



Григорьева Е.А. ✉, Дьяконов А.Л., Лобанова И.В.
Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия

Влияние гармонического звучания на клиническую картину рекуррентного депрессивного расстройства

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: все авторы статьи внесли равноценный вклад в сбор материала, его обработку, результаты.

Подана: 09.04.2024

Принята: 10.05.2024

Контакты: prof.grigorieva@mail.ru, ald.68@mail.ru, lobanova-yar@mail.ru

Резюме

Актуальность темы обусловлена необходимостью поиска новых, безопасных методов терапии депрессий. Использовано новое направление в виде комплексной обратной связи на коррекцию патологически устойчивого состояния (рекуррентные депрессивные расстройства) гармоническим звучанием в соответствии с экстремумами максимум и минимум с коэффициентом кратности 2^n . Обследовано 86 практически здоровых людей и 88 пациентов с депрессией. Приводятся данные факторного анализа клинических и ЭЭГ данных. В результате исследования установлена ранее неизвестная закономерность реакции системной организации биопотенциалов мозга человека на гармоническое звучание, в результате которого в большинстве случаев наступило ослабление или устранение депрессивного расстройства. Выделены «жесткое звено» и «гибкие звенья» системной организации клинических симптомов, «гибкие звенья» нейрофизиологической системы. Нейрофизиологическое «жесткое звено» установить не удалось.

Ключевые слова: депрессия, ЭЭГ, гармоническое звучание, терапия

Grigorieva E. ✉, Dyakonov A., Lobanova I.
Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

The Influence of Harmonic Sound on the Clinical Picture of Recurrent Depressive Disorder

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: all authors of the article made an equal contribution to the collection of material, its processing, results.

Submitted: 09.04.2024

Accepted: 10.05.2024

Contacts: prof.grigorieva@mail.ru, ald.68@mail.ru, lobanova-yar@mail.ru

Abstract

The relevance of the topic is due to the need for new, safe methods of treating depression. The work uses a new direction in the form of complex feedback for the correction of a

pathologically stable state (recurrent depressive disorders) with harmonic sound in accordance with the maximum and minimum extrema with a multiplicity factor of 2ⁿ. 86 practically healthy people and 88 patients with depression were examined. Data from factor analysis of clinical and EEG data are presented. As a result of the study, a previously unknown pattern of the reaction of the systemic organization of biopotentials of the human brain to harmonic sound was established, which resulted in the weakening or elimination of depressive disorder in most cases. The "hard link" and "flexible links" of the systemic organization of clinical symptoms, and the "flexible links" of the neurophysiological system are identified. The neurophysiological "hard link" could not be established.

Keywords: depression, EEG, harmonic sound, therapy

■ ВВЕДЕНИЕ

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что нейробиологические механизмы развития психических заболеваний, и в частности депрессии, изучены недостаточно (Н.М. Максимова, В.Ю. Русяев, М.Г. Узбекиев, 2021; J. Reutfors, T.M. Andersson, P. Brenner et al., 2018). Не найдено ни одного потенциального биомаркера, который мог бы уточнить диагноз, прогнозировать исход патологического состояния, эффективность терапии.

Депрессивное расстройство – мультифакторный процесс, требующий применения системного подхода к изучению столь сложного взаимодействия различных его звеньев. Психопатологическая структура депрессий, связанная с мыслительной деятельностью, чувствами, воображением, принятием решений, поведением, представляет собой в той или иной мере устойчивое патологическое состояние, на настоящем этапе знаний недоступное четкому инструментальному анализу. Системный подход предусматривает, прежде всего, поиск специфических биологических маркеров, характеризующих развитие депрессий, разнообразие их клинической картины, особенности течения, прогноза и определяющих поиск персонализированной терапии.

Отдельные звенья системы могут быть в некотором отношении сходными, когда обнаруживается принцип изоморфизма, на основании чего возможно моделирование. Признак изоморфности системы отражает «стержневой паттерн», «жесткое звено» системы (Н.П. Бехтерева, 1971, 2008), воздействуя на которое, можно изменить функцию в целом, устранить депрессию. При воздействии на «гибкие звенья» системы функция может изменяться, но не всегда радикально и быстро.

