

УДК 534.32

# Експериментальне дослідження біоелектричної активності мозку студентів під час прослуховування музичної композиції

Ляшко Д. О., ORCID [0000-0001-9816-8992](https://orcid.org/0000-0001-9816-8992)

"Niccell Telecommunication LTD"

Київ, Україна

Дамарад А. В., ORCID [0000-0002-7153-8655](https://orcid.org/0000-0002-7153-8655)Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем [ames.kpi.ua](http://ames.kpi.ua)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» [kpi.ua](http://kpi.ua)

Київ, Україна

**Анотація**—В даній роботі наведена методика експерименту та експериментальне дослідження спектральних характеристик біоелектричної активності мозку студентів під час прослуховування музичної композиції. А саме, аудіо-сигналів, які були відібрані за спектральними характеристиками за критерієм охоплення чутного діапазону частот. З використанням статистичного аналізу представлено результати обробки ЕЕГ даних експерименту. Отримані результати відображені на картах активності мозку за частотами та за діапазонами для ритмів головного мозку, зокрема альфа-, бета- і тета-ритмів.

**Ключові слова** — електроенцефалограма; спектральний аналіз; музична композиція.

## I. ВСТУП

Музика є важливою модельною системою для вивчення ритмічного спілкування, оскільки її ритмічна структура добре зрозуміла. Музичні ритми, як правило, сприймають основний ритм у діапазоні приблизно 0,5-4 Гц. Метр відповідає сприйняттю чергування сильних і слабких ударів; на додаток до частоти імпульсів, метричні структури містять швидкісні частоти биттів, що поділяють імпульс (4-8 Гц), і більш повільні частоти биття (<2 Гц), що акцентують цикли імпульсу. Ритмічні зразки також сприймаються в групі фразових структур. Як і музика, мова, як правило, є ієрархічною, де склади (4-8 Гц) збираються в лексичні та фразові одиниці за повільнішими часовими шкалами (<4 Гц). Тим не менш, ієрархічно вкладені слухові коркові ритми, що охоплені як музичними так і мовним ритмами [1].

Електроенцефалографія (ЕЕГ) є рутинним методом обстеження неврологічних хворих в сучасній клінічній практиці. Найбільш часто біоелектрична активність (БЕА) головного мозку реєструється в стані розслабленого неспання, тобто в стані спокою із закритими очима. В останні роки стали широко доступними методи комп'ютерної обробки даних ЕЕГ. Однак, в клінічній практиці домінує традицій-

ний візуальний аналіз отриманих даних в зв'язку з недостатньою розробленістю критеріїв норми і патології відносно спектральних характеристик БЕА [2].

Метою дослідження є вивчення спектральних характеристик БЕА мозку студентів під час прослуховування музичної композиції, яка складається зі складних аудіо-сигналів повного частотного спектру, які розділені хвилиною тиші, що дозволить локалізувати ділянки головного мозку для подальшого лікування та ефективної психологічної реабілітації.

## II. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Завданням експерименту є перевірка впливу ряду музичних композицій на ритми головного мозку, зокрема альфа-, бета- і тета-ритми. У разі загального позитивного ефекту детально проаналізувати зміни параметрів ритмів і локалізувати ділянки музичних композицій, які найефективніше впливають на ритми головного мозку людини, з метою лікування порушень функціонування центральної нервової системи, органічних ушкоджень головного мозку, стресів, та її ефективної психологічної реабілітації [3].



ТАБЛИЦЯ 1 МУЗИЧНІ КОМПОЗИЦІЇ

№	Композиція	Частота з $A_{max}$	Частотна група
1	«Bohren Und Der Club of Gore» – On Demon Wings (а)	80 Гц	НЧ
2	«LittleWalter» – BlueLight (б)	110 Гц	НЧ
3	«Молитва за Україну» – М.Лисенка (в)	420 Гц	СЧ
4	«Мелодія» – М.Скорика (г)	450 Гц	СЧ
5	«Gag» – Chimaira (д)	1,76 кГц	ВЧ
6	«Highway to Hell» – AC/DC (е)	2,1 кГц	ВЧ

