Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14
УДК 612.172.2 + 612.858.75 + 615.851

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14
UDC 612.172.2 + 612.858.75 + 615.851

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА АКУСТИЧЕСКИМИ СТИМУЛАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЕНТНОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

М.А. Попова, А.Ю. Гацко
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Понимание механизмов немедикаментозной модуляции вегетативного баланса важно для коррекции стресса и психосоматических расстройств. Цель работы: систематизировать современные представления о нейрофизиологических механизмах модуляции вегетативной регуляции сердца акустическими стимулами различной эмоциональной валентности. ***Методы.*** Проведен теоретический анализ научных публикаций по проблеме в электронных базах PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary с глубиной поиска 15 лет. ***Результаты.*** На основе анализа современных исследований выявлены два ключевых нейронных пути обработки эмоциональной окраски звука: быстрый подсознательный (таламус → миндалина) и медленный осознанный (слуховая кора → префронтальная кора). Показано, что вегетативный эффект (симпатическая/парасимпатическая активация), опосредованный гипоталамусом и стволовыми структурами, объективно отражается в динамике вариабельности сердечного ритма. Установлена корреляция между акустическими параметрами (темп, гармония) и направленным сдвигом вегетативного баланса. Составлена сводная таблица влияния разных типов стимулов (музыка, природные звуки, бинауральные ритмы, автономная сенсорная меридиональная реакция) на вегетативную нервную систему и вариабельность сердечного ритма. ***Заключение.*** Акустические стимулы модулируют вегетативную регуляцию через нейросеть эмоциональной обработки, что подтверждается изменениями вариабельности сердечного ритма и формирует основу для разработки персонализированных протоколов музыкальной терапии и управления стрессом.
Ключевые слова: вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, акустические стимулы, эмоциональная валентность, музыкальная терапия, нейрофизиология слуха.

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF MODULATING CARDIAC AUTONOMIC REGULATION BY ACOUSTIC STIMULI OF DIFFERENT EMOTIONAL VALENCE (LITERATURE REVIEW)

M.A. Popova, A.Yu. Gatsko
Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Understanding the mechanisms of non-pharmacological modulation of autonomic balance is important for correcting stress and psychosomatic disorders. The aim is to systematize current knowledge on the neurophysiological mechanisms of modulating cardiac autonomic regulation by acoustic stimuli of varying emotional valence. ***Methods.*** A theoretical analysis of scientific publications on the topic was conducted using the online databases PubMed, Scopus, Google Scholar, and eLibrary, with a search depth of 15 years. ***Results.*** The analysis of contemporary research identified two key neural pathways for processing the emotional coloring of sound: a fast subconscious pathway (thalamus → amygdala) and a slow conscious pathway (auditory cortex → prefrontal cortex). It is shown that the autonomic effect (sympathetic/parasympathetic activation), mediated by the hypothalamus and brainstem structures, is objectively reflected in the dynamics of heart rate variability. A correlation between acoustic parameters (tempo, harmony) and a directed shift in autonomic balance has been established. A summary table of the influence of different types of stimuli (music, natural sounds, binaural beats, Autonomous Sensory Meridian Response) on the autonomic nervous system and heart rate variability has been compiled. ***Conclusion.*** Acoustic stimuli modulate autonomic regulation through the emotional processing neural network, which is confirmed by changes in heart rate variability and forms the basis for developing personalized music therapy and stress management protocols.
Keywords: autonomic nervous system, heart rate variability, acoustic stimuli, emotional valence, music therapy, neurophysiology of hearing.