Существуют многие методы расшатывания патологически устойчивого состояния: ЭСТ, транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), вагусная стимуляция (ВС), магнитно-судорожная терапия, электрокраниостимуляция (ЭКС), метод чрескожной стимуляции мозга слабыми токами (1–2 мА), бинауральная технология синхронизации полушарий мозга, аудиовизуальная стимуляция (AVS), объемное воздействие динамическим полем стоячих сверхмедленных звуковых волн (ССЗВ), фотосенсибилизация с частотой альфа-ритма 10 Гц, прослушивание сеансов церковных звонов, музыка мозга, биологическая обратная связь (БОС), электростимуляция определенных структур мозга.

В данной работе ослабление или устранение депрессивного расстройства осуществлялось с помощью нацеленного индивидуального гармонического звучания.

Это новое направление в виде комплексной обратной связи от биопотенциалов мозга с клинической картиной депрессии для коррекции патологически устойчивого состояния гармоническим звучанием, т. е. это технология нейроинтерфейсов, включая интерфейс мозг – компьютер – нейробиоуправление. Центральной проблемой технологии нейроинтерфейсов является оптимальная организация сигналов обратной связи (А.А. Фролов, П.Д. Бобров, 2017). Использована методика «гибридных» нейроинтерфейсов (А.И. Федотчев, Г.И. Журавлев, К.И. Ексина и др., 2018; М.А. Пирадов, Л.А. Черникова, Н.А. Супонева, 2018; А.И. Федотчев, С.В. Парин, С.А. Парин, А.А. Земляная и др., 2019; K.S. Hong, M.J. Khan, 2017), представляющих собой комплекс мультимодальной обратной связи не только с параметрами фоновой ЭЭГ, но и с параметрами ЭЭГ во время звука и после него. Кроме того, применен подход связи интерфейса мозг – компьютер – биоуправление с использованием в качестве гармонического звучания не только частоты ритмов ЭЭГ, но и частоты ритмов в соответствии с экстремумами максимум (вызывают синхронизацию) и минимум (вызывают десинхронизацию) с коэффициентом кратности 2^n (экстремумы выделены спектральным анализом ЭЭГ, госрегистрация двух программ, Григорьева Е.А., Певзнер А.А., Шахназаров С.С., 2010).

Не случайно использовано гармоническое звучание. Сенсорным системам (в данном случае слуховой) ранее приписывалась роль анализаторов; в настоящее время – структур, участвующих в запоминании информации (И.Г. Силькис, 2019, В.М. Шкловский, С.А. Варламов, А.Г. Петрушевский, А.Л. Майоров, 2019). Гармонический звук, подаваемый в соответствии с экстремумами, вызывает перестройку активности связей не только в высших областях слуховой коры, в первичном слуховом поле, но и в других областях мозга.

Функциональные связи между слуховыми и другими областями мозга зависят от частоты подаваемого звука (G. Yuan, G. Lie, D. Wei et al., 2018). При воздействии звуковыми гармониками до 400 Гц сигнал идет на премоторную, соматосенсорную/ассоциативную и дорсолатеральную области; при воздействии средних частот (согласно авторам – 800–1600 Гц, у нас – до 1500 Гц) – на переднюю/заднюю верхневисочную извилину, нижнюю фронтальную область.

