



УДК 612

EDN FJYBHF

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-6-19>

Павлов и Конорский: от условных рефлексов к технологиям психофизиологической медицинской реабилитации

Н. Б. Суворов ^{✉1}, Т. В. Сергеев ¹, Е. А. Агапова ¹

¹ Институт экспериментальной медицины,
197036, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12

Сведения об авторах

Николай Борисович Суворов, SPIN-код: 6164-5994, Scopus AuthorID: 16521673300, ResearcherID: E-8718-2014, ORCID: 0000-0003-2363-6012, e-mail: nbsuorov@yandex.ru

Тимофей Владимирович Сергеев, SPIN-код: 4952-5143, Scopus AuthorID: 57201501819, ResearcherID: AАН-5133-2020, ORCID: 0000-0001-9088-0619, e-mail: stim9@yandex.ru

Елизавета Александровна Агапова, SPIN-код: 3383-9600, Scopus AuthorID: 57215663447, Researcher ID: ABG-5167-2020, ORCID: 0000-0002-0767-2120, e-mail: lizavetta2000@mail.ru

Для цитирования: Суворов, Н. Б., Сергеев, Т. В., Агапова, Е. А. (2025) Павлов и Конорский: от условных рефлексов к технологиям психофизиологической медицинской реабилитации. *Интегративная физиология*, т. 6, № 1, с. 6–19. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-6-19> EDN FJYBHF

Получена 23 января 2025; прошла рецензирование 3 февраля 2025; принята 6 февраля 2025.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт экспериментальной медицины» по теме «Разработка технологии восстановления функциональных резервов и адаптационного потенциала для обеспечения активного и здорового долголетия».

Права: © Н. Б. Суворов, Т. В. Сергеев, Е. А. Агапова (2025). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY-NC 4.0](#).

Аннотация. Кратко описана научная биография известного нейрофизиолога Юрия Маврикиевича Конорского, одного из учеников И. П. Павлова. Конорский несколько лет работал в Советском Союзе, сначала (1931–1933) в лаборатории академика, исследуя различные варианты условных рефлексов. Во время Великой Отечественной войны он изучал ранения головного мозга в военном госпитале в Тбилиси. В те же годы другой ученик Павлова П. С. Купалов разрабатывал теорию укороченных условных рефлексов. Разработанные Н. Н. Василевским методики явились логическим продолжением исследований «неклассических» условных рефлексов. Была доказана возможность путём биологически значимого управляемого подкрепления регулировать состояния корковых нейронов, клеточных популяций, медленной биоэлектрической активности головного мозга. Идеи и впечатляющие результаты нейрофизиологов прошлых лет были учтены и использованы в аппаратно-программном комплексе с адаптивной биологической обратной связью, разработаны технологии психофизиологической поддержки стандартной терапии и реабилитационных мероприятий. Системный подход и физиологический анализ разнообразия условных рефлексов, изученных в последние 100 лет, привели к созданию наукоёмкой, экологически безопасной технологии, основанной на психофизиологической коррекции ритмов автономной нервной системы и головного мозга за счёт непрерывно поступающей информации о состоянии управляемой функции пациента (испытуемого).

Ключевые слова: научная школа Павлова, условные рефлексы, биологическая значимость подкрепления, биологическая обратная связь, психофизиологическая поддержка медицинской реабилитации

Pavlov and Konorsky: From conditioned reflexes to technologies of psychophysiological medical rehabilitation

N. B. Suvorov ¹, T. V. Sergeev¹, E. A. Agapova¹

¹ Institute of Experimental Medicine, 12 Akademika Pavlova Str., Saint Petersburg 197022, Russia

Authors

Nikolay B. Suvorov, SPIN: [6164-5994](#), Scopus AuthorID: [16521673300](#), ResearcherID: [E-8718-2014](#), ORCID: [0000-0003-2363-6012](#), e-mail: nbsuvorov@yandex.ru

Timofey V. Sergeev, SPIN: [4952-5143](#), Scopus AuthorID: [57201501819](#), ResearcherID: [AAH-5133-2020](#), ORCID: [0000-0001-9088-0619](#), e-mail: stim9@yandex.ru

Elizaveta A. Agapova, SPIN: [3383-9600](#), Scopus AuthorID: [57215663447](#), ResearcherID: [ABG-5167-2020](#), ORCID: [0000-0002-0767-2120](#), e-mail: lizavetta2000@mail.ru

For citation: Suvorov, N. B., Sergeev, T. V., Agapova, E. A. (2025) Pavlov and Konorsky: From conditioned reflexes to technologies of psychophysiological medical rehabilitation. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 1, pp. 6–19. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-6-19> EDN FJYBHF

Received 23 January 2025; reviewed 3 February 2025; accepted 6 February 2025.

Funding: The study is part of the state-commissioned assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to the Federal State Budgetary Scientific Institution 'Institute of Experimental Medicine,' topic 'Development of a framework for restoring functional reserves and adaptive capacity for active and healthy longevity.'

Copyright: © N. B. Suvorov, T. V. Sergeev, E. A. Agapova (2025). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Abstract. This work provides a concise overview of the scientific contributions of Yuri M. Konorsky, a prominent neurophysiologist and student of I. P. Pavlov. Konorsky conducted research in Pavlov's laboratory, investigating various forms of conditioned reflexes. During the Great Patriotic War he studied brain wounds at a military hospital in Tbilisi. Concurrently, another of Pavlov's students, P. S. Kupalov, developed the theory of shortened conditioned reflexes. These foundational studies were extended by N. N. Vasilevsky's work on 'non-classical' conditioned reflexes. The possibility of regulating the states of cortical neurons, cell populations, and slow bioelectrical activity of the brain by means of biologically significant controlled reinforcement was proven. The ideas and impressive results of neurophysiologists of past years have been incorporated into a hardware and software complex with modern adaptive biofeedback system, forming the basis for psychophysiological support of standard technologies in therapy and medical rehabilitation measures were developed. Thus, more than a century systemic research on conditioned reflexes has culminated in the development of an advanced, ecologically safe technology capable of modulating autonomic nervous system and the brain rhythms through continuous physiological feedback.

Keywords: Pavlov's scientific school, conditioned reflexes, biological significance of reinforcement, biofeedback, psychophysiological support of medical rehabilitation

Посвящается памяти Василевского Николая Николаевича

Введение

1 декабря 1903 года в Лодзи в многодетной семье юриста родился Ежи (Юрий) Конорский. В 1921 году после окончания средней школы его семья переехала в Варшаву, где Юрий поступил в университет, сменил несколько факультетов — математический, психологический, и наконец, медицинский, который успешно окончил в 1929 году. Будучи на третьем курсе медицинского факультета, Юрий познакомился со Стефаном Миллером (погиб во время оккупации Польши фашистской Германией), который предложил им вместе стажироваться у И. П. Павлова (рис. 1).

Так с 1931 по 1933 год они работали в Ленинграде в лаборатории академика. Вернувшись в Польшу, Юрий Маврикиевич организовал лабораторию условных рефлексов в Институте экспериментальной биологии в Варшаве, которой заведовал с 1934 по 1939 год.

