически исключено [4]. Однако на температуру кожи оказывает сильное влияние температура окружающей среды. Кроме того, неправильное крепление датчика может вызвать нарушение кровотока и, как следствие, изменение температуры участка тела, не связанное с процессом релаксации. Однако при применении инфракрасной термографии данные недостатки практически полностью устраняются.

**4 Метод треморографии.** Позволяет регистрировать произвольные движения различных частей тела, возникающих в результате сокращения и расслабления мышц организма. Тремор здорового человека отличается частота 8–12 Гц для рук и до 6,5 Гц для остального тела, а также невысокая амплитуда. С возрастом происходит снижение частоты и повышение амплитуды тремора. Тремор усиливается при утомлении [9], усиление дрожания конечностей происходит также при сильном эмоциональном напряжении [12]. Изменения частоты тремора позволяет оценить способность человека к тонкой сенсомоторной координации движений [9]. С помощью датчиков определяется степень избыточного сокращения мышц и плавность движений [3].

**Область применения.** Диагностика и лечение поведенческих нарушений при стрессе, обучение произвольному контролю движений тела [3].

**Достоинства и недостатки.** Усиленный физиологический тремор тяжело отличить от эссенциального тремора. Лечение тремора достаточно длительный процесс, кроме того, необходимо учитывать причины его возникновения, поскольку возможен сильный наследственный тремор. Для исследований часто применяют шуп и телеграфный ключ, что с одной стороны способствует большей вовлеченности испытуемого в процесс исследования, а с другой – может помешать непосредственному расслаблению человека, поскольку требует от него сохранения определенного положения или выполнения физических действий [12, 13].

### **5 Метод электродермальной реакции.**

Электродермальная активность (ЭДА) кожи – изменение электрических свойств кожи – один из самых известных электрофизиологических показателей, широко используемых в психофизиологических и психологических исследованиях. В зарубежных научных школах показатели электродермальной активности чаще всего классифицируют по Дж. Хэссету, который предложил применять общий термин – электрическая активность кожи. Классификация показателей [14]: уровень потенциала кожи (УПК); реакция потенциала кожи (РПК); спонтанная реакция потенциала кожи (СРПК); уровень сопротивления кожи (УСК); реакция сопротивления кожи (РСК); спонтанная реакция сопротивления кожи (СРСК); уровень проводимости кожи (УПрК); реакция проводимости кожи (РПрК); спонтанная реакция проводимости кожи (СРПрК). При этом «уровень» [15] означает тоническую активность (тоническую активность ЭАК электрической активности кожи, т. е. длительные изменения показателей) (относительно длительные состояния), «реакция» – фазическую активность (или фазическую составляющую ЭАК, т.е. быстрые, ситуативные изменения показателей ЭАК) (короткие, в течение нескольких секунд, ответы на раздражители) и «спонтанная» – реакции, трудно связываемые с раздражителем (краткосрочные изменения, не имеющие видимой связи с внешними факторами). Уровень тонического электрокожного сопротивления используется как показатель функционального состояния ЦНС: в расслабленном состоянии, например, во сне, сопротивление кожи повышается, а при высоком уровне активации – понижается. Фазические показатели остро реагируют на состояние напряжения, тревоги, усилие мыслительной деятельности [16]. Для определения психоэмоционального состояния человека чаще всего применяют один из способов измерения ЭДА (КГР): метод И. Р. Тарханова – эндосоматический метод [15] (регистрация электрических потенциалов кожи без применения внешнего источника тока) или метод У. Фере – экзосоматический метод [15] (регистрация электрического сопротивления кожи с использованием источника постоянного тока) [17]. В ситуации эмоционального напряжения увеличивается число спонтанных колебаний и снижается электрическое сопротивление кожи [3]. В расслабленном состоянии в течение 5 минут у человека не возникает кожно-гальванических

реакций, а величина разности потенциалов составляет 10–20 мВ [3].