Введение. С древних времен музыка и другие акустические стимулы использовались для воздействия на эмоциональное состояние человека. Однако только в последние десятилетия благодаря развитию современных методов нейровизуализации и физиологического мониторинга стала раскрываться сложная картина того, как именно звуковые волны трансформируются нервной системой в мощные модуляторы вегетативных функций организма. Вегетативная нервная система, выступая в роли дирижера внутренних органов, контролирует частоту сердечных сокращений, артериальное давление, пищеварение и другие непроизвольные процессы. Ее баланс между симпатическим (активирующим, «бей или беги») и парасимпатическим (восстанавливающим, «отдых и переваривание») отделами является критическим маркером здоровья и адаптации. Актуальность данной темы подчеркивается растущим объемом исследований, направленных на разработку немедикаментозных, основанных на звуке, методов коррекции стресса, тревожных расстройств и психосоматических заболеваний [1, 2].

Методы и организация исследования. Проведен теоретический анализ научных публикаций по данным электронных баз PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary с глубиной поиска 15 лет. Критериями включения статей в обзор были выбраны ключевые слова: вегетативная нервная система (ВНС), вариабельность сердечного ритма (ВСР), акустические стимулы, эмоциональная валентность, музыкальная терапия, нейрофизиология слуха. Подробный анализ отобранных публикаций осуществляли на основе соответствия цели данного обзора по систематизации современных представлений о физиологических механизмах, посредством которых акустические стимулы различного эмоционального содержания модулируют вегетативную регуляцию, с фокусом на объективных показателях, таких как ВСР.

Результаты исследования и их обсуждение. Восприятие и обработка акустической информации – это многоуровневый процесс, начинающийся в периферическом отделе слухового анализатора и завершающийся в высших корковых и подкорковых центрах мозга, ответственных за эмоции и вегетативный контроль. Слуховой путь характеризуется многократным расщеплением и параллельной обработкой информации, что обеспечивает как быстрое реагирование на потенциально значимые стимулы, так и глубокий когнитивно-эмоциональный анализ [3, 4].

Нейрофизиологические основы слухового восприятия и эмоциональной обработки.

Иерархическая обработка звука: от ствола мозга до коры. Первичное преобразование звуковых колебаний происходит в улитке, откуда сигнал по слуховому нерву поступает в ядра ствола мозга (кохлеарные и верхние оливарные ядра), где происходит бинауральный анализ, важный для локализации звука. Далее информация передается в нижние бугорки четверохолмия среднего мозга и медиальное коленчатое тело таламуса, выполняющего роль главного сенсорного реле [3]. Уже на этих подкорковых уровнях происходит предварительный фильтр значимости акустических событий. Окончательный анализ физических параметров звука (частота, интенсивность, тембровая окраска) осуществляется в первичной и вторичной слуховой коре височных долей. Специфичность восприятия сложных звуковых параметров, таких как ритм и тембр, а также их эмоциональной валентности обеспечивается работой отдельных нейронных популяций в слуховой коре и связанных с ней структурах [4]. Долговременное музыкальное обучение может индуцировать нейропластические изменения в этих областях, повышая их эффективность и детализацию анализа.

Двойной путь обработки эмоциональной окраски и его нейрохимический субстрат. Ключевую роль в формировании эмоционального ответа на звук играют подкорковые структуры лимбической системы.

Быстрый, подсознательный путь: акустическая информация от таламуса по прямому экстралемнисковому пути проецируется в миндалину (амигдалу) – центральный узел эмоциональной памяти и

реакции на значимые, особенно угрожающие, стимулы [5]. Миндалина мгновенно оценивает звук на предмет потенциальной угрозы или безопасности, инициируя через связи с гипоталамусом и околоводопроводным серым веществом соответствующие вегетативные и поведенческие сдвиги еще до осознания услышанного. Вовлечение амигдалы обеспечивает усиление восприятия эмоционально значимых событий и является ключевым звеном нейросети, обрабатывающей эмоции, вызванные музыкой [6].

