

Музыка и медицина

Обзорная статья

УДК 612.821+78.01

DOI: 10.56620/2782-3598.2023.3.007-015



Возможности и перспективы использования музыкально-компьютерных технологий в терапии психогенных расстройств

Марина Николаевна Корсакова-Крейн¹, Александр Иванович Федотчев²

*¹Ландер колледж для женщин, Университет Туро,
Нью-Йорк, Соединённые Штаты Америки,*

mnkors@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-4215-1693>

²Институт биофизики клетки Российской академии наук,

*Пуцинский научный центр биологических исследований Российской академии наук,
г. Пущино, Россия,*

fedotchev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5332-5309>

Аннотация. Благотворное воздействие музыки на организм человека известно с древности и широко используется в традиционных методах музыкотерапии. В статье обзорно анализируются достоинства, возможности и ограничения традиционных методов музыкальной терапии, где пациенту предъявляются эмпирически подобранные музыкальные произведения. Кардинально отличный от общепринятого и инновационный метод музыкально-терапевтических процедур основан на музыкальных или музыкалоподобных воздействиях, которые генерируются компьютером на основе сигналов обратной связи от собственных физиологических характеристик пациента. Рассматриваются преимущества инновационного метода и даётся оценка эффективности компьютерных преобразований биопотенциалов мозга пациента в музыкалоподобные воздействия. Последние используются в развиваемой авторами статьи технологии адаптивной нейростимуляции с обратной связью от текущих параметров электроэнцефалограммы (ЭЭГ). На примере собственных исследований, опирающихся на ЭЭГ-управляемую адаптивную нейростимуляцию, авторы намечают перспективы развития музыкально-компьютерных технологий в терапии психогенных расстройств и когнитивной реабилитации человека.

Ключевые слова: традиционные методы музыкальной терапии, компьютерные преобразования биопотенциалов пациента в музыку, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), ЭЭГ-осцилляторы, терапия психогенных расстройств, когнитивная реабилитация

Для цитирования: Корсакова-Крейн М. Н., Федотчев А. И. Возможности и перспективы использования музыкально-компьютерных технологий в терапии психогенных расстройств //

Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2023. № 3.
С. 7–15. DOI: 10.56620/2782-3598.2023.3.007-015

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-18-20075.

Musicology and Medicine

Review article

Opportunities and Prospects for the Use of Music-Computer Technologies in the Treatment of Psychogenic Disorders

Marina N. Korsakova-Kreyn¹, Alexander I. Fedotchev²

¹Lander College for Women, Touro University, New York, United States of America,
mnkors@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-4215-1693>

²Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Science,
Pushchino, Russia,
fedotchev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5332-5309>

Abstract. The therapeutic effect of music on the human body has been known since ancient times and is actively used in the methods of music therapy. The review analyzes the advantages, possibilities and limitations of traditional methods of music therapy, in which the patient is presented with empirically selected pieces of music. A radically different and innovative method of music therapy uses musical or music-like stimulation that are generated by a computer based on feedback signals from the patient's own physiological characteristics. We consider here the advantages and prospects of this innovative method and analyze the advantages of computer-aided transformations of the patient's brain biopotentials into music-like stimuli, which are used in the adaptive neurostimulation technology developed by the authors with feedback from the current electroencephalogram (EEG) parameters. Using the examples from our own research using EEG-guided adaptive neurostimulation, we outlined the prospects for the development of music-computer technologies in the treatment of psychogenic disorders and cognitive rehabilitation of a person.

Keywords: traditional methods of music therapy, computer transformation of the patient's biopotentials into music, electroencephalogram (EEG), EEG oscillators, feedback, therapy for psychogenic disorders, cognitive rehabilitation

For citation: Opportunities and Prospects for the Use of Music-Computer Technologies in the Treatment of Psychogenic Disorders. Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship. 2023. No. 3, pp. 7–15. (In Russ.) DOI: 10.56620/2782-3598.2023.3.007-015

Acknowledgments: The work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 22-18-20075.