*Область применения.* Определение индивидуальных психологических особенностей, уровня тревожности человека, обучение управлению стрессом, лечение неврозов, оптимизация напряжения при деятельности [4, 5]. Во многих исследованиях используется БОС по КГР. Поскольку КГР, отражая активность потовых желез, опосредовано свидетельствует об активности симпатической нервной системы (по степени активации которой можно судить об уровне эмоционального возбуждения), то КГР-БОС широко используется как метод психоэмоциональной коррекции при лечении неврозов, артериальной гипертензии, нарушений речи, обусловленных эмоциональным дисбалансом, психозависимых форм бронхиальной астмы и т.д. [6]. КГР чрезвычайно чувствительна к эмоциональному реагированию, состоянию тревоги, напряженности и часто используется для характеристики функционального состояния человека [5].

*Достоинства и недостатки.* ЭДА имеет тоническую и фазическую составляющие, однако при исследовании текущего психоэмоционального состояния происходит выделение из сигнала именно быстро меняющейся фазической составляющей. Усиление биопотенциалов кожи и КГР возникают как при эмоциональных реакциях, так и при активизации процессов внимания и восприятия. Чаще всего используется метод измерения кожно-гальванического сопротивления (КГС), основанного на протекании слабого электрического тока между двумя электродами на поверхности кожи. Для крепления датчиков достаточно небольшого участка кожи (пальцы рук, запястье). Но при применении этого метода могут возникать ошибки (излишнее или недостаточное потоотделение, неплотное прилегание электрода), поэтому также используют измерение кожного потенциала (КП) – на кожу подается стимул и измеряется ответная реакция. Средняя продолжительность КГР при применении КГС – 2-3 с, КП – 1 с [3]. На КГР влияет суточная периодика физиологических функций, возраст испытуемого, состояние эндокринной системы, действие принятых лекарств и другие факторы [17].

**6 Метод электромиографии (ЭМГ).** Один из основных методов коррекции двигательных нарушений различного генеза – метод БОС по электромиограмме (ЭМГ), кроме этого,

данный метод используют как метод общей релаксации [6]. Регистрация биопотенциалов мышц производится для определения ведущих мышц при выполнении того или иного рабочего движения, для количественной характеристики напряжения мышц при выполнении рабочих движений или сохранения рабочей позы, регистрации степени утомления мышц при выполнении рабочих движений или сохранении определенной позы, а также для выполнения по показателю электрической активности мышц степени эмоционального напряжения [9]. Проводится с помощью электромиографа или электроэнцефалографа, имеющего специальный вход для регистрации ЭМГ. ЭМГ отводится с кожных или подкожных электродов и позволяет наблюдать как спонтанную мышечную активность (в состоянии относительного покоя), так и вызванную различной стимуляцией (электрическим раздражением кожи, мышц, спинного или головного мозга). Регистрация ЭМГ при двигательной активности позволяет исследовать механизмы организации (подготовки) и реализации движений. При этом возможно отведение как суммарной активности, так и биопотенциалов отдельных мышечных волокон. Регистрация ЭМГ применяется в психофизиологии для изучения возрастных закономерностей организации и реализации движений сенсомоторных действий и т.п., в медицине для диагностики поражений как периферического, так и центрального генеза, а также в физиологии труда и спорта, исследованиях высшей нервной деятельности [18]. Мышечная активность изменяется в широких пределах, но человек осознает только мышечное напряжение, связанное с движением, а высокий мышечный тонус, вызванный психоэмоциональным напряжением, часто остается ниже порога восприятия. Предоставление пациенту информации об электрической активности мышечных волокон позволяет ему наглядно увидеть степень его психической дезадаптированности и в то же время дает ему возможность, снизив мышечную активность, добиться состояния релаксации при одновременном снижении сопутствующих стрессу высоких показателей ЧСС, артериальное давление, ритма дыхания, что способствует улучшению психического состояния [10].