В работе не затрагивался сложный и неоднозначный вопрос о роли правого и левого полушария в восприятии звука. Системно-динамическая локализация функций предусматривает: в осуществлении любой функции участвует системная организация нейронов всего мозга, которая не всегда носит стабильный характер и крайне индивидуальна. Взаимодействие между полушариями происходит по типу комплементарности, когда каждое полушарие вносит свой вклад в осуществление той или иной функции, и этот вклад имеет взаимодополняющий характер (Л.М. Тибеккина, А.М. Алимова, С.Р. Бенбадис, П.В. Каплан, 2020, С.Н. Мосолов, 2023; D. Dong, Q. Ming, X. Zhang et al., 2019). Физиологические корреляты самых разных видов психической активности могут быть обнаружены в каждой точке мозга (В.А. Илюхина, 2018; У.О. Татум, А.М. Хусейн, С.Р. Бенбадис, А.В. Каплан, 2020; И.А. Лапин, Т.А. Рогачева, А.А. Митрофанов, И.В. Кичук, 2020).

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 86 практически здоровых людей и 88 пациентов с рекуррентными депрессивными расстройствами (35 – затяжные и хронические депрессии,

повторный эпизод на фоне малоэффективного лечения различными антидепрессантами в адекватных дозах; 22 – повторные эпизоды 2–4-недельной давности, без лечения; 31 – повторные эпизоды депрессии с деперсонализацией, без лечения). Возраст пациентов от 18 до 40 лет. Из исследования исключались пациенты с аллергическими заболеваниями, органическим поражением мозга, беременные и кормящие женщины, пациенты с тяжелыми соматическими заболеваниями.

Гармонический звук подавался бинаурально со стандартной для всех обследуемых громкостью и продолжительностью (1 мин). Количество звучаний за 1 сеанс от 4 до 6. Фоновая ЭЭГ, ЭЭГ в момент подачи звука и после него записывались после каждого звучания. После каждого звучания ЭЭГ индивидуально перестраивалась, следовательно, изменялась частота экстремумов и частота звука. Шкала депрессии HAM-D заполнялась перед каждым первым звучанием и после каждого сеанса. Каждому обследуемому в зависимости от продолжительности и качества терапевтического эффекта проводилось от 3 до 15 сеансов. Как правило, повторные сеансы осуществлялись на следующий день или на 3–5-е сутки после возврата депрессии.

В данной статье приводятся в основном данные факторного анализа с ротацией фактора клинических данных и результатов ЭЭГ-исследования, хотя использовался также корреляционный анализ, учитывались изменения мощности всех ритмов ЭЭГ. В факторном анализе анализировались первые 5 факторов, характеризовавших наибольшее количество случаев. Остальные факторы не учитывались ввиду низких факторных нагрузок. Катамнестическое клиническое наблюдение осуществлялось в течение года.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования у практически здоровых людей и у пациентов с рекуррентными депрессивными расстройствами установлена ранее не известная закономерность реакции системной организации биопотенциалов мозга человека на гармоническое звучание. При воздействии с частотой, равной или кратной (2^n) частоте экстремума максимум спектрального состава биоэлектрического сигнала, возникает синхронизация, при воздействии с частотой, соответствующей или кратной экстремуму минимум, – десинхронизация.

Синхронизация и десинхронизация (деактивация и активация) были как кратковременными, так и долговременными. Уровень бодрствования постоянно находится в состоянии дрейфа, поэтому короткие явления синхронизации и десинхронизации можно было бы интерпретировать как дрейф уровня бодрствования, если бы они не были постоянными у всех обследованных как в норме, так и при депрессии. Установленная закономерность обеспечивала возможность перестроить биоэлектрическую активность мозга, «расшатать» патологически устойчивое состояние, повлиять на клиническую картину заболевания.

Согласно результатам, включение в структуру депрессии деперсонализации несколько увеличивает количество отрицательных ответов на лечение гармоническим звуком ($p > 0,05$) и сокращает количество интермиссий ($p > 0,05$) (табл. 1).