Благотворное воздействие музыки на организм человека известно с древности и широко используется в традиционных методах музыкотерапии, особенно за рубежом. Как считают специалисты, это связано с рядом удивительных свойств музыкального искусства. Музыка характеризуется неосознаваемым, чувственным восприятием, она автоматически привлекает к себе внимание и способна выразить «невыразимое»¹. Являясь «языком эмоций», она способна отвлекать человека от негативных переживаний, таких как боль, тревожность, беспокойство, печаль и т. д.² Музыка влияет на нейрохимию мозга. Прослушивание приятной композиции возбуждает эстетические эмоции и задействует систему биологического вознаграждения в мозге, что позволяет использовать музыку при создании методов реабилитационной терапии для людей с психогенными расстройствами. Через модуляцию активности эмоциональной сферы музыка может играть позитивную роль в лечении многих психиатрических и неврологических расстройств³. Терапевтические эффекты позволяют отнести музыку к универсальным инструментам когнитивной терапии [1]. Важными достоинствами музыкально-терапевтических воздействий являются неинвазивность,

практическое отсутствие противопоказаний и ориентированность на центральные регуляторные механизмы мозга.

Несмотря на явные достоинства и широкое распространение, традиционные музыкально-терапевтические воздействия имеют также существенные недостатки, снижающие эффективность. Ранее нами отмечалось, что главное ограничение связано с личностными особенностями слушателя. Именно они значительно модулируют нейрональные ответы на эмоции, выражаемые музыкой, и это требует адекватного для каждого пациента подбора музыкальных произведений⁴.

Приемлемое решение данной проблемы было экспериментально найдено путём предъявления музыки, индивидуально адаптированной к ритмическим процессам мозга пациента⁵. Показав, что музыкально-терапевтические воздействия могут обладать повышенной эффективностью, если они организованы в строгом соответствии с биоэлектрическими характеристиками нервной системы самого пациента, эти и другие данные стали основой нового прогрессивного направления нейрофизиологии — неинвазивной стимуляции мозга с обратной связью. Существенной частью данного быстро развивающегося направления

¹ См., например: Волчек О. Д. Значение музыки и семантика её звуков: учебное пособие к курсу лекций «Музыкальная психология». СПб.: СПбИГО, 2010. 162 с.

² Федотчев А. И., Бондарь А. Т., Бахчина А. В. и др. Музыкально-акустические воздействия, управляемые биопотенциалами мозга, в коррекции неблагоприятных функциональных состояний // Успехи физиологических наук. 2016. Т. 47, № 1. С. 69–79.

³ См. Библиографический список: [6; 7; 11–13; 15; 17; 18].

⁴ Федотчев А. И., Бондарь А. Т., Бахчина А. В. и др. Указ. соч. С. 70.

⁵ Müller W., A., and Haffelder G., Schlotmann A., and others. Amelioration of Psychiatric Symptoms Through Exposure to Music Individually Adapted to Brain Rhythm Disorders — a Randomised Clinical Trial on the Basis of Fundamental Research // Cognitive Neuropsychiatry. 2014. Vol. 19, Issue 5, pp. 399–413. DOI: 10.1080/13546805.2013.879054

является создание и совершенствование музыкально-компьютерных технологий для коррекции психогенных расстройств.

Для отслеживания и корректировки состояний тревоги и стресса был разработан и успешно использовался нейроинтерфейс «Биомузыка», в котором текущие физиологические параметры пациента трансформируются компьютером в музыкальные характеристики: частота сердечных сокращений — в звуки барабана; ритм дыхания — в ритмичные подсвистывания, напоминающие звуки при выдохе; электрокожная активность — в мелодию; температура кожи — в музыкальную тональность⁶. Наряду с этим показано, что успешная когнитивная реабилитация, а также улучшение исполнительских и двигательных функций у пациентов с инсультом ствола мозга могут быть достигнуты при предъявлении им музыкалоподобных стимулов, автоматически генерируемых путём компьютерной трансформации затылочного альфа- или сенсомоторного мю-ритма ЭЭГ (электроэнцефалограммы) [2]⁷. Разработана и успешно опробована технология музыкального нейроинтерфейса с автоматической генерацией синтезированной аффективной музыки на основе ЭЭГ, которая позволяет пользователям отслеживать свои собственные мозговые осцилляции для индукции процессов нейропластичности, когнитивной реабилитации и восстановления или даже улучшения функций мозга [3].