*Область применения.* Восстановление нервно-мышечного контроля, общая релаксация организма, снятие симптомов стресса [4, 5]. Существует высокая положительная корреляция между стрессовой активацией и напряжением поперечно-полосатых мышц. В современной практике для измерения показателей стрессовой ситуации используется лобная, трапецевидная, плече-лучевая, грудинно-ключично-сосковая группы мышц [3]. На основании информации о степени напряжения определенной мышцы, можно научиться произвольно достигать ее расслабления [4]. В клинике нервных болезней методы биоуправления по электромиограмме продемонстрировали высокую эффективность при лечении постинсультных гемипарезов [19], повреждений спинного мозга, детских церебральных параличей, невралгии лицевого нерва; при терапии эпилепсии.

*Достоинства и недостатки.* Электрический потенциал может сниматься с мышцы достаточно небольшого размера. Напряжение мышц тела подчиняется произвольному контролю испытуемого сравнительно небольшими усилиями. Поскольку действия осознаются человеком, они могут применяться им впоследствии без крепления датчиков. В зависимости от требований рабочей обстановки возможно напрягать определенные группы мышц, а в остальное время их расслаблять [4]. Однако при применении ЭМГ достаточно сложно разграничить острое и хроническое стрессовое возбуждение [3].

**7 Метод электроокулографии (ЭЭГ).** Регистрация движения глаз основана на наличии разности потенциалов между роговицей и сетчаткой, т.е. между передним и задним полюсами глазного яблока [9]. Для психофизиолога наибольший интерес представляют три категории глазных реакций: сужение/расширение зрачка, мигание, глазные движения. Такой метод изучения зрачковых реакций называется пупиллометрия [15].

*Область применения.* ЭОГ служит показателем направления взора. Проведение сеансов обучения навыкам визуального управления операторской деятельностью. При визуальном управлении затраченное время на восприятие информации об окружающей среде и об управляемом процессе, на принятие управленческих решений, на реализацию

управляющих воздействий меньше во всех случаях (от 1,196 до 4,062 с) [20].

*Достоинства и недостатки.* К достоинствам метода относятся: возможность записи без прикосновения к глазу; не требуется жесткая фиксация головы; запись может производиться при любом освещении и даже в темноте, обработка ЭОГ не представляет существенных трудностей. Недостаток метода в том, что он позволяет регистрировать движения глаз не меньше чем в 1° [9].

**8 Метод электроэнцефалографии** (компьютерная) В инженерной психологии метод используется для контроля функционального состояния оператора. Регистрируемыми показателями являются: суммарная биоэлектрическая активность ЭЭГ, характеристики отдельных ритмов (амплитуда, длительность, число волн ритма, удельный вес ритма в ЭЭГ) [9]. Анализируемые параметры электрической активности мозга [21]: альфа-ритм (наблюдается в состоянии спокойного бодрствования, медитации и длительной монотонной деятельности), бета-ритм (резко усиливается при различных видах интенсивной деятельности, наблюдается во время парадоксальной фазы сна), тета-волны (связаны с поисковым поведением, усиливаются при эмоциональном напряжении), гамма-ритм (наблюдается при обучении и при решении задач, требующих максимального сосредоточения внимания), дельта-ритм (возникает при естественном и наркотическом сне). ЭЭГ отображает колебания во времени разности потенциалов между двумя электродами. Рисунок ЭЭГ меняется с переходом ко сну и с изменениями функционального состояния в бодрствовании [22]. К голове испытуемого прикрепляют около 20 маленьких электродов и регистрируют мозговую активность в нормальных условиях. Затем человека подвергают воздействию различных стимулов, например, вспышек яркого света, чтобы спровоцировать измененную биологическую активность мозга [23]. Испытуемому демонстрируется информация, отражающая преобладающий ритм ЭЭГ или показания биопотенциалов мозга, на основании которых он может сознательно изменять паттерн своей ЭЭГ. При наложении электродов используется специальный электропроводный гель, обеспечивающий плотный электрический контакт. Чаще всего требуется использование индифферентного («заземляющего») электрода [5]. Наличие

стресса обнаруживается по активации медленных ритмов (тета-ритмов, ритмов напряжения), увеличению высокочастотной активности (бета-ритмы), а также высоким показателям функциональной асимметрии мозга [3].