Вне зависимости от типа депрессий от результата лечения гармоническим звуком не получен ответ: почему у одного и того же пациента, у пациентов разных депрессивных групп после одних сеансов звучаний возникает сонливость, а после других – бодрость. Было бы просто связать возникновение сонливости с усилением

Таблица 1
Результаты терапии пациентов с депрессиями
Table 1
Results of therapy for patients with depression

Результат терапии рекуррентных депрессий	Интермиссии	Ремиссии	Без эффекта	Итого
Затяжные и хронические депрессивные эпизоды; сочетанная терапия (антидепрессанты и звук)	6 (17,14 %)	21 (60,0 %)	8 (22,86 %)	35 (100%)
Депрессивные эпизоды, монотерапия звуком	8 (36,36 %)	10 (45,46 %)	4 (18,18 %)	22 (100%)
Депрессия с деперсонализацией, монотерапия звуком	5 (16,13%)	17 (54,84%)	9 (29,03%)	31 (100%)

на ЭЭГ медленноволновой активности, а быстрой – с состоянием бодрости (речь о парадоксальном сне не идет, пациенты во время сеанса не спят). Однако в ряде случаев усиление медленной активности сопровождалось бодростью. Естественно, происходило вмешательство в состояние сон – бодрствование, но с большим количеством переходных вариантов. Какие переходные варианты, от чего они зависят (даже у одного и того же человека), сказать на данном этапе сложно. Используя разные программы, выявить стабильно достоверный паттерн перестройки ЭЭГ, который отражал бы реакцию сна или бодрствования после звукового сеанса, не удалось (количество звучаний для обработки более чем достаточное, приближается к 3000). Кратковременность или долговременность ослабления депрессий также не зависели от типа реакций сон – бодрствование.

Очень сложно объяснить тот факт, что одним пациентам для положительного эффекта требовалось только 3 сеанса, другим – больше, третьи не чувствовали длительного ослабления расстройства и после 15 сеансов.

Катамнестически отмечено, что наличие интермиссий и ремиссий не гарантирует от рецидива (16,5%) через 2–7 месяцев. В 7,41% происходило «дозревание ремиссии» (в 3,7% – на фоне продолжающейся психофармакотерапии, в 3,7% – у пациентов без терапии).

В музыке введены особые единицы измерений интервалов – полутон и тон. В зависимости от впечатления, которое производят на человека интервалы, они делятся на консонанты и диссонанты. Консонанты создают впечатление покоя и сопровождаются синхронизацией ЭЭГ, диссонанты/диссонансы – десинхронизацией (они звучат резче, требуют продолжения мелодии и перехода в консонанс) – Н. Грин, У. Стауд, Д. Тейлор, 2004. Синхронизация естественна и полезна для сигнальных функций в системе с осцилляциями, такой как мозг. Но полная синхронизация недостижима, существует краткий интервал между пиком волны одной локализации (например, в гиппокампе) и в другой (например, в лобной доле). Эта синхронизация со сдвигом во времени, «захват волн мозга». Однако, как считают авторы, эффективность «слухового захвата» пока не продемонстрирована, не выяснен вопрос об эндогенном ритме мозга и тем более об их взаимодействии с внешними входными сигналами (в данном случае с гармониками).

Не случайно в данной работе использовались и условно патологические механизмы, в частности активация-десинхронизация. Постоянная активация не

использовалась (диссонанс); она всегда сменялась дезактивацией-синхронизацией, консонансом. Иначе возможен генерализованный эпилептический разряд (Н.П. Бехтерева, 2008). В.П. Дегтяревым, С.С. Перцовым, 2018, выявлен «феномен привыкания», проявляющийся в понижении возбудимости рецепторов. Данный феномен зафиксирован и нами. Поэтому применено чередование активации и дезактивации.

Следовательно, использована в основном двухкомпонентная модель генерации ЭЭГ, которая рассматривает ЭЭГ как результат взаимодействия 2 систем мозга: синхронизирующей и десинхронизирующей (М.В. Александров, Л.Б. Иванов, С.А. Лытеев и др., 2020), в которые входят различные структуры головного мозга. Объединение их в систему носит не анатомический, а функциональный характер. Ее активация и дезактивация приводят к изменению активности всего мозга благодаря общим свойствам обеих систем. Это обеспечивает «расшатывание» патологически устойчивого состояния – депрессий. В нашем исследовании частоты свыше 1500 Гц не использовались из-за возможного эффекта Кессона, вступления в действие бинаурального механизма локализации – интрауральной разности по интенсивности. Она возникает в связи с тем, что частоты свыше 1500 Гц уже не огибают голову слушающего, а поглощаются и отражаются головой, как экраном (теневой или экранирующий эффект головы).