Ранее нами была разработана музыкально-компьютерная технология, в которой у каждого испытуемого в реальном времени выявляются характерные и значимые для него узкочастотные ЭЭГ-осцилляторы, используемые затем при компьютерном преобразовании в «музыку мозга» вместо чрезмерно широкополосных традиционных ЭЭГ-ритмов. При этом человеку, находящемуся в состоянии стресса, предъявляют музыкалоподобные сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты, которые плавно варьируют по высоте тона и интенсивности в прямой зависимости от текущей амплитуды доминирующего у субъекта альфа-ЭЭГ-осциллятора [4, с. 105]. Установлено, что под влиянием лечебных процедур происходит достоверное увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона, сопровождаемое увеличением показателей самочувствия и настроения, снижением степени эмоциональной дезадаптации и уровня стрессированности человека [5].

К настоящему времени описанная музыкально-компьютерная технология значительно усовершенствована и представляет собой технологию свето-музыкальной адаптивной нейростимуляции с двойной обратной связью от ЭЭГ человека [6]. Разработанный метод заключается в одновременном предъявлении музыкалоподобных стимулов, генерируемых компьютером на основе текущей амплитуды альфа-ЭЭГ-осциллятора пациента, и ритмических световых воздействий, генерируемых на

⁶ Cheung S., Han E., Kushki A., and others. Biomusic: An Auditory Interface for Detecting Physiological Indicators of Anxiety in Children // *Frontiers in Neuroscience*. 2016. Vol. 10. P. 401. DOI: 10.3389/fnins.2016.00401

⁷ Deuel T. A., Pampin J., Sundstrom J., Darvas F. The Encephalophone: A Novel Musical Biofeedback Device using Conscious Control of Electroencephalogram (EEG) // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017. Vol. 11. P. 213. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00213

основе текущей ЭЭГ субъекта [7; 8; 9]. Явными достоинствами метода являются высокая персонализация и эффективность лечебных воздействий благодаря использованию обратной связи от собственных биоэлектрических характеристик человека, вовлечение механизмов мультисенсорной интеграции, нейропластичности и резонансных механизмов мозга в процессы нормализации функционального состояния под влиянием стимуляционных процедур. Безусловно, автоматическое, без осознанных усилий пациента управление лечебными сенсорными воздействиями даёт «возможность использовать адаптивную нейростимуляцию для коррекции неблагоприятных сдвигов состояния у пациентов с изменённым уровнем сознания, пожилых людей и детей» [10, с. 410].

В недавних исследованиях наметился перспективный подход к повышению эффективности описанной технологии. Так как ЭЭГ-управляемая адаптивная нейростимуляция основана на автоматической модуляции сенсорных воздействий собственными ритмическими компонентами ЭЭГ человека, одним из возможных путей повышения её эффективности может являться предварительное усиление модулирующего фактора, то есть ЭЭГ субъекта [11]. Для этого был применён приём резонансного сканирования, который заключается в светодиодной фотостимуляции с пошагово увеличивающейся частотой в диапазоне тета-, альфа- и бета-ритмов ЭЭГ.

Было показано, что предварительное резонансное сканирование значительно увеличивает эффективность ЭЭГ-управляемой адаптивной нейростимуляции

при лечении постковидного синдрома и при устранении последствий экзаменационного стресса у студентов университета. При сочетании резонансного сканирования с ЭЭГ-управляемой адаптивной нейростимуляцией уже после однократных лечебных воздействий наблюдался рост мощности альфа-ритма ЭЭГ, сопровождаемый снижением уровня стресса, улучшением эмоционального состояния и показателей когнитивной деятельности за счёт прогрессивного вовлечения резонансных и интеграционных механизмов мозга и механизмов нейропластичности [там же, с. 713]. Был сделан вывод, что разработанный комбинированный подход к нейростимуляции после дополнительных экспериментальных исследований может быть использован в реабилитационных мероприятиях широкого профиля, при коррекции и реабилитации состояния специалистов экстремальных профессий, в образовательных учреждениях для активизации познавательной деятельности человека и процессов его обучения, а также в научных исследованиях [там же].

Подводя итог, следует отметить, что музыкально-компьютерные технологии демонстрируют интенсивное развитие в самых разных сферах: от процессов взаимодействия человека с компьютером⁸ и цифровизации музыки в новых социокультурных трансформациях [12] до современного музыкального образования [13]. Рассмотренные данные о возможностях и перспективах развития терапевтических музыкально-компьютерных технологий открывают новые горизонты применения музыкознания в клинической практике.

