

**Ministry of Education
and Science of Ukraine
Odesa Polytechnic National University
Institute of Medical Engineering**

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Одеська політехніка»
Інститут медичної інженерії**

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**PROCEEDINGS OF THE 4th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 07-09, 2025**

**МАТЕРІАЛИ ІV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
07-09 ТРАВНЯ 2025 РОКУ**

*Under the general editorship of
I. Prokhorovich, N. Manicheva*

*За загальною редакцією
І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої*

**Odesa, Ukraine / Одеса, Україна
“Astroprint” / «Астропринт»
2025**

Under auspice of the
Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”
За сприяння
Громадської організації «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів»

**CONFERENCE
ORGANIZING COMMITTEE:**

Oborskyi H. (Ukraine) – Organizing Committee Chairman
Prokopovych I. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Titova N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Manicheva N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman

**INTERNATIONAL
PROGRAM COMMITTEE:**

<i>Avrunin O.</i> (Ukraine)	<i>Shlykov V.</i> (Ukraine)
<i>Azarkhov O.</i> (Ukraine)	<i>Storchun E.</i> (Ukraine)
<i>Diadiura K.</i> (Ukraine)	<i>Suchkov H.</i> (Ukraine)
<i>Filatova A.</i> (Ukraine)	<i>Sukhodub L.</i> (Ukraine)
<i>Galkin A.</i> (Ukraine)	<i>Sydorenko I.</i> (Ukraine)
<i>Khudetskyi I.</i> (Ukraine)	<i>Timchik S.</i> (Ukraine)
<i>Kovalenko O.</i> (Ukraine)	<i>Vassilenko V.</i> (Portugal)
<i>Levashenko V.</i> (Slovakia)	<i>Vysotska O.</i> (Ukraine)
<i>Liashenko A.</i> (Ukraine)	<i>Wójcik W.</i> (Poland)
<i>Mamyrbayev O.</i> (Kazakhstan)	<i>Yavorska E.</i> (Ukraine)
<i>Maksymenko V.</i> (Ukraine)	<i>Yavorskyi B.</i> (Ukraine)
<i>Pavlov S.</i> (Ukraine)	<i>Zaitseva E.</i> (Slovakia)

Recommended for publication by Scientific Council Institute
of Medical Engineering of the
Odesa Polytechnic National University,
minutes No. 10, April 30, 2025

*The authors are responsible for the uniqueness of the text of the
materials and compliance with the requirements of academic integrity*

Free online access to printed materials at:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

**ОРГКОМІТЕТ
КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Оборський Г.О. (Україна) – голова оргкомітету
Прокопович І.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Тітова Н.В. (Україна) □ заступник
голови оргкомітету
Манічева Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету

**МІЖНАРОДНИЙ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

<i>Аврунін О.Г.</i> (Україна)	<i>Максименко В.Б.</i> (Україна)
<i>Азархов О.Ю.</i> (Україна)	<i>Павлов С.В.</i> (Україна)
<i>Вассіленко В.</i> (Португалія)	<i>Сідоренко І.І.</i> (Україна)
<i>Висоцька О.В.</i> (Україна)	<i>Сторчун Є.В.</i> (Україна)
<i>Вуйцік В.</i> (Польща)	<i>Суходуб Л.Ф.</i> (Україна)
<i>Галкін О.Ю.</i> (Україна)	<i>Сучков Г.М.</i> (Україна)
<i>Дядюра К.О.</i> (Україна)	<i>Тимчик С.В.</i> (Україна)
<i>Зайцева О.</i> (Словаччина)	<i>Філатова Г.Є.</i> (Україна)
<i>Коваленко О.С.</i> (Україна)	<i>Худецький І.Ю.</i> (Україна)
<i>Левашенко В.</i> (Словаччина)	<i>Шликов В.В.</i> (Україна)
<i>Ляшенко А.В.</i> (Україна)	<i>Яворська С.Б.</i> (Україна)
<i>Мамірбаєв О.</i> (Казакстан)	<i>Яворський Б.І.</i> (Україна)

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту медичної
інженерії Національного університету
«Одеська політехніка»,
протокол № 10 від 30 квітня 2025 року

*Автори несуть відповідальність за унікальність тексту
матеріалів та відповідність вимогам академічної доброчесності*

Комп'ютерна версія опублікованих матеріалів за адресою:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

М 78 **Modern** technologies of biomedical engineering : proceedings of the 4th international scientific and technical conference (May 07–09, 2025, Odesa, Ukraine) = Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (07–09 травня 2025 р., м. Одеса, Україна) / Under the gen. ed. of I. Prokopovych, N. Manicheva ; Ministry of Education and Science of Ukraine ; Odesa Polytechnic National University ; Institute of Medical Engineering. — Odesa : Astroprint, 2025. — 306 с.

ISBN 978-617-8515-53-9

The collected volume of scientific reports presented at the international scientific and technical conference is a scientific and practical publication that contains scientific articles by students, graduate students, candidates and doctors of sciences, teachers, researchers, scientists and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries, and beyond. The topics of reports are very diverse and cover many topical problems of modern fundamental sciences related to biomedical engineering. Based on the relevance of the topics and the high level of the presented reports, the conference materials should be recommended to the relevant organizations of the countries for use and implementation of research results in the field of biomedical engineering and informatics.

UDC 615.47:616-89

Збірник наукових доповідей міжнародної науково-технічної конференції є науково-практичним виданням, яке містить наукові статті студентів, аспірантів, кандидатів та докторів наук, викладачів, науковців та практиків з різних країн та регіонів України. Тематика доповідей дуже різноманітна та охоплює багато актуальних проблем сучасних фундаментальних наук, пов'язаних з біомедичною інженерією. Виходячи з актуальності тематик і високий рівень представлених доповідей, матеріали конференції доцільно рекомендувати відповідним організаціям для використання та впровадження результатів досліджень в практичну та наукову діяльність.