Медленный, осознанный путь: параллельно, по классическому лемнисковому пути, информация достигает слуховой коры для детального анализа. Обработанные данные затем передаются в префронтальную кору (орбитофронтальную и вентромедиальную), островковую кору и прилежащее ядро (центр «вознаграждения»), где происходит окончательная эмоциональная и когнитивная оценка музыки, формирование субъективного переживания удовольствия или отвращения [7, 8]. Характер акустического стимула (его тембр, ритм, гармония) детерминирует нейронную реакцию, причем валентность и интенсивность эмоции кодируются разными нейронными цепями [4, 6].

Нейрохимическим субстратом положительного эмоционального ответа является активация мезолимбической дофаминергической системы, в особенности при ожидании и наступлении кульминационных моментов музыки («мурашки»), а также эндогенной опиоидной системы [7, 9]. Это создает ощущение награды и напрямую, через нисходящие проекции, модулирует активность вегетативных центров ствола мозга, в первую очередь ядра блуждающего нерва. Общая взаимосвязь между музыкой и функцией ВНС, включая ее дисфункцию, подробно рассмотрена в работах Ellis & Thayer [10] и Mojtabavi et al. [11]. В противоположность этому, негативно валентные или диссонантные звуки активируют нейронные цепи, связанные с отвращением и тревогой, что ведет к активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, повышению уровня кортизола и симпатического тонуса [12, 13].

Влияние различных типов акустических стимулов на вегетативный баланс и роль ритмической синхронизации. Эмпирические исследования демонстрируют четкую дифференциацию физиологических эффектов в зависимости от акустических и эмоциональных характеристик стимула. Одним из базовых механизмов влияния музыки, особенно с выраженным ритмом, является ритмическая синхронизация (entrainment) – способность ритмических паттернов внешнего стимула синхронизировать внутренние биологические ритмы, такие как частота сердечных сокращений (ЧСС) и дыхания. Быстрый темп (например, >100 ударов в минуту) может «увлекать» за собой сердечный ритм, вызывая его учащение и повышая симпатическую активность, в то время как медленный темп (50-70 ударов в минуту), близкий к частоте покоя сердца и дыхания, способствует синхронизации на более низком уровне, усиливая парасимпатический тонус и дыхательную синусовую аритмию, что отражается в росте высокочастотного компонента ВСР [8, 14].

Музыкальные параметры и вегетативный ответ: от акустических признаков к физиологическому сдвигу.

Темп, ритм и динамика. Исследования последовательно подтверждают, что быстрая, громкая музыка с акцентированным ритмом (например, хэви-метал, техно, энергичная поп-музыка) закономерно вызывает усиление симпатической активности. Это проявляется в учащении сердечного ритма (ЧСС), повышении систолического артериального давления и снижении общей вариабельности сердечного ритма (SDNN) – интегрального маркера напряжения регуляторных систем [12, 14]. Такой ответ эволюционно схож с реакцией на мобилизующие стимулы. Однако важно отметить, что даже в рамках возбуждающей музыки присутствует значительная вариативность, связанная с личным восприятием.

Мелодия, гармония и тембр. Противоположный, релаксирующий эффект

ассоциирован с медленной, тихой музыкой, характеризующейся плавной мелодической линией, консонантными гармониями (преобладание мажорных или мягких минорных аккордов) и теплым, «округлым» тембром (классика периода барокко и романтизма, эмбиент, некоторые жанры акустического фолка) [8]. Подобные стимулы активируют парасимпатический отдел ВНС, что приводит к урежению ЧСС, углублению и замедлению дыхания и, что наиболее показательно, к увеличению ВСР, особенно ее высокочастотного компонента (HF), который считается «золотым стандартом» оценки тонуса блуждающего нерва. Это состояние соответствует физиологическому покою, восстановлению и процессам «отдых и переваривание» [10, 15]. Интересно, что минорный лад сам по себе не всегда вызывает негативную или стрессовую реакцию; в контексте медленного темпа и знакомой гармонии он может вызывать рефлексивное, меланхоличное, но при этом психофизиологически расслабляющее состояние.