Ещё с 1930 года по инициативе А. М. Горького велась работа по организации государственного института для всестороннего изучения человеческого организма. Всесоюзный институт экспериментальной медицины (ВИЭМ) в соответствии с планами тех лет должен был объединить всю медицинскую и биологическую науку, поставив её на службу человеку. Горячим

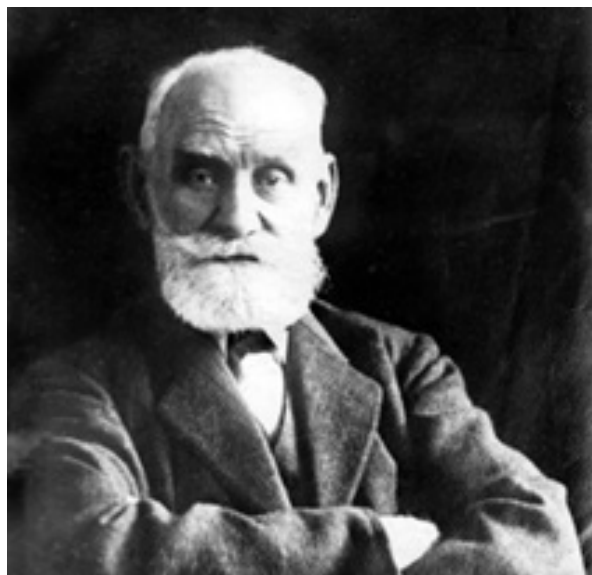


Рис. 1. Павлов Иван Петрович (1849–1936)
(Источник: https://spbarchives.ru/pavlov_1)

Fig. 1. Ivan P. Pavlov (1849–1936)
(URL: https://spbarchives.ru/pavlov_1)

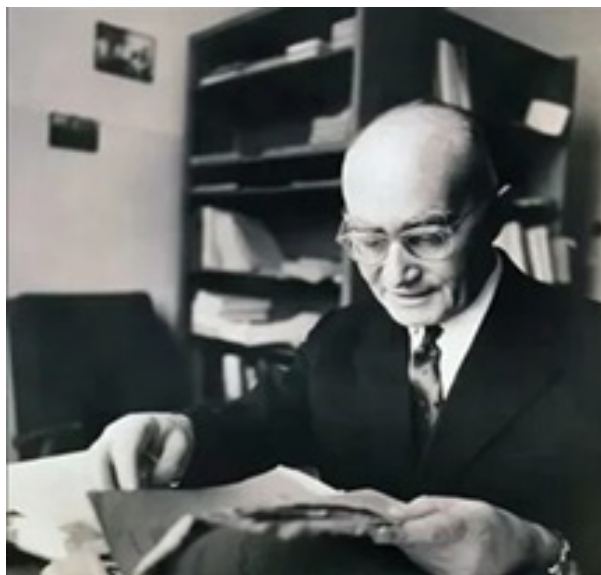


Рис. 2. Конорский (Jerzy) Юрий Маврикиевич
(1903–1973) (Источник: <https://fb.ru/article/532999/2023-neyroplastichnost-mozga-chto-eto-takoe-i-pochemu-ona-vajna>)

Fig. 2. Yuri (Jerzy) M. Konorsky (1903–1973) (URL: <https://fb.ru/article/532999/2023-neyroplastichnost-mozga-chto-eto-takoe-i-pochemu-ona-vajna>)

сторонником этого крупного государственного проекта был Лев Николаевич Федоров — директор ленинградского ИЭМ (основан в 1890 году принцем Александром Петровичем Ольденбургским). 15 октября 1932 года вышел декрет Совета Народных Комиссаров СССР «О Всесоюзном институте экспериментальной медицины». Так ленинградский Институт экспериментальной медицины породил Всесоюзный институт экспериментальной медицины (ВИЭМ).

В 1939 году Конорский (рис. 2) был отправлен в длительную командировку в Грузинскую ССР в город Сухуми, где с 1939 по 1944 год работал в грузинском филиале ВИЭМ. Во время Второй мировой войны Конорский становится военным врачом. В самом начале Великой Отечественной войны филиал ВИЭМ в Сухуми был эвакуирован, а Конорский направлен в Тбилиси, где до 1944 года работал в военном госпитале, изучая ранения и травмы головного мозга.

С 1945 по 1955 год Конорский возглавлял кафедру физиологии Лодзинского университета, с 1947 года — профессор. Одновременно с 1945 по 1973 год руководил отделом нейрофизиологии Института экспериментальной биологии (ИЭБ) имени М. В. Ненцкого в Варшаве. Член Польской академии наук (1966). В 1968 году был избран директором варшавского ИЭБ. Конорский творчески развил ряд аспектов физиологии высшей нервной деятельности Павлова

и подготовил, вместе с параллельно работавшими советскими нейрофизиологами, введение в современную психофизиологию, называемую также когнитивной нейронаукой.

Эксперименты Конорского, Миллера и классический условный рефлекс Павлова

Очень коротко об экспериментах Конорского и Миллера в Варшаве в 1928 году — с какими идеями они приехали к Павлову: звуковое раздражение сопровождали пассивным сгибанием ноги собаки и подкрепляли это движение пищей. В результате таких сочетаний звуковое раздражение стало само по себе вызывать активное сгибание ноги. Позднее в своей монографии Конорский описал более 20 различных вариантов методики (Конорски 1970). Авторы посчитали, что эти рефлексы отличаются от условных рефлексов павловской школы. Павлов настороженно заинтересовался результатами молодых исследователей и с целью проверки и физиологического анализа предпринял ряд исследований, в которые включились и Конорский с Миллером. Опыты с двигательными рефлексами привели к более широкому пониманию классического условного рефлекса Павлова. Тем не менее Конорский всё же считал, что они отличаются от изученных Павловым рефлексов, и дал им своё название — условные рефлексы второго типа.

Научные достижения, включая результаты исследований в лаборатории И. П. Павлова, Конорский обобщил в фундаментальной монографии, высоко оцененной научной общественностью СССР.

Научный редактор монографии акад. П. К. Анохин в предисловии отметил: «Проф. Ю. Конорский — талантливый экспериментатор; его работы широко известны в мировой нейрофизиологии и потому его взгляды и концепции представляют для нас большой интерес. Прежде всего бросается в глаза широта охвата проблемы. В самом деле, с одной стороны, в книге рассмотрен психологический аспект некоторых функций мозга, а с другой — различного рода представления и догадки о нейрофизиологических механизмах этих функций и даже о процессах, протекающих на уровне синапсов... Я не сомневаюсь в том, что монография Ю. Конорского, несомненно, встретит живой отклик у советского читателя и послужит толчком к обсуждению ряда спорных вопросов в этой области исследований. Такая дискуссия приобретает особый интерес потому, что проф. Ю. Конорский, весьма эрудированный физиолог, приводит богатейший материал из самых различных разветвлений той области знаний, которая теперь получила название “науки о нервной системе”. Будем надеяться, что обсуждение проблем, по-новому поставленных в книге Ю. Конорского, послужит творческому развитию дела нашего общего учителя» (Конорский 1970, 5).