*Область применения.* Диагностика тревожных расстройств, посттравматического стресса, депрессий, эпилептических припадков, нарушений мозговой деятельности в результате травм или заболеваний [4]. Методику ЭЭГ-БОС тренинга используют для изменения степени концентрации внимания, контроля уровня эмоционального возбуждения, лечения аддиктивных расстройств [24-27].

*Достоинства и недостатки.* Электрическая активность мозга имеет генетическую обусловленность и строго индивидуальна для каждого человека. Для определения стрессового состояния необходимо учитывать показатели мозговой активности в комплексе. Необходимо обязательное обеззараживание электродов, соприкасающихся с телом человека. ЭЭГ здорового и больного человека могут иметь практически незаметные различия. Показатели требуют специальной расшифровки, поэтому не могут демонстрироваться испытуемому в непосредственном виде [4]. Рекомендации по регуляции ЭЭГ касаются изменения сигнала обратной связи и не дают непосредственной информации о способе поведения, поэтому требуется некоторое время для осознания связи собственных действий с изменением показаний системы. Однако результат, полученный при применении этого метода, сохраняется в течение достаточно продолжительного периода [4]. Важным условием получения надежных электрофизиологических данных является относительная звуковая изоляция, хорошая вентиляция и поддержание оптимальной температуры (16-18 °С). Несоблюдение условий способствует появлению разнообразных физиологических артефактов (КГР, миограмм и др.), которые в дальнейшем затрудняют исследование [28]. Большое значение имеет выбор шлема, предназначенного для крепления на голове электродов. Целесообразно использовать шлемы-сетки из эластических шнуров с креплениями, позволяющими свободно передвигать, их друг относительно друга, удерживающих плоские или мостиковые электроды. Однако наиболее приемлемым является использование плоских электродов,

крепящихся на голове обследуемого при помощи клеящего геля, полностью исключая сдавливание головы шлемом [28]. Испытуемый перед исследованием не должен испытывать чувство голода, но в то же время исследование следует проводить не ранее чем через 2 часа после приема пищи и курения, так как это может вызывать изменения на ЭЭГ [28]. Анализ ЭЭГ осуществляется как визуально, так с помощью ЭВМ. На ЭВМ оцениваются параметры отдельных ритмических компонентов ЭЭГ, их спектр плотности мощности и функция когерентности [29].

#### **Заключение.**

Каждый из приведенных выше методов регистрации физиологических показателей, используемый в системах с БОС, имеет свои достоинства и недостатки, и выбор метода во многом обуславливается поставленной задачей. В то же время следует понимать, что используемый для организации БОС показатель может находиться в различной степени взаимосвязи с другими физиологическими показателями. Например, показатели дыхания оказывают влияние на сердечную активность [4]. Однако многие системы с БОС могут применяться только в стационарных условиях, требуют установки значительного количества электродов и использования специальных паст для обеспечения корректного мониторинга параметров, что можно отнести к недостатку.

Мониторинг параметров электродермальной активности кожи, электрического сопротивления кожи, его тонической и фазической составляющей,

лишен указанных недостатков. Однако при автоматическом анализе фазической составляющей предъявляются требования к достоверности выделения такого импульса на фоне различных артефактов, например, вызванных произвольными или непроизвольными движениями. Немаловажным достоинством использования ЭДА, ЭСК является достаточно удобное для человека расположение электродов, чаще всего на пальцах рук или запястье.