⁸ Красноскулов А. В. Проект «Т | А»: дуэт человека и компьютера // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2017. № 2. С. 22–26. DOI: 10.33779/2587-6341.2017.2.022-026

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корсакова-Крейн М. Н. Язык музыки и его психофизические основы (обзор) // Современные технологии в медицине / *Modern Technologies in Medicine*. 2019. Т. 11, № 1. С. 40–45. (На рус. и англ. яз.) DOI: 10.17691/stm2019.11.1.04
2. Федотчев А. И., Бондарь А. Т. Адаптивная нейростимуляция, модулируемая собственными ритмическими процессами человека, в коррекции функциональных расстройств // *Физиология человека*. 2022. Т. 48, № 1. С. 124–129. DOI: 10.31857/S0131164622010052
3. Ehrlich S. K., Agres K. R., Guan C., Cheng G. A Closed-Loop, Music-Based Brain-Computer Interface for Emotion Mediation // *PLoS One*. 2019. Vol. 14, No. 3, pp. e0213516. DOI: 10.1371/journal.pone.0213516
4. Земляная, А. А., Радченко Г. С., Федотчев А. И. Управляемые биопотенциалами мозга пациента музыкально-терапевтические воздействия в коррекции функциональных расстройств // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2018. Т. 118, № 3. С. 103–106. DOI: 10.17116/jnevro201811831103-106
5. Федотчев А. И. Музыкально-компьютерные технологии в разработке методов коррекции стресс-индуцированных состояний человека // *Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship*. 2020. № 3. С. 24–29. DOI: 10.33779/2587-6341.2020.3.024-029
6. Федотчев А. И., Земляная А. А., Савчук Л. В., Полевая С. А. Нейроинтерфейс с двойной обратной связью от ЭЭГ в коррекции стресс-вызванных расстройств // *Современные технологии в медицине / Modern Technologies in Medicine*. 2019. Т. 11, № 1. С. 150–154. DOI: 10.17691/stm2019.11.1.17
7. Fedotchev A., Parin S., Polevaya S., Zemlianaia A. EEG-based Musical Neurointerfaces in the Correction of Stress-Induced States // *Brain Computer Interfaces*. 2021. Vol. 9, No. 1, pp. 1–6. DOI: 10.1080/2326263X.2021.1964874
8. Polevaya S. A., Parin S. B., Zemlyanaya A. A., Fedotchev A. I. Dynamics of EEG Reactions under Combination of Resonance Scanning and Adaptive Neurostimulation in Patients with Post-COVID Syndrome // *Opera Medica et Physiologica*. 2022. Vol. 9, No. 2, pp. 103–109. DOI: 10.24412/2500-2295-2022-2-103-109
9. Fedotchev A. I., Parin S. B., Polevaya S. A. Resonance Scanning as an Efficiency Enhancer for EEG-Guided Adaptive Neurostimulation // *Life*. 2023. Vol. 13, Issue 3. P. 620. DOI: 10.3390/life13030620
10. Федотчев А. И., Парин С. Б., Полевая С. А. Принцип замкнутой петли обратной связи от эндогенных ритмов человека в современных технологиях нейробиоуправления и адаптивной нейростимуляции // *Биофизика*. 2021. Т. 66, № 2. С. 408–411. DOI: 10.31857/S0006302921010216
11. Полевая С. А., Парин С. Б., Федотчев А. И. Сочетание ЭЭГ-управляемой адаптивной нейростимуляции с резонансным сканированием в коррекции стрессиндуцированных состояний и когнитивной реабилитации студентов университета // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2023. Т. 175, № 6. С. 710–714. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-6-710-714
12. Попова А. В., Горохова С. С., Азнагулова Г. М., Абрамова М. Г. Феномен цифровизации музыки как фактор новых социокультурных трансформаций // *Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship*. 2021. № 3. С. 76–85. DOI: 10.33779/2587-6341.2021.3.076-085
13. Горбунова И. Б., Плотников К. Ю. Музыкально-компьютерные технологии в системе современного музыкального образования: опыт терминологического анализа // *Проблемы*

музыкальной науки / Music Scholarship. 2020. № 3. С. 168–181.
DOI: 10.33779/2587-6341.2020.3.168-181

Информация об авторах:

М. Н. Корсакова-Крейн — Ph.D. (Психология), доцент факультета психологии.