В своей монографии Конорский написал: «Хорошо известно, что основоположником синтетического подхода к изучению физиологии больших полушарий головного мозга был И. П. Павлов, который создал в начале нынешнего века новую, до того времени не существовавшую область нейрофизиологии — физиологию высшей нервной деятельности... Наша работа целиком базировалась на идеях И. П. Павлова и на методах, принятых в его лабораториях. Нашей целью было объяснить механизм условного рефлекса второго типа так же, как Павлов объяснил механизм классических условных рефлексов...» (Конорский 1970, 9). Дальнейшее развитие теории условных рефлексов Конорский связывал с именами выдающихся российских физиологов Л. А. Орбели, П. С. Купалова, П. К. Анохина, П. В. Симонова, Э. А. Асратяна.

Конорский о Павлове

Конорский о Павлове в книге «И. П. Павлов в воспоминаниях современников» так отзывался о русском физиологе (Крепс 1967).

«Павлов — учёный и человек. После работы у Павлова в течение двух лет я всё ещё чувствую к нему то же восхищение, которое он вызвал у меня, когда я встретил его в первый раз. И даже больше — это восхищение выросло и стало глубже... Но сказать просто, что он был гением, это означает применить “интеллектуальное сокращение” для того, чтобы бросить общую идею, характеризующую его достижения, и выразить этим все то, что было им сделано для своих современников. Ибо слово “гений” ничего не объясняет, не объясняет, как была произведена его работа и в каких особых качествах сокрыта тайна его уникального положения в науке» (Крепс 1967, 289).

«ИСКУССТВО ХИРУРГА. Чтобы начать с освещения одного из его наиболее поражающих свойств, я хотел бы напомнить, что он был блистательным хирургом... К тому времени (1931), когда я приехал к нему работать, он почти прекратил производить операции сам. Однако мне рассказывали, что следить за его работой во время операции было необычайно интересным жизненным опытом. Его хирургическая чёткость, стиль и безошибочная точность были изумительными...» (Крепс 1967, 290).

«СПОСОБНОСТЬ К РАБОТЕ. Важной чертой личности Павлова была его необыкновенная способность работать. Казалось, что он был совершенно неутомим... Все исследования, проведенные в его лабораториях... производились не только под его непосредственным руководством, но также и при его личном участии» (Крепс 1967, 290–291).

«СВОЙСТВА ЕГО УМА. Разум Павлова был необычайно богатым и многосторонним. Хорошо известно, что работы, сделанные его многочисленными учениками, были вдохновлены и руководились его мыслями и идеями... Дискуссии являлись ежедневным обычаем жизни его лабораторий — они рождали высоко возбуждающую атмосферу для коллективного труда...» (Крепс 1967, 291–292).

«ПАВЛОВ ЧЕЛОВЕК. Я попытался коснуться наиболее характерных черт разума и личности Павлова, которые, по моему убеждению, сделали его гениальным человеком. Я не имею никаких иллюзий о том, что эти черты слишком далеки от полноты и что существуют многие грани его сложной личности, о которых я не упомянул. Я также отдаю себе отчёт в том, что то полотно, на котором я эскизно попытался нарисовать портрет этого великого учёного, может оказаться несколько односторонним, так как я мало внимания уделил Павлову человеку. Из всех черт, которыми я был восхищён в нём,

наиболее привлекали меня его гуманность и простота. Эти качества обнаруживались во всём, что бы он ни делал... Естественное обаяние Павлова, любовь к научной деятельности, которая излучалась его цельной личностью и заражала других его собственным пылом, его мудрость и простота — все эти качества давали ему необычайную власть над всеми, кто вступал с ним в контакт...» (Крепс 1967, 294).

«Неклассические» условные рефлексы и биологическая обратная связь

Практически одновременно с Павловым и Конорским начал свои исследования условных рефлексов (УР) один из учеников Павлова, академик АМН СССР П. С. Купалов (рис. 3).

В 1930-х годах Купалов приступил к разработке чрезвычайно важной в теоретическом и практическом отношении проблемы значения общего функционального состояния или тонуса головного мозга для условно-рефлекторной деятельности. В 1936 году он возглавил Физиологический отдел ИЭМ АМН СССР в Ленинграде. Продолжая работы Павлова и Конорско-

го, Пётр Степанович выдвинул представление об укороченных условных рефлексах двух типов. Вызванное внешними причинами возбуждение коры головного мозга вызывает никак не проявляющееся определённое функциональное состояние нервных центров при отсутствии завершающего эффекторного акта, это — укороченный рефлекс первого типа. Укороченный рефлекс второго типа представляет собой непосредственный результат действия внутренних раздражителей, вызывающего внешнюю реакцию. Укороченные УР дали идеи для управления произвольными движениями животного — стало возможным превратить случайные элементы поведения в активно воспроизводимые акты (Купалов 1963).

Адаптивное биоуправление

Николай Николаевич Василевский (рис. 4), став в 1970 году руководителем отдела экологической физиологии ИЭМ АМН СССР, начал эксперименты с биологической обратной связью. Интересно отметить историческую связь Василевского и Павлова через учителей.



Рис. 3. Пётр Степанович Купалов (1888–1964)
(Источник: https://spbarchives.ru/pavlov_4)

Fig. 3. Pyotr S. Kupalov (1888–1964)
(URL: https://spbarchives.ru/pavlov_4)



Рис. 4. Николай Николаевич Василевский (1931–1996) (фото из архива Н. Б. Суворова)

Fig. 4. Nikolay N. Vassilevsky (1931–1996).
A photograph from N. B. Suvorov's archive

Павлов — учитель Рожанского (рис. 5), русского и советского фармаколога и физиолога, академика АМН СССР, который, в свою очередь, был учителем академика АМН СССР Бирюкова (рис. 6) — учителя чл.-кор. РАМН Василевского.

Под руководством Василевского эксперименты с биологической обратной связью (БОС) проводились на новом технологическом уровне. В книге «Эволюция, экология и мозг» он писал: «Один из путей изучения ... адаптивного поведения мозга связан с так называемыми экспериментами с регулируемой внешней обратной связью, где подача подкрепления поставлена в непосредственную зависимость от динамики амплитудно-частотных параметров нейрофизиологических процессов...» (Василевский 1972, 27).

Разработанные в те годы методики фактически являлись логическим продолжением исследований «неклассических» условных рефлексов. Была доказана возможность путём управляемого биологически значимого (отрицательного) электрокожного подкрепления регулировать частотные параметры (состояния)

корковых нейронов, клеточных популяций, медленной биоэлектрической активности головного мозга.

В 70-х годах прошлого века с участием Василевского проводились эксперименты по управлению состоянием импульсной и медленной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга животных (кролики). Экспериментально было доказано, что за счёт электрокожного раздражения сенсорных входов можно получать состояния избегания подкрепления путём стимуляции межимпульсных интервалов (МИИ) ниже или выше заданного значения (Василевский и др. 1972а) — биологическая обратная связь.

Снижение частоты стимулов происходило одновременно с падением частоты спайков (рис. 7, II). После отмены подкрепления (рис. 7, III) частота нейрональных импульсов постепенно возрастала, также повышалась частота возможных псевдостимулов. Ритмическая стимуляция (рис. 7, К) практически не изменяла частоту спайков корковых нейронов.