Структурная сложность и предсказуемость. Современные исследования также обращают внимание на роль структурной сложности музыки. Слишком простая, монотонная музыка может вызывать скуку и незначительные изменения ВСР, в то время как чрезмерно сложная, хаотичная – когнитивную перегрузку и легкий стресс. Оптимальный для релаксации и позитивного вовлечения стиль часто обладает балансом предсказуемости и новизны, что поддерживает умеренное внимание без напряжения [6].

Индивидуальные различия и предикторы вегетативного ответа на акустические стимулы.

Физиологический ответ на музыку и другие звуки не является абсолютно универсальным. Он подвержен существенной модуляции целым рядом факторов, что делает персонализацию акустических интервенций не просто желательной, а необходимой [12, 14].

Личные предпочтения и эмоциональная значимость. Наиболее мощным модератором является субъективное «нравится/не нравится». Любимая музыка, независимо от объективных акустических параметров (жанра, темпа), часто вызывает более выраженный парасимпатический отклик, увеличение ВСР и чувство удовольствия, связанное с активацией мезолимбической дофаминовой системы [7, 9]. Музыка, не соответствующая вкусу, даже если она объективно «спокойная», может не вызвать ожидаемой релаксации или даже усилить симпатическую активность и уровень «гормона стресса» – кортизола.

Музыкальный опыт и обучение. Индивидуумы с формальным музыкальным образованием могут демонстрировать иные паттерны активации мозга и вегетативного ответа в силу более детального структурного анализа музыки. У них может быть усилен осознанный (корковый) путь обработки [16].

Социальная и культурная идентичность. Музыка, ассоциирующаяся с референтной социальной группой или культурным контекстом слушателя, может значительно усиливать эмоциональный и, как следствие, вегетативный отклик [16]. Этот эффект связан с глубокими психологическими механизмами социальной принадлежности и идентификации.

Психологические и психофизиологические особенности. Исходный тонус ВНС (базальный уровень ВСР), личностные черты, например, высокий невротизм могут ассоциироваться с более сильной реакцией на негативно окрашенные стимулы, текущее эмоциональное состояние и уровень стресса – все это влияет на конечный физиологический эффект [3,13].

Немузыкальные акустические стимулы: эволюционные корни и современное применение. Природные звуки (шум волн, пение птиц, шелест листьев, звук дождя) в большинстве исследований демонстрируют выраженный и устойчивый релаксирующий эффект, часто сопоставимый или превосходящий эффект тихой медитативной музыки [17]. Этот феномен связывают с их акустической неструктурированностью (отсутствием резких переходов, диссонансов), а также с эволюционно сформированным восприятием таких звуков, как сигналов безопасности, указывающих на благоприятную, неугрожающую среду.

Систематический анализ Buxton et al. [17] показал значимое улучшение показателей здоровья, включая снижение боли, стресса и улучшение настроения, при прослушивании записей природных звуков.

Бинауральные ритмы – это артефакт восприятия, возникающий в центральной слуховой системе при предъявлении в каждое ухо чистых тонов слегка разной частоты (например, 300 Гц в левом ухе и 310 Гц в правом). Мозг воспринимает биение частотой 10 Гц (разница частот), что соответствует альфа-диапазону. Мета-анализ Garcia-Argibay et al. [18] указывает, что ритмы в дельта- (1-4 Гц, сон) и тета-диапазоне (4-8 Гц, глубокая релаксация, медитация) могут способствовать снижению тревожности, умеренной релаксации и легкому трансу. Предполагаемый механизм – следование частоте (frequency following response) и модуляция активности таламо-кортикальных ритмов, что косвенно может влиять на состояние ВНС, хотя прямые и однозначные изменения в параметрах ВСР требуют дальнейших уточнений.