А. И. Федотчев — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории механизмов регуляции биосистем.

References

1. Korsakova-Kreyn M. Language of Music and Its Psychophysical Foundations (Review). *Sovremennye tehnologii v medicine / Modern Technologies in Medicine*. 2019. Vol. 11, No. 1, pp. 40–45. (In Russ. and English) DOI: 10.17691/stm2019.11.1.04
2. Fedotchev A. I., Bondar A. T. Adaptive Neurostimulation, Modulated by Person's Own Rhythmic Processes, in the Correction of Functional Disorders. *Human Physiology*. 2022. Vol. 48, No. 1, pp. 124–129. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0131164622010052
3. Ehrlich S. K., Agres K. R., Guan C., Cheng G. A Closed-Loop, Music-Based Brain-Computer Interface for Emotion Mediation. *PLoS One*. 2019. Vol. 14, No. 3, pp. e0213516. DOI: 10.1371/journal.pone.0213516
4. Zemlyanaya A. A., Radchenko G. S., Fedotchev A. I. Music Therapy Procedures Controlled by the Brain Potentials in Treatment of Functional Disorders. *The Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry*. 2018. Vol. 118, No. 3, pp. 103–106. (In Russ.) DOI: 10.17116/jnevro201811831103-106
5. Fedotchev A. I. Computer Musical Technologies in the Development of Methods of Correction of Human Beings' Stress Induced Conditions. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2020. No. 3, pp. 24–29. (In Russ.) DOI: 10.33779/2587-6341.2020.3.024-029
6. Fedotchev A. I., Zemlyanaya A. A., Savchuk L. V., Poleyaya S. A. Neurointerface with Double Feedback from Subject's EEG for Correction of Stress-Induced States. *Sovremennye tehnologii v medicine / Modern Technologies in Medicine*. 2019. Vol. 11, No. 1, pp. 150–154. (In Russ.) DOI: 10.17691/stm2019.11.1.17
7. Fedotchev A., Parin S., Poleyaya S., Zemlianaia A. EEG-based Musical Neurointerfaces in the Correction of Stress-Induced States. *Brain Computer Interfaces*. 2021. Vol. 9, No. 1, pp. 1–6. DOI: 10.1080/2326263X.2021.1964874
8. Poleyaya S. A., Parin S. B., Zemlyanaya A. A., Fedotchev A. I. Dynamics of EEG Reactions under Combination of Resonance Scanning and Adaptive Neurostimulation in Patients with Post-COVID Syndrome. *Opera Medica et Physiologica*. 2022. Vol. 9, No. 2, pp. 103–109. DOI: 10.24412/2500-2295-2022-2-103-109
9. Fedotchev A. I., Parin S. B., Poleyaya S. A. Resonance Scanning as an Efficiency Enhancer for EEG-Guided Adaptive Neurostimulation. *Life*. 2023. V. 13, Issue 3. P. 620. DOI: 10.3390/life13030620
10. Fedotchev A. I., Parin S. B., Poleyaya S. A. The Principle of a Closed Feedback Loop of Human Endogenous Rhythms in Modern Technologies of Neurofeedback and Adaptive Neurostimulation. *Biophysics*. 2021. Vol. 66, No. 2, pp. 408–411. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0006302921010216
11. Poleyaya S. A., Parin S. B., Fedotchev A. I. Combination of EEG-Guided Adaptive Neurostimulation with Resonance Scanning in Correction of Stress-Induced States and Cognitive

Rehabilitation of University Students. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2023. Vol. 175, No. 6, pp. 710–714. (In Russ.) DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-6-710-714

12. Popova A. V., Gorokhova S. S., Aznagulova G. M., Abramova M. G. The Phenomenon of Digitalizing Music as a Factor of New Sociocultural Transformations. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2021. No. 3, pp. 76–85. (In Russ.) DOI: 10.33779/2587-6341.2021.3.076-085

13. Gorbunova I. B., Plotnikov K. Yu. Computer Music Technologies in the System of Present-Day Musical Education: An Attempt of Terminological Analysis. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2020. No. 3, pp. 168–181. (In Russ.) DOI: 10.33779/2587-6341.2020.3.168-181

Information about the authors:

Marina Korsakova-Kreyn, Ph.D. (Psychology), Associate Professor at the Department of Psychology.