Рис. 5. Рожанский Николай Аполлинариевич (1884–1957) (Источник: <https://rostgm.ru/archives/234427>)

Fig. 5. Nikolay A. Rozhansky (1884–1957)
(URL: <https://rostgm.ru/archives/234427>)



Рис. 6. Бирюков Дмитрий Андреевич (1904–1969) (Источник: <https://m.ncpz.ru/sotr/6.php>)

Fig. 6. Dmitry A. Biryukov (1904–1969)
(URL: <https://m.ncpz.ru/sotr/6.php>)

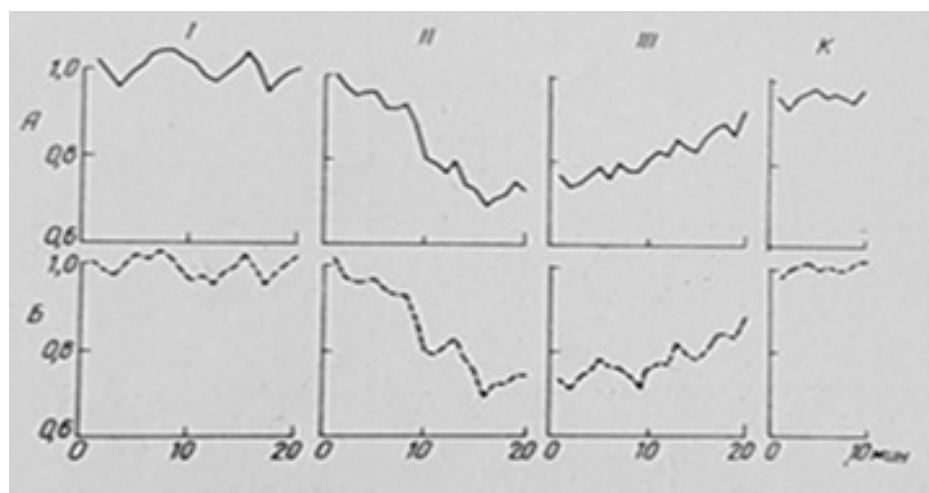


Рис. 7. Подкрепление межимпульсных интервалов длительностью менее 200 мс (Василевский и др. 1972а). А — усреднённая текущая частота электрокожного подкрепления, причём в исходном фоне (I) и после подкрепления (III) это не действующая частота, а её метки (псевдостимулы), Б — усреднённая текущая частота спаек в исходном фоне (I), при управляемом электрокожном подкреплении (II), после подкрепления (III), при ритмическом электрокожном подкреплении (K).

По ординате — время (минуты), по абсциссе — частота в относительных единицах

Fig. 7. Reinforcement of interpulse intervals shorter than 200 ms (Vassilevsky et al. 1972a). A — Averaged current frequency of electrocutaneous reinforcement, showing non-effective frequency markers (pseudo-stimuli) during initial baseline (I) and post-reinforcement (III) periods. Б — Averaged current frequency of adhesions during: initial baseline (I), controlled electrocutaneous reinforcement (II), post-reinforcement (III), rhythmic electrocutaneous reinforcement (K). Ordinate: time (minutes); abscissa: frequency (relative units)

Очевидно, что управляемая электрическая стимуляция меняла функциональное состояние нейрональной активности — происходила минимизация отрицательного воздействия при отсутствии завершающего эффекторного акта (Купалов 1963). Этот же факт можно рассматривать и как один из механизмов адаптивных реакций головного мозга, в частности, условных рефлексов избегания (Конорски 1970).

В другой серии экспериментов исследовали реакции нейронных популяций соматосенсорной коры головного мозга кроликов. Естественное снижение частоты мультиклеточной активности ниже заданной пороговой 50 спайк/с автоматически сопровождалось электрокожной стимуляцией (Василевский и др. 1972b). В исходной фоновой активности наблюдались естественные колебания средней частоты разрядов, и, соответственно, псевдостимулов (рис. 8, А, В, I). Во всех случаях биоуправления с обратной связью имело место повышение частоты разрядов (рис. 8, А, В, II) или минимизация количества электростимулов.

Повторная управляемая стимуляция также повышала частоту мультиклеточной активности (рис. 8, В, II'), в отличие от контрольной ритмической электростимуляции, не связанной с частотными характеристиками мультиклеточ-

ной активности (рис. 8, В, K). По окончании управляемого подкрепления частота разрядов постепенно снижалась, минимизация отрицательного фактора «не требовалась» (рис. 8, В, III, III').

Таким образом, было доказано, что сдвиги частоты разрядов корковых нейронных популяций возможны в сторону и повышения, и понижения. Работают условно-рефлекторные механизмы, основанные на временной синхронизации определённых внутренних состояний нейрональной активности головного мозга или его отдельных структур с моментами выключения/включения стимуляции.

Справедливости ради, надо отметить вклад зарубежных учёных, работавших в этом направлении, определённом на Западе как «инструментальные условные рефлексы», — Н. Миллер, Дж. В. Басмаджан, Дж. Олдс, Л. В. Ди Кара, В. Вырвица, М. Б. Стерман, Дж. Кимбл и др.

В дальнейших исследованиях с биологической обратной связью (БОС) подача биологически значимого подкрепления была поставлена в зависимость от частотно-амплитудных параметров биопотенциалов мозга. Эндогенные колебания текущей частоты разрядов нейронных популяций имеют ритмические и десинхронизированные составляющие. Подкрепляя колебательные

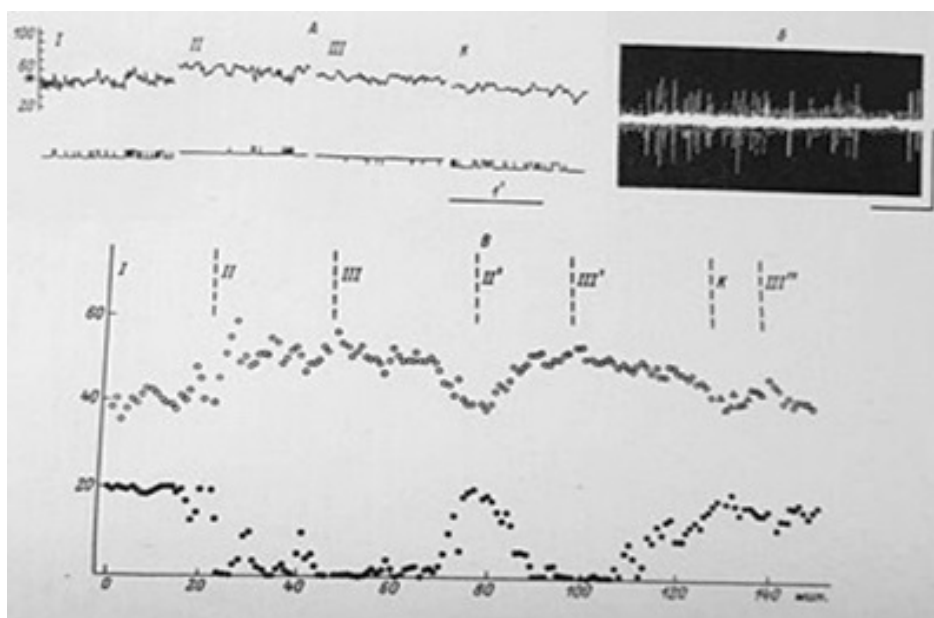


Рис. 8. Динамика адаптивного повышения частоты мультиклеточной активности (Василевский и др. 1972b). А — частота разрядов, значение пороговой частоты помечено на шкале «звёздочкой», ниже — отметки стимулов (вверх) и псевдостимулов (вниз). Б — осциллограмма фрагмента мультиклеточной активности. В — частота разрядов и стимулов (псевдостимулов) на нижней кривой. I — исходный фон, II — управляемая стимуляция частоты разрядов ниже 50 спайк/с (время усреднения 1 минута), III — последствие, II' — повторная управляемая стимуляция, III' — после повторной управляемой стимуляции, К — контрольная неуправляемая стимуляция, III'' — фоновая активность после контрольной электростимуляции