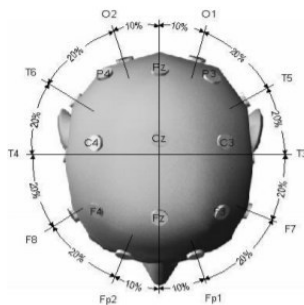


Рис. 1 Схема накладання електродів за схемою 10-20

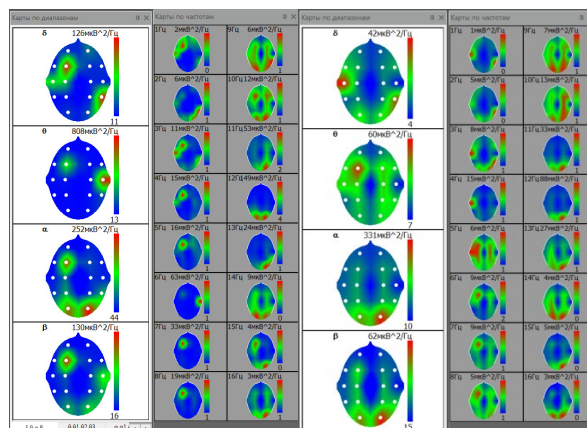
Методика експерименту та отримані спектральні характеристики музичних композицій були описані в попередній статті [3]. Для експериментального дослідження по стимуляції центральної нервової системи людини складними аудіо-сигналами, були задіяні музичні фрагменти різного компонентно-структурного складу. Всі фрагменти записані в форматі mp3, після кожного фрагменту для прослуховування була представлена хвилина тиші (Таблиця 1).

В експерименті, на добровільній згоді, відповідно до правил біоетики, які регламентовані міжнародними документами, приймали участь 9 добровольців – студентів. Всі піддослідні – без спеціальної музичної освіти.

Реєстрація ЕЕГ відбувається з використанням срібних чашечкових електродів, розташованих в 16 стандартних відведеннях (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T4, T5, T6), локалізація яких визначалася відповідно до міжнародної системи «10-20» (Рис. 1). Як референтні використовувалися розділені вушні електроди. Запис ЕЕГ проводилася в смузї пропускання від 3 до 30 Гц.

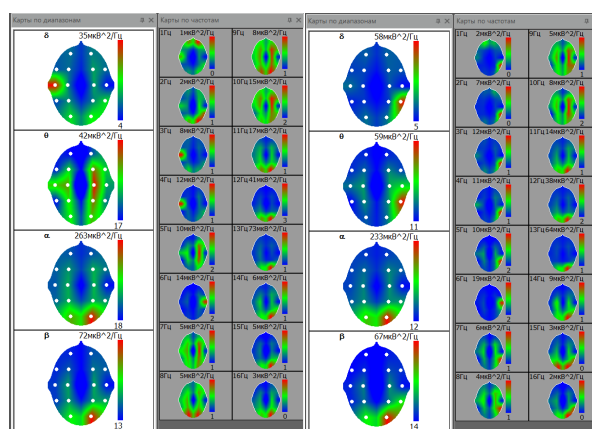
Дослідження проводилося в комфортних умовах в другій половині дня. На початку кожного обстеження одну хвилину реєстрували ЕЕГ в стані спокою з закритими очима. Ці дані розглядалися як фоніві. В основній частині експериментального дослідження, реєстрація ЕЕГ проводилася при прослуховуванні піддослідним різних композицій.

Статистичний аналіз результатів дослідження проводився із застосуванням пакетів прикладних програм Microsoft Excel і PHPStorm 2019.3 для Windows і включав в себе декілька етапів.



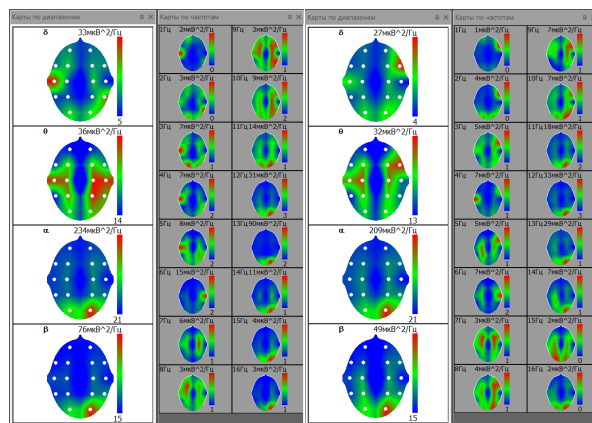
(а)