Использование математических приемов, в частности факторного анализа, позволило установить «стержневой паттерн», «жесткое звено» клинических симптомов депрессий, на которое было направлено звуковое воздействие. Так, первый фактор, который характеризовал во всех 3 клинических группах от 30 до 40% пациентов, подчеркивал реципрокность собственно депрессивных симптомов и тревоги (табл. 2). В целом 5 факторов охватывали от 72 до 80% обследуемых.

На существующие различия тревожного и тоскливого аффектов указывали О.П. Вертоградова, В. Войцех, В.М. Волошин и др. (1980), J. Olesen, A. Gustavsson, M. Svenssen (2012). Между этими состояниями существует множество переходных вариантов, что подтверждает положение о «текучести» синдромальных границ в психиатрии (Е.А. Грогориева, А.Л. Дьяконов, А.А. Певзнер, 2019; В.К. Шамрей, Н.А. Пучков, А.А. Тарумов, 2023; J.M. Bolton, J. Pagura, M.W. Enns et al., 2010).

Таблица 2
Первый фактор, характеризующий пациентов с депрессивными расстройствами
Table 2

The first factor characterizing patients with depressive disorders

Пациенты с повторным затяжным и хроническим течением депрессии, звук на фоне психотерапии	Пациенты с повторным депрессивным эпизодом, монотерапия звуком	Пациенты с повторным депрессивным эпизодом с деперсонализацией, монотерапия звуком
+ депрессивное настроение + работоспособность и активность + заторможенность + критическая оценка своего состояния – психическая тревога – тревожное возбуждение	+ депрессивное настроение + работоспособность и активность + заторможенность + критическая оценка своего состояния + ЖКТ-симптомы + генитальные симптомы – психическая тревога – тревожное возбуждение	+ депрессивное настроение + работоспособность и активность + заторможенность + критическая оценка своего состояния + деперсонализация – психическая тревога

Другие симптомы шкалы HAM-D, входящие в различные сочетания – факторы, имеют меньшие факторные нагрузки, сочетания не дублируются и являются «гибкими звеньями» системы. «Гибкие звенья» системы нельзя рассматривать вне динамической связи друг с другом и симптомами «жесткого звена», но их расшатывание не приводит к тотальному и быстрому ослаблению депрессии. «Гибкие звенья» изменяют свою структуру в момент звучания и после его прекращения (не дублируя фоновую), включая те же симптомы депрессии, но в разных факторах-сочетаниях, с разными факторными нагрузками.

Существенная перестройка биоэлектрической активности мозга во время звуковых гармоник и после них затрагивала все ритмы. «Жесткое звено», которое объединяло бы всех обследуемых, не выявлено. Все группы характеризовались разными факторами, с разными сочетаниями ЭЭГ-признаков, были крайне индивидуальны. ЭЭГ-факторы (5) описывали несколько меньший процент случаев от полной дисперсии (60–70%), чем при клиническом обследовании.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нейрофизиологическое «жесткое звено» не удалось установить до настоящего времени ни одному из исследователей. Это обусловлено многими причинами. Существует крылатая фраза «Мозг всегда противостоит мозгу», характеризующая двуединство мозга, «два лица Януса». Прежде всего, это механизмы защиты мозга как психофизиологический запрет на болезнь. Существует мнение, что депрессия – защита, но когда заканчивается защита и начинается патологический процесс, определить трудно. Связать все звенья при многофакторном расстройстве (генетические, нейрохимические, средовые и прочие), выделить из них систему «жестких звеньев» – задача крайне сложная. Кроме того, в настоящее время не хватает наших знаний о психической энергии. Работа мозга не ограничивается электромагнитными колебаниями, которые активно изучаются (медленные и сверхмедленные потенциалы, спектры ЭЭГ, гамма-ритмы, вызванные потенциалы). Психическую энергию связывают с массами частиц во много раз меньше электрона (квази-потенциал, квантовая энергия, нейтрино, аксион, вимп). Возможно, нейрофизиологическое «жесткое звено» существует на другом энергетическом уровне. Подобно фазовым волновым процессам в квантовой физике, депрессивные расстройства взаимодействуют в «силовом поле», образованном пространством центрального (эндогенный аффективный осциллятор) и периферического (независимые осцилляторы – психогенные, соматические и другие) «векторов/градиентов притяжения», влияние которых характеризуется манифестацией аффективной симптоматики (Б.В. Медведев, 1997).