Fig. 8. Dynamics of adaptive changes in multicellular activity frequency (Vassilevsky et al. 1972b). А — frequency, threshold frequency indicated by asterisk stimulus markers (upper trace) and pseudo-stimuli markers (lower trace) shown below. Б — oscillogram fragment of multicellular activity. В — discharge frequency with stimuli/pseudo-stimuli markers (lower trace). Experimental phases: I — baseline; II — controlled stimulation <50 spikes/s, (1-min averaging); III — post-stimulation; II' — repeated controlled stimulation; III' — post-repeated stimulation; К — uncontrolled control stimulation; III'' — post-control stimulation baseline

либо десинхронизированные формы нейрональной активности, можно формировать / воспроизводить состояния ритмических или, наоборот, квазислучайных паттернов импульсации нейронных популяций. В обоих случаях внешние реакции (эффекторный выход) отсутствовали (Василевский и др. 1972с).

Позднее были проведены хронические эксперименты по управлению пищевым поведением кошек путём изменения состояния медленной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга с наличием эффекторного (поведенческого) выхода (Суворов и др. 1979). Случайное появление сенсомоторного ритма в электрокортикограмме (ЭКоГ) автоматически сопровождалось появлением капель молока в поилке. Десятипятнадцатиминутные опыты продолжались ежедневно в течение нескольких дней. В результате сенсомоторный ритм в ЭКоГ становился преобладающим — имела место «максимизация» положительного подкрепления.

Психофизиологические методы реабилитации на основе адаптивного биоуправления

В 1980-х годах в исследованиях происходил очень осторожный и ответственный переход от животных к человеку. Необходимо было найти такие виды преобразования физиологических функций в адекватные и информативные сенсорные образы (зрительные, звуковые и др.), которые были бы понятны испытуемым и не вызывали бы отрицательных эмоций, которые резко снижают интерес и мотивированность испытуемых. Управление состоянием собственной физиологической функции выходило на этап осознанных действий испытуемого. Идеи и впечатляющие результаты нейрофизиологов-предшественников в нашей стране и за рубежом были учтены и использованы в адаптивной биотехнической системе с биологической обратной связью — аппаратно-программном комплексе (АПК). АПК был предназначен для

разработки технологий психофизиологической поддержки стандартной терапии и реабилитационных мероприятий. Большинство физиологических функций характеризуются сменой двух основных состояний (возбуждение — торможение). Дыхание (вдох — выдох) является одной из важнейших и древнейших функций живых систем — ритмы сердца, гемодинамики, церебральных ганглиев формировались при участии дыхания. Ритм дыхания легко управляется человеком в отличие от ритма сердца, и, в свою очередь, влияет на сердечный ритм. Это свойство можно использовать, предложив испытуемому дыханием модулировать ритм своего сердца, так как в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами при вдохе пульс растёт, при выдохе — снижается. Этот факт был использован при разработке аппаратно-программного комплекса «Кардиотренинг» с адаптивной биологической обратной связью с подробным описанием методики (Суворов 1998; Ярмош и др. 2012). Знакопеременный кардиореспираторный тренинг (КРТ) направлен на усиление ритмического взаимодействия дыхательной и кардиоваскулярной систем и расширение диапазона симпатовагусных влияний на синусовый узел (Ярмош и др. 2012). С помощью АПК со встроенным адаптивным программным модулем осуществляют попеременную тренировку симпатических и парасимпатических механизмов кардиоваскулярной системы, расширяя динамический диапазон регуляторных процессов в других системах организма.

Развитие и создание новых вариантов психофизиологических методик, длительные испытания привели к осознанию того, что сочетание традиционных методов лечения с БОС-управлением постепенно входит в практику профилактической, стационарной, амбулаторной медицины и реабилитации. Процедуры БОС благоприятно действуют не только на управляемую функцию, но и опосредованно на ряд других функциональных систем, в том числе, на ритмы головного мозга. Метод отличается отсутствием фармакологических воздействий и полная неинвазивность. Важно подчеркнуть, что пациентов можно легко заинтересовать, мотивировать, поскольку процедура БОС-тренинга имеет игровой соревновательный характер. В АПК использовано визуальное предъявление в реальном времени графической информации в виде собственной кардиоритмограммы пациента (испытуемого) и целевой гармонической функции (ЦФ) для синхронизации дыхательных движений с ко-

лебаниями сердечного ритма пациента. На фоне релаксации пациенту предлагали спокойно дышать таким образом, чтобы на восходящей волне ЦФ делался вдох, а на нисходящей — выдох. Внимание пациента обращалось на зависимость флуктуаций кардиоритмограммы от периодичности и амплитуды дыхания. В адаптивном программном модуле АПК формировались параметры целевой функции КРТ, причём для каждой последующей пробы сеанса они автоматически изменялись в соответствии с результатами амплитудно-частотного анализа предыдущей пробы кардиоритмограммы.

Конечным результатом КРТ считалось устойчивое восстановление кардиореспираторной синхронизации (КРС) с максимальным коэффициентом корреляции между кардиоритмограммой и ЦФ. Эта частотная составляющая является индивидуальной характеристикой пациента и названа собственной гармоникой.

Положительные результаты применения цикла КРТ, полученные при реабилитации больных, страдающих головными болями напряжения, бронхиальной астмой, нейроциркуляторной дистонией гипертензивного, гипотензивного и нормотензивного типов с кардиальным, астено-невротическим, вазомоторным (церебральным) синдромом и синдромом респираторных расстройств, больных после инфаркта миокарда (в сочетании со стандартным лечением), сохранялись в течение года и более. Технологии с адаптивной обратной связью применимы в любом сознательном возрасте.

КРТ на фоне стандартной терапии у больных с неосложнённым течением инфаркта миокарда (ИМ) в ранние сроки (с 6–10 суток) является безопасным методом реабилитации. После проведения цикла КРТ у больных росла вариабельность сердечного ритма (ВСР) за счёт повышения парасимпатической активности и снижения симпатического тонуса автономной нервной системы (Ярмош и др. 2012). Наблюдалось формирование (восстановление) кардиореспираторной синхронизации и собственной гармонии. Положительные изменения вариабельности сердечного ритма сохранялись и через шесть месяцев, и через год.

Применение циклов КРТ у больных ИМ на фоне стандартной медикаментозной терапии облегчает течение заболевания и приводит к снижению уровня тревожности и депрессии. Больные контрольной группы КРТ не получали.

Сочетание кардиореспираторного биоуправления и сеансов колебательных постуральных воздействий (ПВ) применялось для реабилитации лиц, находящихся в состоянии

психофизиологического напряжения, стресса. Это потребовало соответствующих дополнений в методику с учётом реабилитационных возможностей колебательных постуральных воздействий и технических особенностей поворотного стола, включённого по информационным и исполнительным каналам в аппаратно-программный комплекс (Сергеев и др. 2024).