ASMR-триггеры (Autonomous Sensory Meridian Response) – тихие, повторяющиеся, часто лично-ориентированные звуки: шепот, мягкое шуршание (бумаги, ткани), постукивание ногтями, перелистывание страниц. У чувствительных людей (около 20% популяции) они вызывают характерное приятное ощущение «мурашек» на коже головы и спины, сопровождающееся глубоким психическим расслаблением и чувством благополучия. Физиологические исследования, такие как работа Poerio et al. [2], четко фиксируют при этом снижение ЧСС и значимое увеличение ВСР (рост HF и RMSSD), что является объективным доказательством активации парасимпатической системы. ASMR рассматривается как уникальное состояние, отличное от простой релаксации, возможно связанное с активацией эндорфинергических систем и систем социального груминга.

Современные представления о влиянии различных акустических стимулов на состояние вегетативной регуляции представлены в таблице.

Таблица

Влияние различных акустических стимулов на параметры вегетативной нервной системы и вариабельности сердечного ритма

Тип акустического стимула	Эмоциональная окраска / характеристики	Доминирующий эффект на ВНС	Изменение ВСР	Ключевые авторы / источники
Быстрая, громкая музыка	Возбуждающая, агрессивная, радостная	Симпатикотония	Снижение общей мощности (SDNN), снижение HF	[12,14]
Медленная, тихая музыка	Успокаивающая, грустная, медитативная	Парасимпатикотония	Увеличение общей мощности (SDNN), рост HF	[8,15]
Природные звуки	Нейтрально-позитивная, органичная	Парасимпатикотония	Увеличение HF, рост RMSSD	[17]
Бинауральные ритмы (тета/дельта)	–	Смешанный, с тенденцией к парасимпатикотонии	Возможное увеличение LF/HF соотношения	[18]
ASMR-триггеры	Умиротворяющая, интимная	Парасимпатикотония	Увеличение HF, рост RMSSD	[2]

Примечание. ВНС – вегетативная нервная система; ВСР – вариабельность сердечного ритма; HF – высокочастотный компонент ВСР (парасимпатическая активность); LF/HF – соотношение низко- и высокочастотных компонентов; SDNN – стандартное отклонение всех кардиоинтервалов (общая вариабельность); RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разностей последовательных кардиоинтервалов (парасимпатическая активность).

Клинические и практические приложения. Понимание описанных физиологических механизмов является фундаментом для растущего числа научно обоснованных клинических и оздоровительных практик.

Систематические обзоры и мета-анализы высокого уровня убедительно доказывают эффективность структурированных музыкальных вмешательств [11, 19]. Протоколы, основанные на прослушивании специально подобранной (часто – с медленным темпом 60-80 ударов в минуту и плавной мелодией) музыки, интегрированы в клинические руководства и применяются для:

- предоперационной подготовки и послеоперационной реабилитации для снижения тревоги, болевых ощущений и потребности в анальгетиках;
- кардиологической реабилитации у пациентов после инфаркта миокарда для улучшения вегетативного баланса, при хронической сердечной недостаточности, для контроля артериальной гипертензии [15, 20].

Музыка способствует вазодилатации, снижению периферического сосудистого сопротивления и улучшению функции эндотелия.

Систематические обзоры и метаанализы убедительно доказывают эффективность структурированного прослушивания или создания музыки для снижения уровня кортизола, тревожности и симптомов депрессии [12]. В неврологии и гериатрии музыку используют для улучшения когнитивных функций, снижения ажитации и поведенческих расстройств при деменции, в моторной и речевой реабилитации после инсульта [21].

Акустическая коррекция и реабилитация при нарушениях слуха. Для пациентов с кохлеарными имплантами и современными слуховыми аппаратами восприятие эмоциональной и эстетической составляющей музыки остается серьезной технической и реабилитационной проблемой [22, 23]. Устройства оптимизированы прежде всего для разборчивости речи, что часто происходит за счет «сжатия» или упрощения сложных акустических характеристик, критически важных для музыки: тембральной окраски, гармонических обертонов, пространственного звучания. Современные исследования в области аудиологии и нейроинженерии направлены на разработку специальных алгоритмов обработки звука и новых стратегий кодирования в кохлеарных имплантах, которые позволят сохранять эти эмоциональные акустические сигналы. Это необходимо для обеспечения полноценного вегетативного, эмоционального и социального отклика у этой категории пациентов, повышая качество их жизни.