(б)



(в)

(г)



(д)

(е)

Рис. 2 Карты за діапазонами та за частотами, які відповідають активності мозку під час прослуховування кожного аудіо-сигналу з композицій з Таблиця 1 (а-е)

Згідно обробки ЕЕГ-даних вдалося оцінити статистично значущі зміни в БЕА мозку, пов'язані не тільки з впливом окремих характеристик композицій, що прослуховувались, а й виявити взаємний їх вплив на емоційний стан піддослідних (Рис. 2). Незалежно від присутності музичного компонента в зразках, що прослуховувались піддослідними, їх взаємний вплив призводив до зниження спектральної потужності альфа-ритму та тета-ритму в симетрич-

них потиличних відведеннях O1 та O2 та в скронево-тім'яно-потиличних відведеннях обох півкуль альфа, бета та тета-ритмів T5 та T6. Крім того, в альфа-діапазоні подібна реакція була відзначена в передніх областях, а саме в лобовій Fp1 та Fp2.

Перехресну дію факторів спокою та аудіо-сигналу виявляли у відносному зростанні спектральної потужності альфа- та тета-ритму в правій гемісфері: значущі відмінності показані в центральному відведенні C4 татім'яній ділянці відведення P4.

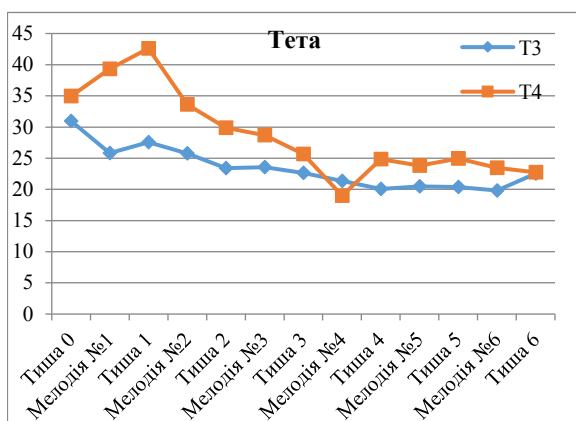
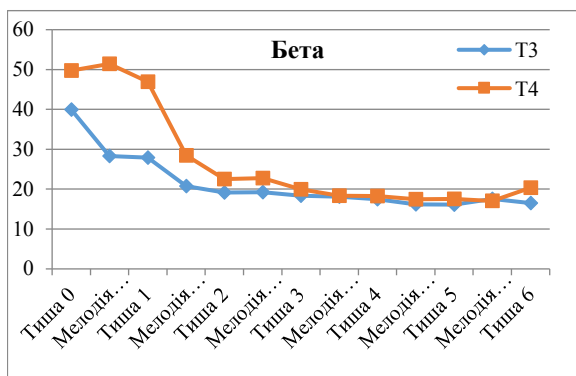
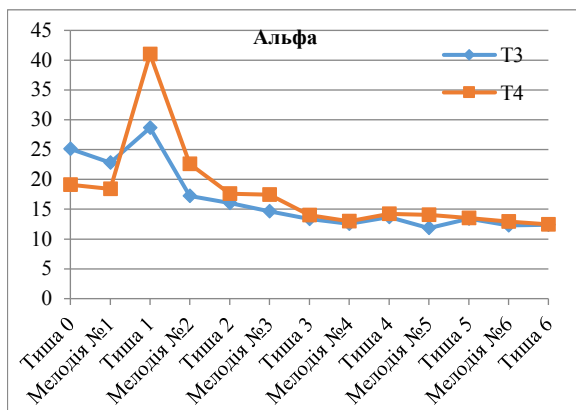


Рис. 3 Спектральні потужності альфа-, бета- та тета-ритмів симетричних скроневих передніх відведеннях T3 та T4

Музичний компонент в композиції надавав статистично значимий вплив на вираженість альфа-, бета- та тета-ритму в передніх скроневих відведеннях. Для наочності див. Рис. 3. Так найбільш значиме зниження спектральної потужності можна побачити в правій півкулі мозку.