Следует отметить, что кроме отличия в измеряемых физиологических показателях, системы с БОС могут различаться по способу подачи и модальности сигнала обратной связи: 1) *шкала прибора* – демонстрация значений физиологического параметра в виде абсолютных величин на шкале с выделенной областью допустимых (недопустимых) значений; 2) *графическое изображение сигнала* – отображение на мониторе графика изменения физиологического показателя во время сеанса; 3) *звуковая реакция* – подача звукового сигнала при выходе значений за допустимые параметры или изменение частоты и громкости звука совместно с изменением физиологического показателя; 4) *анимационный сюжет* – изменение динамического изображения на экране в соответствии с изменением физиологического показателя; 5) *игровой сюжет* – изменение динамического сюжета соревновательного характера с возможностью выигрыша/проигрыша в соответствии с динамикой изменения физиологических показателей.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. **Гедранович Ю.А., Савченко В.В., Яшин К.Д. и др.** Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2016. № 1 (77). С. 62 – 69. EDN VUUPPD.
2. **Гедранович Ю.А., Савченко В.В., Яшин К.Д. и др.** Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2016. № 2 (78). С. 44 – 50. EDN WGBXSJ.
3. **Топчий М.В., Чурилова Т.М.** Стресс как объект научной рефлексии. Ставрополь: НОУ ВПО СКСИ, 2009. 312 с. ISBN 978-5-9983-0009-7.
4. **Донская О.Г., Великохатный Р.И., Дебелов В.А.** Компьютерные оздоровительные и лечебно-реабилитационные игры (новая ветвь в биоуправлении). Биоуправление 3. Теория и практика : Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth

#### **REFERENCES**

1. **Gedranovich Yu.A., Savchenko V.V., Yashin K.D., et al.** Review and Comparative Analysis of Methods and Systems for the Development of Relaxation Skills. Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics. 2016;1(77):62-69.
2. **Gedranovich Yu.A., Savchenko V.V., Yashin K.D., et al.** Review and Comparative Analysis of Methods and Systems for the Development of Relaxation Skills. Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics. 2016; 2(78):44-50.
3. **Topchiy M.V., Churilova T.M.** Stress as an Object of Scientific Reflection. Stavropol: NOU VPO SKSI; 2009. 312 p.
4. **Donskaya O.G., Velikokhatny R.I., Debelov V.A.** Computer Health-Improving and Medical-Rehabilitation Games (a New Branch in Biofeedback). Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 232-241.

Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 232–241. EDN ХМКЗМТ.

5. **Общие вопросы применения метода БОС: сборник статей** / НОУ «Институт биологической обратной связи»; А. А. Сметанкин [и др.]. СПб: Бiosoвязь, 2008. 102 с.

6. **Плоткин Ф.Б.** Компьютерное биоуправление: прогрессивные технологии – в практику здравоохранения // Военная медицина. 2012. № 2 (23). С. 106-110. EDN RSDBQJ.

7. **Бань А.С., Загородный Г.М.** Возможные ошибки при проведении анализа variability ритма сердца // Проблемы здоровья и экологии. 2010. №3. С. 119–123. EDN UYWSHD.

8. **Сметанкин А.А.** Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца – путь к нормализации центральной регуляции дыхательной и сердечно-сосудистой систем // Биологическая обратная связь. 1999. № 4. С. 3-14.

9. **Энциклопедический словарь: Психология труда, рекламы, управления, инженерная психология и эргономика** / Под ред. Б. А. Душкова; прил. Т. А. Гришиной. Екатеринбург: Деловая книга, 2000. 462 с. ISBN 5886870733.

10. **Штарк М. Б., Павленко С.С., Скок А.Б. и др.** Биоуправление в клинической практике // Неврологический журнал. 2000. Т. 5. № 4. С. 52-56. EDN XAPWTF.

11. **Павленко С. С.** Биоуправление при лечении головных болей // Тезисы докл. Съезда физиологов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1997.

12. **Савченко В.В.** Методологические аспекты игрового биоуправления // Бюллетень СО РАМН. 2004. № 3 (113). С. 61–64. EDN HRSPGL.

13. **Савицкий А.И.** Измерительный модуль для тремографической скрининг-системы // Технологический аудит и резервы производства. 2012. № 5/2 (7). С. 23–24. EDN QBDZVN.

14. **Хэссет Дж.** Введение в психофизиологию / пер. с англ. И. И. Поletaевой; под ред. Е. Н. Соколова. М.: Мир, 1981. 248 с.

15. **Марютина Т. М., Ермолаев О. Ю.** Введение в психофизиологию. 3-е изд. М.: Московский психолого-социальный институт: Флинта, 2002. 400 с. ISBN 5-89502-006-2.

16. **Большой психологический словарь** / Сост. и общ. ред. Б. Г. Мещерякова, В. П. Зинченко. СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2007. 672 с. ISBN 978-5-17-055693-9.