Персонализированные акустические интервенции и «акустическая гигиена». Будущее направления лежит в отказе от универсальных рецептов и переходе к персонализированным решениям. Перспективным представляется комбинирование психологических тестов (оценка эмоционального профиля, музыкальных предпочтений) с объективным мониторингом ВСР в реальном времени во время прослушивания различных стимулов [12, 14]. Такой подход позволит создавать индивидуальные «акустические диеты» – наборы звуковых сред (музыкальных треков, звуков природы, специальных частотных паттернов), оптимальных для конкретного человека в конкретной ситуации: для утренней активации, концентрации на работе, глубокой релаксации вечером, быстрого восстановления после физической или умственной нагрузки. Подобные протоколы могут найти применение не только в клинической практике, но и в спортивной медицине, корпоративном благополучии, образовательных учреждениях. Исследования также изучают возможность непрямой модуляции активности ядер блуждающего нерва через акустическую стимуляцию связанных с ним областей (например, ушной раковины), что открывает новые горизонты в немедикаментозной регуляции вегетативного тонуса [24].

Несмотря на значительный прогресс, область исследований влияния акустики на вегетативную регуляцию сталкивается с рядом методологических вызовов: стандартизация стимулов – сложность объективной классификации музыки по эмоциональной валентности и акустическим параметрам,

один и тот же трек может вызывать противоположные реакции у разных людей; контроль условий и «эффект плацебо» – трудно отделить чисто физиологический эффект звука от психологических ожиданий и контекста прослушивания; длительность и характер воздействия – большинство исследований краткосрочные (минуты, часы), недостаточно данных о долгосрочных эффектах регулярного прослушивания и возможностях нейропластических изменений; интеграция методов – необходимо больше исследований, совмещающих высокоуровневый физиологический мониторинг (ВСР, ЭКГ), дыхание, кожно-гальваническую реакцию с методами нейровизуализации (магниторезонансной томографии, электроэнцефалографии) для установления прямых корреляций между активностью конкретных мозговых сетей и сдвигами вегетативного баланса.

Перспективные направления включают: разработку ИИ-алгоритмов для анализа индивидуального психофизиологического ответа и автоматического подбора акустических стимулов; проведение масштабных лонгитюдных исследований для оценки профилактического и терапевтического потенциала акустических интервенций при хронических заболеваниях; изучение синергетических эффектов комбинации акустических стимулов с другими сенсорными модальностями (свет, запах) в рамках мультимодальной терапии; глубокое исследование нейробиологических основ индивидуальных различий, возможно с привлечением генетических и эпигенетических маркеров.

Заключение. Акустические стимулы, в особенности музыка, представляют собой уникальный по сложности и силе воздействия инструмент модуляции вегетативной регуляции организма. Их эффект реализуется через иерархически организованную нейросеть, включающую быстрый подсознательный (таламо-амигдалярный) и медленный осознанный (корково-лимбический) пути обработки эмоциональной информации. Ключевым итогом этой обработки является активация гипоталамо-стволовых центров вегетативного контроля, что объективно и неинвазивно регистрируется по характерным сдвигам в вариабельности сердечного ритма. Эти сдвиги четко дифференцируют симпатическую активацию (снижение ВСР, LF/HF) от парасимпатической релаксации (рост HF, RMSSD, SDNN) в зависимости от темпа, гармонии, личного и культурного контекста звука [25].