Колебательные ПВ могут положительно влиять на симпатический и парасимпатический отделы автономной нервной системы, систему кровообращения путём подбора индивидуальных для конкретного пациента частоты и амплитуде качаний, углах наклона ложа стола и при ортостазе, и при антиортостазе.

При проведении сеансов психофизиологической реабилитации параметры колебаний (качаний) стола, на ложе которого расположен испытуемый, определялись частотой (периодом) собственной гармоникой, полученной в результате цикла КРТ (Суворов и др. 2025).

Пациента располагают на ложе поворотного стола в горизонтальном положении с дистально фиксированными конечностями. Пациент самостоятельно не имеет возможности перемещения в пространстве и удержания веса собственного тела, то есть находится в относительно пассивном состоянии. Перед началом сеанса качаний пациенту объясняют суть и смысл предстоящей процедуры ритмичных колебаний стола. Пациент должен делать вдох во время движения стола в ортостатическом направлении, а выдох — при движении в антиортостатическом направлении. Частоту качаний выставляют равной периоду собственной гармоникой — обычный диапазон 4–12 секунд. Угол наклона ложа до 5–10 градусов. Пациента просят закрыть глаза, максимально расслабиться, начинают сеанс, включают режим качания и качают 2–3 минуты — продолжительность одной пробы, делают минутный перерыв, снова качают 2–3 минуты, минутный перерыв и т. д. Сеанс качания продолжают до получения устойчивой КРС (собственной гармоникой) на протяжении трёх проб, но не более 30–40 минут, останавливают качания в горизонтальном положении пациента. В состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами проверяют наличие собственной гармоникой, сеанс заканчивают. Частоту сердечных сокращений, кардиоритмограмму, поударное синхронно с каждым сердечным выбросом артериальное давление регистрируют на протяжении всего сеанса. Повторно проводят психологическое тестирование по шкале стрес-

са, тревоги и депрессии для сравнения показателей. При необходимости сеансы повторяют. Ниже приводится один из примеров использования сочетания кардиореспираторного тренинга и колебательного постурального воздействия для реабилитации лиц, находящихся в состояниях повышенной тревожности, психофизиологического напряжения, стресса.

Пациент С. Е. А., 25 лет, обратился с жалобами на повышенную тревожность из-за периодических приступов страха совершить ошибку, даже в повседневных делах (поход в магазин, прогулка с собакой). Тревога сопровождалась сердцебиением, тремором рук, учащением дыхания, невозможностью переключить мысли с объекта страха. Беспокоили назойливые мысли и неприятные воспоминания, при этом сон не нарушался. Данная симптоматика беспокоит с 2022 года после череды психотравмирующих событий: смерти двух близких людей, внезапной болезни любимой собаки. К психоневрологу не обращался, медикаментозные препараты самостоятельно не принимал. В анамнезе отсутствуют указания на органическую патологию кардиоваскулярной, дыхательной и нервной систем, однако со школьного возраста беспокоят головные боли, сопровождающиеся повышенной чувствительностью к звукам и свету.

Тестирование по шкале DASS-21 (Lovibond, Lovibond 1995) выявило высокий уровень дистресса (31 балл) за счёт высокого уровня стресса (14 баллов), сильного беспокойства по шкале тревоги (9 баллов) и умеренного уровня депрессии (8 баллов). Исходные характеристики кардиоваскулярной системы представлены на рисунке 9.

Исходные цифры до начала кардиореспираторного тренинга: ЧСС — 91 уд/мин, SDNN — 20 мс, АД — 140/90 мм рт. ст., индекс вегетативного равновесия (ИВР) — 637 (напряжение, доминирование симпатического отдела автономной нервной системы). По окончании КРТ в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами: ЧСС — 83, АД — 130/80, выявленная частота собственной гармоникой 0,12–0,13 Гц или период — 7,5–8,5 секунд.

Сразу после цикла КРТ было проведено четыре сеанса колебательных постуральных воздействий. Режим качаний — из горизонтального положения в ортостатическое (вдох) и обратно (выдох). Угол наклона ложа составлял 4 градуса, период качаний — 7,5–8,5 с. Изменения характеристик кардиоваскулярной системы представлены на рисунке 10.

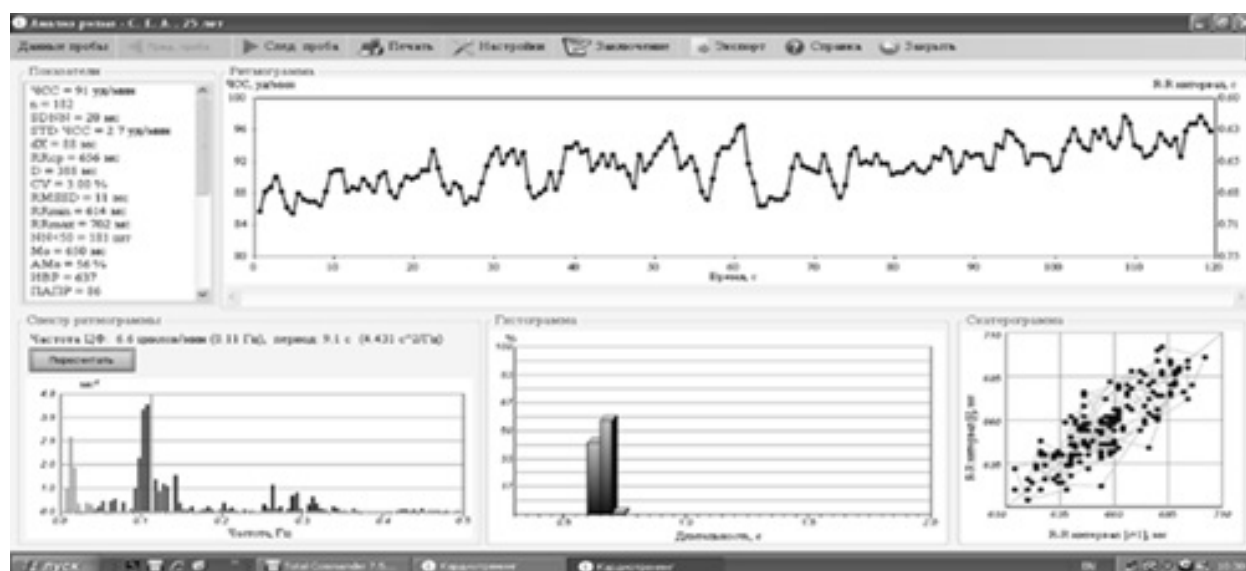


Рис. 9. Кардиоритмограмма (КРГ) и параметры сердечно-сосудистой системы пациента С. Е. А. до начала цикла биологической обратной связи (Суворов и др. 2025). Вверху — кардиоритмограмма. Нижний ряд — частотный спектр КРГ, распределение RR-интервалов, скаттерграмма (the Poincaré plot)

Fig. 9. Cardiovascular parameters and cardiorythmogram (CRG) of patient S. E. A. during pre-biofeedback baseline assessment (Suvorov et al. 2025). Upper panel: raw cardiorythmogram trace. Lower panels (left to right): CRG frequency spectrum, RR interval distribution histogram, and Poincaré plot (scattergram)