Применяя в данном исследовании системный подход (клинико-нейрофизиологический) к изучению депрессии, стремление прервать патологически устойчивое состояние слуховыми гармониками – попытка заложить еще один кирпичик в понимании клинических и клинико-нейрофизиологических механизмов депрессии, прекрасно осознавая их мультифакторный характер.

■ ВЫВОДЫ

Гармоническое звуковое воздействие, согласно экстремумам максимум и минимум с коэффициентом кратности 2^n , способно расшатывать патологически устойчивое состояние – рекуррентную депрессию, вызывая перестройку биоэлектрической

активности мозга, что позволяет в большинстве случаев ослабить или устранить расстройство.

В результате катamnестического наблюдения (через 1 год после гармонического звучания) возможны возврат депрессивного расстройства или его «дозревание».

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Aleksandrov M.V., Ivanov L.B., Lytaev S.A., et al. *Electroencephalography*. SPb.: Special Lit; 2020. 224 p. (in Russian)
2. Aleksandrovsky Yu.A. *Non-psychotic psychiatry*. M.: GEOTAR-Media; 2022. 226 p. (in Russian)
3. Bekhtereva N.P. *Neurophysiological aspects of mental activity*. L.: Nauka; 1971. 119 p. (in Russian)
4. Bekhtereva N.P. The human brain is a biocomputer. Proceedings of Worldwide Congr. "The Origins of the Millennium"; 2008. P. 1–9. file //E: EEG sound/Mysteries of the brain.
5. Vertogradova O.P., Voytsekh V.F., Voloshin V.M., et al. On the psychopathological structure of depression. In: *Depression (psychopathology, pathogenesis)*. M.; 1980. P. 16–23. (in Russian)
6. Grigorieva E.A., Pevzner A.A., Shakhnazarov S.S. Program for analyzing the dependence of EEG on sound exposure. Certificate of state registration of computer programs. 20106113540; 05/08/2010.
7. Green N., Staud W., Taylor D. *Biology*. V. 2. Sopper R., editor. Translated from English by M.G. Dunina. M.; 2004. 436 p. (in Russian)
8. Dektyarev V.P., Pertsov S.S. *Neurophysiology*. M.: GEOTAR-Media; 2018. 494 p. (in Russian)
9. Ilyukhina V.A. *Scientific foresight in knowledge of the principles of life of the human brain, their development and implementation*. SPb.: Inform. Navigator; 2018. 328 p. (in Russian)
10. Lapin I.A., Rogacheva T.A., Mitrofanov A.A., Kichuk I.V. Electroencephalographic biotypes of depression (synchronization with phase delay as the basis for constructing models). *Klin. Social Psychiatr.* 2020;30(4):12–20. (in Russian)
11. Maksimova N.M., Rusyaev V.Yu., Uzbekov M.G. Neurobiological mechanisms of development of resistant depression. *Clin. Social. Psychiatr.* 2021;31(4):71–79. (in Russian)
12. Medvedev B.V., Tsukarzi E.E., Maslennikov N.V. *Beginnings of theoretical physics*. Mosolov S.N., editor. M.; 1997. 196 p. (in Russian)
13. Mosolov S.N. *Application of transcranial magnetic stimulation in psychiatry*. Ivanovo: Neurosoft; 2023. 576 p. (in Russian)
14. Piradov M.A., Chernikova L.A., Suponeva N.A. Brain plasticity and modern technologies of neurorehabilitation. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2018;88(4):299. (in Russian)
15. Rusinov V.S. *Biopotentials of the human brain*. 1957. 254 p. (in Russian)