Alexander I. Fedotchev, Dr.Sci. (Biology), Leading Researcher at the Laboratory of the Mechanisms of Biosystem Regulation.

Библиографический список

1. Волчек О. Д. Значение музыки и семантика её звуков: учебное пособие к курсу лекций «Музыкальная психология». СПб.: СПбИГО, 2010. 163 с.

2. Красноскулов А. В. Проект «Т|А»: дуэт человека и компьютера // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2017. № 2. С. 22–26. DOI: 10.33779/2587-6341.2017.2.022-026

3. Холопова В. Н. Теория музыкальных эмоций: опыт разработки проблемы // World of Music. 2012. № 3 (52). С. 89–97.

4. Altenmüller E., Schlaug G. Apollo's Gift: New Aspects of Neurologic Music Therapy // Progress in Brain Research. 2015. Vol. 217, pp. 237–252. DOI: 10.1016/bs.pbr.2014.11.029

5. Blood A. J., Zatorre R. J. Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2001. Vol. 98, No. 20, pp. 11818–11823. DOI: 10.1073/pnas.191355898

6. Chanda M. L., Levitin D. J. The Neurochemistry of Music // Trends in Cognitive Sciences. 2013. Vol. 17, Issue 4, pp. 179–193. DOI: 10.1016/j.tics.2013.02.007

7. Cheung S., Han E., Kushki A., and etc. Biomusic: An Auditory Interface for Detecting Physiological Indicators of Anxiety in Children // Frontiers in Neuroscience. 2016. Vol. 10. P. 401. DOI: 10.3389/fnins.2016.00401

8. Deuel T. A., Pampin J., Sundstrom J., Darvas F. The Encephalophone: A Novel Musical Biofeedback Device using Conscious Control of Electroencephalogram (EEG) // Frontiers in Human Neuroscience. 2017. Vol. 11. P. 213. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00213

9. Gray E. In Practice: Music: a Therapy for All? // Perspectives in Public Health. 2013. Vol. 133, Issue 1. P. 14. DOI: 10.1177/1757913912468642

10. Handbook of Music and Emotions: Theory, Research, Applications / Ed. by P. N. Juslin, J. Sloboda. New York: Oxford University Press, 2011. 992 p.

11. Koelsch S. A Neuroscientific Perspective on Music Therapy // Annals of the New York Academy of Sciences. 2009. Vol. 1169, Issue 1, pp. 374–384. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04592.x

12. Koelsch S. Brain Correlates of Music-Evoked Emotions // *Nature Reviews. Neuroscience*. 2014. Vol. 15, No. 3, pp. 170–180. DOI: 10.1038/nrn3666
13. Müller W., Haffelder G., Schlotmann A., and etc. Amelioration of Psychiatric Symptoms Through Exposure to Music Individually Adapted to Brain Rhythm Disorders — a Randomised Clinical Trial on the Basis of Fundamental Research // *Cognitive Neuropsychiatry*. 2014. Vol. 19, Issue 5, pp. 399–413. DOI: 10.1080/13546805.2013.879054
14. Panksepp J., Bernatzky G. Emotional Sounds and the Brain: The Neuro-Affective Foundations of Musical Appreciation // *Behavioural Processes*. 2002. Vol. 60, Issue 2, pp. 133–155. DOI: 10.1016/s0376-6357(02)00080-3
15. Park M., Hennig-Fast K., Bao Y., and etc. Personality Traits Modulate Neural Responses to Emotions Expressed in Music // *Brain Research*. 2013. Vol. 1523, pp. 68–76. DOI: 10.1016/j.brainres.2013.05.042
16. Sachs M. E., Ellis R. J., Schlaug G., Loui P. Brain Connectivity Reflects Human Aesthetic Responses to Music // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2016. Vol. 11, Issue 6, pp. 884–891. DOI: 10.1093/scan/nsw009
17. Scruton R. *The Aesthetics of Music*. Oxford: Clarendon Press, 1997. 562 p.
18. Wakim J. H., Smith S., Guinn Ch. The Efficacy of Music Therapy // *Journal of Perianesthesia Nursing*. 2010. Vol. 25, Issue 4, pp. 226–232. DOI: 10.1016/j.jopan.2010.05.009

Поступила в редакцию / Received: 31.07.2023

Одобрена после рецензирования / Revised: 18.08.2023

Принята к публикации / Accepted: 22.08.2023