Накопленный массив данных не только раскрывает фундаментальные механизмы взаимодействия среды, нервной системы и тела, но и открывает практический путь для развития научно обоснованных, доступных и безопасных немедикаментозных методов терапии и профилактики. Управляемая акустическая среда, от коррекции стресса и тревожных расстройств до реабилитации после тяжелых кардиологических и неврологических событий, становится значимым фактором здоровья. Дальнейшие исследования, сфокусированные на персонализации, долгосрочных эффектах и интеграции технологий, позволят превратить древнее искусство музыки в точный инструмент современной превентивной и восстановительной медицины, повышая качество жизни человека.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koelsch, S. Music and the heart / S. Koelsch, L. Jäncke // European Heart Journal. – 2015. – Vol. 36. – No. 44. – P. 3043-3049. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv430.

2. More than a Feeling: Autonomous Sensory Meridian Response (ASMR) is Characterized by Reliable Changes in Affect and Physiology / G.L. Poerio, E. Blakey, T.J. Hostler, T. Veltri // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 20. – No. 6. – P. e0196645. DOI: 10.1371/journal.pone.0196645.

3. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health / J.F. Thayer, F. Ahs, M. Fredrikson [et al.] // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. –

2012. – Vol. 36. – No. 2. – P. 747-756. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2011.11.009.
4. Features versus feelings: dissociable representtations of the acoustic features and valence of aversive sounds / S. Kumar, K. von Kriegstein, K. Friston, T.D. Griffiths // Journal of Neuroscience. – 2012. – Vol. 32(41). – P. 14184-14192. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1759-12.2012.
5. Anderson, A.K. Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events / A.K. Anderson, E.A. Phelps // Nature. – 2001. – Vol. 411. – No. 6835. – P. 305-309. DOI: 10.1038/35077083.
6. Koelsch, S. Brain correlates of music-evoked emotions / S. Koelsch // Nature Reviews Neuroscience. – 2014. – Vol. 15. – No. 3. – P. 170-180. DOI: 10.1038/nrn3666.
7. Zatorre, R.J. From perception to pleasure: music and its neural substrates / R.J. Zatorre, V. Salimpoor // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 110. – Suppl. 2. – P. 10430-10437. DOI: 10.1073/pnas.1301228110.
8. Effect of Selected Music Soundtracks on Cardiac Vagal Control and Complexity Assessed by Heart Rate Variability / D. Parizek, N. Visnovcova, K. Sladicekova // Physiological Research. – 2023. – Vol. 72. – No. 5. – P. 587-596. DOI: 10.33549/physiolres.935114.
9. Chanda, M.L. The Neurochemistry of Music / M.L. Chanda, D.J. Levitin // Trends in Cognitive Sciences. – 2013. – Vol. 17. – No. 4. – P. 179-193. DOI: 10.1016/j.tics.2013.02.007.
10. Ellis, R.J. Music and Autonomic Nervous System (Dys)function / R.J. Ellis, J.F. Thayer // Music Perception. – 2010. – Vol. 27. – No. 4. – P. 317-326. DOI: 10.1525/mp.2010.27.4.317.
11. Can music influence cardiac autonomic system? A systematic review and narrative synthesis to evaluate its impact on heart rate variability / H. Mojtabavi, A. Saghazadeh, V.E. Valenti, N. Rezaei // Complementary Therapies in Clinical Practice. – 2020. – Vol. 39. – P. 101162. DOI: 10.1016/j.ctcp.2020.101162.
12. The Effect of Music on the Human Stress Response / M.V. Thoma, R. La Marca, R. Brönnimann [et al.] // PLOS ONE. – 2013. – Vol. 8. – No. 8. – P. e70156. DOI: 10.1371/journal.pone.0070156.
13. Богословская, Н.А. Эмоциональная составляющая воспринимаемого качества акустических событий / Н.А. Богословская // Экспериментальная психология. – 2023. – Т. 16. – № 3. – С. 170-181. DOI: 10.17759/exppsy.2023160311. [In English] Bogoslovskaya N.A. Emotional component of perceived acoustic events quality. *Experimental Psychology*, 2023, vol. 16, no. 3, pp. 170-181. DOI: 10.17759/exppsy.2023160311.