16. Silkis I.G. The role of the basal ganglia in the restructuring of the receptive fields of neurons in the primary auditory cortex and in the choice of movements during learning (hypothetical mechanism). *Pavlov Journal of higher nervous activities*. 2019;69(6):657–679. (in Russian)
17. Tatum W.O., Hussein A.M., Benbadis S.R., Kaplan P.V. Clinical interpretation of encephalography. Transl. from English. M.: BINOM; 2020. 252 p. (in Russian)
18. Tibekina L.M., Alimova M.A., Benbadis S.R., Kaplan P.V. Clinical interpretation of electroencephalography. Transl. from English. M.: Binom; 2020. 252 p. (in Russian)
19. Fedotchev A.I., Parin S.V., Parin S.A., Zemlyanaya A.A. Effects of audio-visual stimulation automatically controlled by the biopotentials of the human brain and heart. *Physiol. person.* 2019;45(5):73–79. (in Russian)
20. Frolov A.A., Bobrov P.D. Brain-computer interface: neurophysiological background and clinical applications. *Journ. higher nervous activity I.P. Pavlova*. 2017;67(4):365–376. (in Russian)
21. Khomskaya E.D. Systemic changes in the bioelectrical activity of the brain as a neurophysiological basis of mental processes. *Natural scientific research fundamentals of psychology*. M.: Pedagogika; 1978. P. 234–253. (in Russian)
22. Shamrey V.K., Puchkov N.A., Tarumov D.A. et al. Microstructural pathology of the brain in paranoid schizophrenia (according to magnetic resonance tractography). *Psychiatry*. 2023;21(2):38–49. (in Russian)
23. Shkolovsky V.M., Varlamov S.A., Petrushevsky A.G., Mayorova L.A. fMRG – correlates of categorization of speech and non-speech nature in the auditory cortex. *Physiol. People*. 2019;45(6):5–15. (in Russian)
24. Bolton J.M., Pagura J., Enns M.W. et al. Population – based longitudinal study of risk factors for suicide attempts in major depressive disorder. *J. Psychiatr. Res.* 2010;44(13):817–826.
25. Dong D., Ming Q., Zhong X., et al. State-independent alterations of intrinsic brain network in current and remitted depression. *Psychiatr.* 2019;89:475–480.
26. Grigorieva E.A., Dyaconov A.L., Pevzner A.A. Sould Harmonics. Application Potential for Coping with Stable Pathological Condition. LAP Lambert Academic Publishing RU. 2019. 243 p.
27. Hong S., Khan M.J. Hybrid brain-computer techniques for improved classification accuracy and number of commands: A review. *Front. Neurob.* 2017 Jul. 24;11:35.
28. Iznak A.F., Iznak E.V., Damyanovich E.V., Oleichik I.V. Differences of EEG frequency and spatial parameters in depressive female adolescents with suicidal attempts and non-suicidal self-injuries. *Clin. EEG. Neurosci.* 2021;52(6):406–413.
29. Olesen I., Gustavsson A., Svensson M., Wittchen H., Jonsson B. On behalf of the CDBE 2010 study group and the European Brain Council. The economic cost of brain disorders in Europe. *Eur. J. Neurol.* 2012;19:155–162.
30. Reutfors J., Andersson T.M., Brenner P. et al. Mortality in treatment – resistant unipolar depression: A register-based cohort study in Sweden. *J. Affect. Dis.* 2018;238:674–679.
31. Yuan G., Lie G., Wei D., Wang G., et al. Functional connectivity corresponding to the tonotopic differentiation of the human auditory cortex. *Hum. Brain Mapp.* 2018;39(5):2224–2234.