17. **Улащик В.С.** Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. 2-е изд., стереотип. Мн.: Книжный Дом, 2012. 640 с. ISBN 978-985-17-0391-9.

18. **Безруких М.М., Фарбер Д.А.** Психофизиология. Словарь. Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л.А. Карпенко. Под общ. ред. А.В. Петровского. М: ПЕР СЭ, 2006. 128 с. ISBN 5-9292-0136-6.

19. **Черникова Л.А., Кашина Е.М.** Клинический, физиологический и нейропсихологический аспекты баланс биотренинга у больных с последствиями инсульта. Биоуправление 3. Теория и практика: Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 81-87.

20. **Якушев А.Г.** О возможности визуального (с помощью взора) управления // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. Москва, 2012. Т. 67. № 4. С. 32-36. EDN PEEYMP.

5. **Smetankin A.A., et al.** General Issues of the Biofeedback Method Application. In: Proceedings: Scientific Educational Institution "Institute of Biofeedback". Saint Petersburg: Biosvyaz; 2008. 102 p.

6. **Plotkin F.B.** Computer Bio-Operating: Progressive Technologies and Their Implementation into the Healthcare Practice. Military Medicine. 2012;2(23):106-110.

7. **Ban A.S., Zagorodny G.M.** Possible Mistakes in the Analysis of Heart Rate Variability. Health and Ecology Issues. 2010;3:119-123.

8. **Smetankin A.A.** Biofeedback Method for Respiratory Arrhythmia of the Heart is a Way to Normalise the Central Regulation of the Respiratory and Cardiovascular Systems. Biofeedback. 1999;4:3-14.

9. **Dushkova B.A., editor.** Encyclopedic Dictionary: Psychology of Work, Advertising, Management, Engineering Psychology and Ergonomics. Grishina TA, supplement. Yekaterinburg: Business Book; 2000. 462 p.

10. **Shtark M.B., Pavlenko S.S., Skok A.B., et al.** Biofeedback in Clinical Practice. Neurological Journal. 2000;5(4):52-56.

11. **Pavlenko S.S.** Biofeedback in the Headache Treatment. In: Proceedings of the Congress of Siberia and the Far East Physiologists. Novosibirsk, 1997.

12. **Savchenko V.V.** Methodological Aspects of Game Biofeedback. The Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences. 2004;3(113):61-64.

13. **Savitsky A.I.** Measurement Module for Tremography Screening System. Technological Audit and Production Reserves. 2012;5/2(7):23-24.

14. **Hasset J., Sokolova E.N., editor.** Introduction into Psychophysiology. Poletaeva II, translator. Moscow: Mir; 1981. 248 p.

15. **Maryutina T.M., Ermolaev O.Yu.** Introduction to Psychophysiology. 3rd ed. Moscow: Moscow Psychological and Social Institute: Flinta; 2002. 400 p.

16. **Meshcheryakova B.G., Zinchenko V.P., editors.** Big Psychological Dictionary. Saint Petersburg: Prime-EVROZNAK, 2007. 672 p.

17. **Ulashchik V.S.** Physiotherapy. Universal Medical Encyclopedia. 2nd ed. Minsk: Book House; 2012. 640 p.

18. **Bezrukikh M.M., Farber D.A., Karpenko L.A., Petrovsky A.V., editors.** Psychophysiology. Dictionary. Psychological Lexicon. Collegiate Dictionary in Six Volumes. Moscow: PER SE; 2006. 128 p.

19. **Chernikova L.A., Kashina E.M.** Clinical, Physiological and Neuropsychological Aspects of Biotraining Balance in Patients with Stroke Consequences. Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 81-87.

20. **Yakushev A.G.** Possibility of Visual Control by Gaze Direction. Moscow University Mechanics Mathematics Bulletin. 2012;67(4):32-36.