14. Autonomic effects of music in health and Crohn's disease: The impact of isochronicity, emotional valence, and tempo / R.U. Krabs, R. Enk, N. Teich, S. Koelsch // PLOS ONE. – 2015. – Vol. 10. – No. 5. – P. e0126224. DOI: 10.1371/journal.pone.0126224.
15. Effects of music on the cardiovascular system / J. Kulinski, E.K. Ofori, A. Visotcky [et al.] // Trends Cardiovascular Medicine. – 2022. – Vol. 32. – No. 6. – P. 390-398. DOI: 10.1016/j.tcm.2021.06.004.
16. Clark, A.B. Music preference, social identity, and collective self-esteem / A.B. Clark, A.J. Lonsdale // Psychology of Music. – 2022. – Vol. 51. – No. 4. – P. 1119-1131. DOI: 10.1177/03057356221126202.
17. Synthesis of Health Benefits of Natural Sounds and Their Distribution in National Parks / R.T. Buxton, A.L. Pearson, C. Allou [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2021. – Vol. 118. – No. 14. – P. e2013097118. DOI: 10.1073/pnas.2013097118.
18. Garcia-Argibay, M. Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis / M. Garcia-Argibay, M.A. Santed, J.M. Reales // Psychological Research. – 2019. – Vol. 83. – No. 2. – P. 357-372. DOI: 10.1007/s00426-018-1066-8.
19. Music therapy for stress reduction: a systematic review and meta-analysis / M. de Witte, A.D.S. Pinho, G.J. Stams [et al.] // Health Psychology Review. – 2022. – Vol. 16. – No. 1. – P. 134-159. DOI: 10.1080/17437199.2020.1846580.
20. Trappe, H.J. The Cardiovascular Effect of Music: From Heart Rate to Heart Failure / H.J. Trappe, G. Voit // European Heart Journal. – 2020. – Vol. 41. – Suppl. 2. – P. ehz872.002. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0347.
21. Effects of personalized music listening on post-stroke cognitive impairment: A randomized controlled trial / L.P. Fan, A. Quijano-Ruiz, C. Wang [et al.] // Complementary Therapies in Clinical Practice. – 2024. – Vol. 57. – P. 101885. DOI: 10.1016/j.ctcp.2024.101885.
22. Incerti, P.V. Systematic Review of Electric-Acoustic Stimulation: Device Fitting Ranges, Outcomes, and Clinical Fitting Practices / P.V. Incerti, T.Y. Ching, R.A. Cowan // Trends in Amplification. – 2013. – Vol. 17. – No. 1. – P. 3-26. DOI: 10.1177/1084713813480857.
23. Music Perception Abilities of the Hearing Amplification System Users / S. Jo, J. Yun, J.S. Kyong [et al.] // Journal of Audiology & Otology. –

2023. – Vol. 27. – No. 2. – P. 78-87. DOI: 10.7874/jao.2022.00367.
24. Non-Invasive Auricular Vagus Nerve Stimulation Decreases Heart Rate Variability Independent of Caloric Load / K. Kaduk, A. Petrella, S.J. Müller [et al.] // Caloric Load. Psychophysiology. – 2025. – Vol. 62(2). – P. e70017. DOI: 10.1111/psyp.70017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Алексеевна Попова – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Артем Юрьевич Гацко – аспирант кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: art342_surgut@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8803-9398.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Marina A. Popova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Artem Yu. Gatsko – Postgraduate Student of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: art342_surgut@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8803-9398.

Для цитирования: Попова, М.А. Нейрофизиологические механизмы модуляции вегетативной регуляции сердца акустическими стимулами различной эмоциональной валентности (обзор литературы) / М.А. Попова, А.Ю. Гацко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14

For citation: Popova M.A., Gatsko A.Yu. Neurophysiological mechanisms of modulating cardiac autonomic regulation by acoustic stimuli of different emotional valence (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14