#### ВИСНОВКИ

В даній роботі були обрані аудіо-сигнали кожного частотного діапазону згідно отриманих раніше спектральних характеристик. Вибір проводився з урахуванням охоплення чутного діапазону частот, а його результати наведені у Таблиця 1. Згідно розробленої методики [3] був проведений експеримент та аналіз зміни параметрів ритмів і локалізація ділянок мелодій, які найефективніше впливають на активність головного мозку людини. Судячи з отриманих результатів, тета-ритм проектував свою активність на пост-центральної області кори, бета-ритм проектував активність на симетричних потиличних відведеннях та альфа-ритми в передніх областях. Перспективою подальших досліджень є зменшення кількості аудіо-сигналів кожного частотного діапазону та збільшення часу спокою між ними.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] S. K. Rankin, P. W. Fink, and E. W. Large, "Fractal structure enables temporal prediction in music," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 136, no. 4, pp. EL256–EL262, Oct. 2014, DOI: [10.1121/1.4890198](https://doi.org/10.1121/1.4890198).
- [2] A. G. Polunina and N. P. Lefterova, "Topografiya spektralnykh kharakteristik bioelektricheskoy aktivnosti golovnoy mozga v sostoyanii pokoya," *Vestn. psikiatrii, Nevrol. i neyrokhirurgii*, vol. 4, pp. 48–54, 2012, URL: <https://panor.ru/magazines/vestnik-psikiatrii-nevrologii-i-neyrokhirurgii.html>.
- [3] D. A. Liashko and S. A. Naida, "Research spectra of complex audio signals and methods of music therapy," *Electron. Acoust. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 58–62, 2019, DOI: [10.20535/2617-0965.2019.2.2](https://doi.org/10.20535/2617-0965.2019.2.2).

# Experimental Study of Bioelectric Activity of the Brain of Students While Listening to a Musical Composition

D. O. Liashko, ORCID [0000-0001-9816-8992](https://orcid.org/0000-0001-9816-8992)

"Hicell Telecommunication LTD"

Kyiv, Ukraine

A. V. Damarad, ORCID [0000-0002-7153-8655](https://orcid.org/0000-0002-7153-8655)

Department of acoustic and multimedia electronic systems [ames.kpi.ua](http://ames.kpi.ua)

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" [kpi.ua](http://kpi.ua)

Kyiv, Ukraine

**Abstract**—In this paper describes the technique and experimental study of the spectral characteristics of the bioelectric activity of the brain of students while listening to musical compositions. Namely, the audio signals that were selected for spectral characteristics by the criterion of coverage of the audible frequency band. Using the statistical analysis, the results of the EEG processing of the experimental data are presented. The results obtained are reflected in brain activity maps by frequency and range for brain rhythms, including alpha, beta, and theta rhythms.

This paper describes the technique and experimental study of the spectral characteristics of the bioelectric activity of students' brains while listening to musical compositions. Music is an important model system for studying rhythmic communication because its rhythmic structure is well understood. In recent years, methods of computer processing of EEG data have become widely available. However, in clinical practice the traditional visual analysis of the obtained data dominates due to the lack of elaboration of norm and pathology criteria regarding the spectral characteristics of PEA. The bioelectric activity of the students' brain while listening to audio signals was studied, namely a music composition where a minute of silence was presented after each fragment. The audio signals were selected on the basis of spectral analysis after setting the characteristic frequencies with the highest amplitude to the entire spectrum, frequencies for each of the compositions, and divide the compositions into three groups of frequencies: low-frequency, mid-frequency and high-frequency. The method of experiment is to conduct studies of the stimulation of the central nervous system of the person by different audio signals.

For the study were selected on a public basis in accordance with the rules of bioethics, which are regulated by international documents, 9 volunteers – students. With the use of silver cup electrodes, located in 16 standard leads, the localization of which was determined in accordance with the international system "10-20". Separate ear electrodes were used as reference. EEG recording was performed in the bandwidth from 3 to 30 Hz. An analysis of changes in the rhythm parameters and localization of the melody sites that most effectively influence the activity of the human brain were carried out. Based on the results obtained, the theta rhythm projected its activity into the post-central cortical regions, the beta rhythm projected activity on symmetrical occipital leads and alpha rhythms in the anterior regions.

**Keywords** — *electroencephalogram; spectral analysis; musical composition.*