21. **Психофизиология : Учебник для вузов** / Под ред. Ю.И. Александрова. 3-е изд., доп. и перераб. СПб.: Питер, 2010. 464 с. ISBN 978-5-94723-732-0.
22. **Данилова Н.Н.** Психофизиология. Москва : Аспект Пресс, 2012. 368 с. ISBN 978-5-7567-0220-0.
23. **Современная медицинская энциклопедия. Пер. с англ.** / Американское издание под ред. Р. Беркоу, М. Бирса, Р. Боджина, Э. Флетчера. Русское издание под общей ред. Г.Б. Федосеева. СПб.: Норинт, 2008. XXVIII+1236 с. ISBN 5-7711-0117-6.
24. **Лопатин А.А.** Опыт использования альфа-тета тренинга для некоторых категорий кризисных пациентов // Биоуправление 3. Теория и практика : Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 188-193.
25. **Любар Д.Ф.** Биоуправление, дефицит внимания и гиперактивность (диагностика, клиника, эффективность лечения). Биоуправление 3. Теория и практика: Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 142-162.
26. **Скок А.Б., Шубина О.С., Веревкин Е.Г.** Энцефалографический метод альфа-тета тренинга при лечении аддиктивных расстройств. Биоуправление 3. Теория и практика : Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 180-187. EDN XMKLQL.
27. **Штарк М.Б., Скок А.Б.** Применение электроэнцефалографического биоуправления в клинической практике (литературный обзор). Биоуправление 3. Теория и практика : Коллективная монография / Российская Академия медицинских наук Сибирское отделение Институт медицинской и биологической кибернетики; Компания "Futurehealth Inc." США. Новосибирск, 1998. С. 130-141. EDN UOBLMZ.
28. **Цыган В.Н., Богословский М.М., Миролюбов А.В.** Электроэнцефалография. СПб.:«Наука», 2008. 192 с. ISBN 978-5-02-026330-7.
21. **Alexandrova Yu.I., editor.** Psychophysiology. 3rd ed. Saint Petersburg: Piter; 2010. 464 p.
22. **Danilova N.N.** Psychophysiology. Moscow: Aspect Press; 2012. 368 p.
23. **Bercow R., Beers M., Bojin R., Fletcher E., Fedoseev G.B., editors.** Modern Medical Encyclopedia. Saint Petersburg: Norint; 2008. 1236 p.
24. **Lopatin A.A.** Experience in Using Alpha-Theta Training for Some Categories of Crisis Patients. Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 188-193.
25. **Lyubar D.F.** Biofeedback, Attention Deficit Hyperactivity Disorder (Diagnosis, Clinical Presentation, Treatment Efficacy). Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 142-162.
26. **Skok A.B., Shubina O.S., Verevkin E.G.** Encephalographic Method of Alpha-Theta Training in the Treatment of Addictive Disorders. Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 180-187.
27. **Shtark M.B., Skok A.B.** Application of Electroencephalographic Biofeedback in Clinical Practice (Literature Review). Biofeedback 3. Theory and Practice. Novosibirsk: Russian Academy of Medical Sciences Siberian Branch Institute of Medical and Biological Cybernetics; USA: Company "Futurehealth Inc."; 1998. p. 130-141.
28. **Tsygan V.N., Bogoslovsky M.M., Miroljubov A.V.** Electroencephalography. Saint Petersburg: Nauka; 2008. 192 p.

#### Информация об авторах:

**Щербина Наталья Витальевна** – старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, международный идентификационный номер автора: SPIN-код (РИНЦ): 4002-8084.

#### Information about the authors:

**Shcherbina Natalya Vitalievna** – Senior Lecturer of the Department "Engineering Psychology and Ergonomics" of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; the author's international identification number: SPIN-code (RSCI): 4002-8084.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 02.02.2023; одобрена после рецензирования 14.02.2022; принята к публикации 15.02.2022. Рецензент – Кузьменко А.А., кандидат биологических наук, доцент Брянского государственного технического университета, заместитель главного редактора журнала Эргодизайн».**

**The paper was submitted for publication on the 2<sup>nd</sup> of February, 2023; approved after the peer review on the 14<sup>th</sup> of February, 2023; accepted for publication on the 15<sup>th</sup> of February, 2023. Reviewer – Kuzmenko A.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University, member of the editorial board of the journal "Ergodesign".**