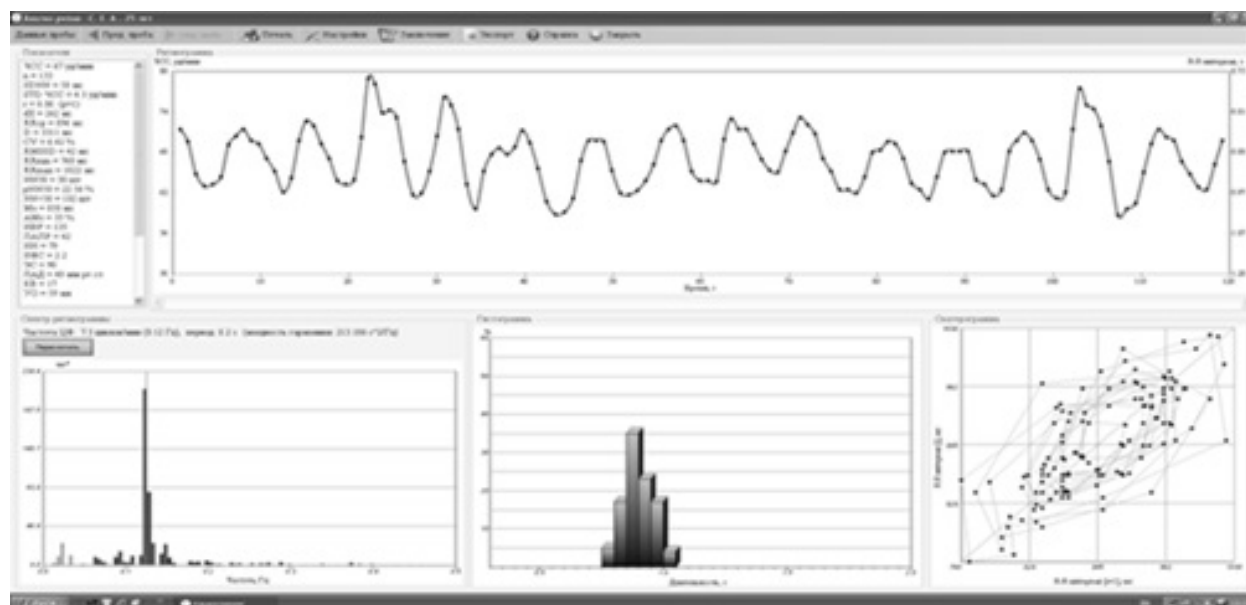


Рис. 10. Кардиоритмограмма и параметры сердечно-сосудистой системы пациента С. Е. А. после сеансов постуральных воздействий (Суворов и др. 2025). Обозначения те же, что на рис. 9

Fig. 10. Cardiovascular parameters and cardiorythmogram (CRG) of patient S. E. A. following postural intervention sessions (Suvorov et al. 2025). Panel configuration and annotations correspond to Fig. 9

По окончании постуральных воздействий: ЧСС — 67 уд/мин, SDNN — 58 мс, АД — 125/75, ИВР — 135 (норма, вегетативный баланс).

Тестирование по шкале DASS-21: низкий уровень стресса (8 баллов), тревога — умеренное

беспокойство (6 баллов), низкий уровень депрессии (5 баллов), низкий уровень дистресса (19 баллов).

Приведённый пример применения сочетания БОС и ПВ методик показывает, что объективно

измеренные физиологические параметры, сравнение анкет до и после процедур, результаты психологического тестирования испытуемых (пациентов) указывают на положительный эффект разработанной технологии психофизиологической реабилитации постстрессовых состояний.

Заключение

Системный подход и физиологический анализ разнообразия условных рефлексов, изученных в последние 100 лет, привели к созданию высокотехнологичной, наукоёмкой, экологически безопасной технологии, основанной на психофизиологической коррекции ритмов автономной нервной системы и головного мозга за счёт непрерывно поступающей информации о состоянии управляемой функции пациента (испытуемого).

Современные представления о биологической обратной связи, реализуемой в методике кардиореспираторного тренинга, являются творческим развитием идей, выдвинутых Ю. М. Конорским и, конечно, руководителем Физиологического отдела им. И. П. Павлова ИЭМ АМН СССР Купаловым и реализованных под руководством Н. Н. Василевского.

Внешний раздражитель в виде предъявляемой на мониторе целевой функции и/или собственной кардиоритмограммы стимулирует изменение паттерна дыхания с достижением кардиореспираторной синхронизации на индивидуальной частоте. Это сопровождается изменением функционального состояния (ФС) головного мозга. ФС начинается с воспроизведения сохранённого в памяти паттерна дыхания — чередование вдохов и выдохов совпадает с колебательными движениями стола, гармонизирует взаимодействие кардиореспираторной и вегетативной систем с эффектом релаксации, что приводит к снижению ЧСС и нормализации АД — это объективно регистрируемый завершающий результат.

Сочетание кардиореспираторного биоуправления с обратной связью колебательного характера и колебательных постуральных воздействий рассматривается как один из возможных высокотехнологичных способов психофизиологической постстрессовой реабилитации, поддержки стандартной терапии при восстановлении функционального состояния человека при нарушениях различного характера, после физических и умственных перегрузок; профессионального отбора лиц, связанных с экстремальными видами деятельности, а также как дополнительный

способ релаксации после спортивных перегрузок у профессиональных спортсменов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Соответствие принципам этики

Проведённые исследования соответствуют стандартам Хельсинской декларации, одобрены локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт экспериментальной медицины». Все лица, принимавшие участие в исследованиях, подписали письменное информированное добровольное согласие.

Ethics Approval

The study protocol was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki and received approval from the Institutional Ethics Committee of the Institute of Experimental Medicine. Written informed consent was obtained from all participants prior to their inclusion in the study.

Вклад авторов

а. Суворов Николай Борисович — научное руководство, разработка методов исследований, описание исторической части работы и современных авторских результатов;

б. Сергеев Тимофей Владимирович — проведение исследований, обработка и анализ данных, доработка текста;

в. Агапова Елизавета Александровна — проведение исследований, обработка и анализ данных, доработка текста.

Author Contributions

a. Nikolay B. Suvorov — conceptualization, methodology, historical analysis, and interpretation of results;

b. Timofey V. Sergeev — investigation, data curation, formal analysis, and manuscript preparation;

c. Elizaveta A. Agapova — investigation, data curation, and manuscript editing.

Благодарности

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам лаборатории физиологии биоуправления за помощь в проведении исследований.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the valuable contributions of all colleagues in the Biofeedback Physiology Laboratory for their assistance throughout this research project.

Литература

- Василевский, Н. Н. (ред.). (1972) *Эволюция, экология и мозг*. Л.: Медицина, 312 с.
- Василевский, Н. Н., Трубачев, В. В., Суворов, Н. Б. (1972a) Изменения импульсной активности корковых нейронов при избирательном подкреплении выбранного диапазона их межимпульсных интервалов. *Нейрофизиология*, т. 4, № 4, с. 339–348.
- Василевский, Н. Н., Суворов, Н. Б., Трубачев, В. В. (1972b) Выработка устойчивых изменений частоты разрядов корковых нейронных популяций. *Физиологический журнал СССР имени И. М. Сеченова*, т. 58, № 5, с. 639–646.
- Василевский, Н. Н., Суворов, Н. Б., Трубачев, В. В. (1972c) Устойчивые изменения частоты и синхронности разрядов корковых нейронных популяций в экспериментах с обратной связью. *Доклады Академии наук СССР*, т. 206, № 2, с. 510–512.
- Конорский, Ю. (1970) *Интегративная деятельность мозга*. М.: Мир, 412 с.
- Крепс, Е. М. (ред.). (1967) *И. П. Павлов в воспоминаниях современников*. Л.: Наука, 384 с.
- Купалов, П. С. (1963) Учение о рефлексе и рефлекторной деятельности и перспективы его развития. В кн.: П. Н. Федосеев (ред.). *Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии*. М.: Академия наук СССР, с. 106–155.
- Сергеев, Т. В., Суворов, Н. Б., Тихоненкова, О. В., Анисимов, А. А. (2024) Многоцелевой медицинский аппаратно-программный комплекс. *Биомедицинская радиоэлектроника*, т. 27, № 1, с. 27–35. <https://doi.org/10.18127/j15604136-202401-04>
- Суворов, Н. Б. (1998) Адаптивные системы знакопеременного биоуправления. В кн.: Р. М. Юсупов, Р. И. Полонников (ред.). *Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века*. СПб.: Анатолия, с. 253–272.
- Суворов, Н. Б., Урьяш, В. В., Катинас, В. Я. (1979) Адаптивная модификация нейрофизиологических и вегетативных процессов при положительном пищевом и отрицательном вкусовом автоподкреплении. *Физиологический журнал СССР имени И. М. Сеченова*, т. 65, № 10, с. 1431–1440.
- Суворов, Н. Б., Сергеев, Т. В., Агапова, Е. А., Анисимов, А. А. (2025) *Способ реабилитации человека, находящегося в состоянии психофизиологического напряжения*. Патент RU2833544C2. Дата регистрации 23.01.2025. Выдано Роспатентом.
- Ярмош, И. В., Суворов, Н. Б., Болдуева, С. А. (2012) *Способ коррекции вегетативного баланса у больных инфарктом миокарда*. Патент RU2465816C2. Дата регистрации 02.02.2011. Выдано Роспатентом.
- Lovibond, S. H., Lovibond, P. F. (1995) *Manual for the depression anxiety stress scales*. 2nd ed. Sydney: Psychology Foundation of Australia Publ., 42 p.

References

- Jarmosh, I. V., Suvorov, N. B., Boldueva, S. A. (2012) *Sposob korrektsii vegetativnogo balansa u bol'nykh infarktom miokarda [Method for vegetative balance correction in patients with acute myocardial infarction]*. Patent RU2465816C2. Register date 02.02.2011. Granted by Rospatent. (In Russian)
- Konorski, J. (1970) *Integrativnaya deyatel'nost' mozga [Integrative activity of the brain]*. Moscow: Mir Publ., 412 p. (In Russian)
- Kreps, E. M. (ed.). (1967) *I. P. Pavlov v vospominaniyakh sovremennikov [I. P. Pavlov in the memories of his contemporaries]*. Leningrad: Nauka Publ., 384 p. (In Russian)
- Kupalov, P. S. (1963) Uchenie o refleksе i reflektornoj deyatel'nosti i perspektivy ego razvitiya [The doctrine of the reflex and reflex activity and the prospects for its development]. In: P. N. Fedoseev (ed.). *Filosofskie voprosy fiziologii vysshej nervnoj deyatel'nosti i psikhologii [Philosophical problems of the physiology of higher nervous activity and psychology]*. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ., pp. 106–155. (In Russian)
- Lovibond, S. H., Lovibond, P. F. (1995) *Manual for the depression anxiety stress scales*. 2nd ed. Sydney: Psychology Foundation of Australia Publ., 42 p. (In English)
- Sergeev, T. V., Suvorov, N. B., Tikhonenkova, O. V., Anisimov, A. A. (2024) *Mnogotsелеvoj meditsinskij apparatno-programmnyj kompleks [Multipurpose medical hardware-software complex]*. *Biomeditsinskaya radioelektronika — Biomedical Radioelectronics*, vol. 27, no. 1, pp. 27–35. <https://doi.org/10.18127/j15604136-202401-04> (In Russian)

- Suvorov, N. B. (1998) Adaptivnye sistemy znakoperemennogo bioupravleniya [Adaptive systems of alternating biocontrol]. In: R. M. Yusupov, R. I. Polonnikov (eds.). *Telemeditsina. Novye informatsionnye tekhnologii na poroge XXI veka* [Telemedicine. New information technologies on the threshold of the XXI century]. Saint Petersburg: Anatoliya Publ., pp. 253–272. (In Russian)
- Suvorov, N. B., Uriash, V. V., Katinas, V. Ya. (1979) Adaptivnaya modifikatsiya neyrofiziologicheskikh i vegetativnykh protsessov pri polozhitel'nom pishchevom i otritsatel'nom vkusovom avtopodkreplenii [Adaptive modification of neurophysiological and vegetative processes on positive food and negative taste autoreinforcement]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR imeni I. M. Sechenova* — *Sechenov Physiological Journal of the USSR*, vol. 65, no. 10, pp. 1431–1440. (In Russian)
- Suvorov, N. B., Sergeev, T. V., Agapova, E. A., Anisimov, A. A. (2024) *Sposob reabilitatsii cheloveka, nakhodyashchegosya v sostoyanii psikhofiziologicheskogo napryazheniya* [Method for rehabilitation of person in state of psychophysiological stress]. Patent RU2833544C2. Register date 23.01.2025. Granted by Rospatent. (In Russian)
- Vassilevsky, N. N. (ed.). (1972) *Evolutsiya, ekologiya i mozg* [Evolution, ecology and the brain]. Leningrad: Meditsina Publ., 312 p. (In Russian)
- Vassilevsky, N. N., Trubachev, V. V., Suvorov, N. B. (1972a) Izmeneniya impul'snoj aktivnosti korkovykh neuronov pri izbiratel'nom podkreplenii vybrannogo diapazona ikh mezhimpul'snykh intervalov [Changes in the impulse activity of cortical neurons during selective reinforcement of a selected range of their interpulse intervals]. *Neyrofiziologiya*, vol. 4, no. 4, pp. 339–348. (In Russian)
- Vassilevsky, N. N., Suvorov, N. B., Trubachev, V. V. (1972b) Vyrabotka ustojchivykh izmenenij chastoty razryadov korkovykh neuronnykh populyatsij [Development of stable changes in the discharge frequency of cortical neuronal populations]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR imeni I. M. Sechenova* — *Sechenov Physiological Journal of the USSR*, vol. 58, no. 5, pp. 639–646. (In Russian)
- Vassilevsky, N. N., Suvorov, N. B., Trubachev, V. V. (1972c) Ustojchivye izmeneniya chastoty i sinkhronnosti razryadov korkovykh neuronnykh populyatsij v eksperimentakh s obratnoj svyaz'yu [Stable changes in the frequency and synchronicity of discharges of cortical neuronal populations in experiments with feedback]. *Doklady Akademii nauk SSSR* — *Proceedings of the USSR Academy of Sciences*, vol. 206, no. 2, pp. 510–512. (In Russian)