УДК 615.47:616-89

ISBN 978-617-8515-53-9

© Odesa Polytechnic National University, Institute of Medical Engineering, 2025
© Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”, 2025

Тетяна ЖЕМЧУЖКІНА, канд. техн. наук, доцент

Сергій КАЛІСТОВ, студент

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, e-mail: tatyana.zhemchuzhkina@nure.ua;
serhii.kalistov@nure.ua

ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АНАЛІЗУ СИМЕТРІЇ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ПСИХІЧНИМИ РОЗЛАДАМИ

Анотація. В роботі проведено аналіз досліджень мозкової активності у пацієнтів з різними психічними розладами. Обрано електроенцефалографічні показники, що корелюють з патологічними психічними станами. Розроблено застосунок для обчислення спектральної щільності потужності електроенцефалографічних сигналів для п'яти частотних діапазонів, побудови топографічної карти голови, обчислення індексів асиметрії для п'яти зон голови.

Ключові слова: асиметрія, електроенцефалографія, ритм, психічний розлад, спектральна щільність потужності, фільтрація

Актуальність дослідження. Психічні захворювання, які також називають розладами психічного здоров'я, стосуються широкого спектру станів, які впливають на настрій, мислення та поведінку. До психічних захворювань відносять депресію, тривожні розлади, шизофренію, розлади харчування та адиктивну поведінку.

У багатьох людей час від часу виникають проблеми з психічним здоров'ям, але занепокоєння психічним здоров'ям стає психічним захворюванням, коли триваючі ознаки та симптоми викликають частий стрес і впливають на здатність функціонувати.

Результати дослідження стану психічного здоров'я дорослого населення України у 2023 році [1] показують, що близько третини дорослих мають клінічно значущі проблеми, пов'язані з тривогою, травматичним стресом, втратою, поганим настроєм і зловживанням психоактивними речовинами. Дослідження у [2], присвячене поширеності розладів психічного здоров'я серед дорослих, які проживали в Україні протягом року після початку російсько-української війни, показали, що у квітні-травні 2023 року приблизно одна чверть дорослих в Україні страждала від ймовірного ПТСР (посттравматичний стресовий розлад) або КПТСР (комплексний посттравматичний стресовий розлад), понад 40% – від ймовірного депресивного розладу та одна чверть – від тривожного розладу. Більше третини повідомили про значну самотність.

Мета дослідження. На основі аналізу літератури з дослідженнями змін мозкової активності у пацієнтів з різними психічними розладами обрати електроенцефалографічні показники, що корелюють з патологічними психічними станами, та розробити застосунок для обчислення та візуалізації цих показників.

Основні матеріали досліджень. За останні кілька десятиліть захворюваність на розлади настрою стрімко зростає в усьому світі. Залежно від основних симптомів та їх розвитку в часі їх можна класифікувати на кілька клінічних підгруп. Одним із завдань клінічних нейрофізіологічних досліджень є пошук надійних маркерів, які могли б не тільки виявляти зміни у функціонуванні нервової системи при різних захворюваннях, а й сприяти об'єктивній діагностиці самих захворювань, у тому числі диференціальній діагностиці [3]. Для вирішення цього завдання найперспективнішим інструментом є електроенцефалографія (ЕЕГ). Кілька психобіологічних показників були широко досліджені як багатообіцяючі маркери розладів настрою. Серед них фронтальна асиметрія, виміряна в спокої за допомогою кількісної ЕЕГ. Ряд досліджень [4–7] підтверджують, що асиметрія фронтальної ЕЕГ може служити індексом ризику для різноманітних емоційних розладів, включаючи депресію та тривогу. У низці досліджень спостерігалися значні зміни альфа-асиметрії ЕЕГ (підвищення відносної лівої або зниженої відносної правої фронтальної ЕЕГ-активності) у підлітків із депресією, які отримували масаж і музичну терапію, у здорових осіб, а також у тих, хто мав в анамнезі суїцидальну депресію, які піддавалися 8-тижневій програмі медитації усвідомленості, а також у депресивних осіб, які проходили повторювані транскраніальні магнітні обстеження, лікування стимуляцією [4].

Згідно з численними даними, розвиток депресивних станів супроводжується зміною структури всіх частотних діапазонів ЕЕГ. Більшою мірою ці зміни стосуються основного ритму

ЕЕГ – альфа-ритму. Тому альфа-діапазон ЕЕГ традиційно привертає увагу дослідників завдяки його високій чутливості до різноманітних зовнішніх впливів і тонких змін функціонального стану кори головного мозку. Тим часом і нейрофізіологічні механізми, і функціональне значення альфа-ритму досі залишаються предметом дискусій [5].

Дослідники в [4] аналізували спектральну потужність у трьох альфа-діапазонах: альфа-I (8...10 Гц), альфа-II (10...13 Гц), повна альфа (8...13 Гц). Спектральна потужність оцінювалась для різних піддіапазонів альфа ритму, оскільки компоненти альфа-діапазону з нижчими та вищими частотами можуть мати окремі структури факторів, а також кожна із цих альфа-смуг може бути пов'язана із сором'язливою та соціально тривожною поведінкою. Перетворення натурального логарифму було виконано на даних спектральної потужності ЕЕГ для нормалізації розподілів. Окремі показники асиметрії ЕЕГ були розраховані для середньолобної, центральної та тім'яної областей [4].

Аналіз результатів в [4] показав, що для альфа II (10...13 Гц) значуща взаємодія за часом та областю вказує на те, що відбулася зміна асиметрії ЕЕГ від стану «до лікування» до стану «після лікування» у фронтальній області, але не в центральній частині або тім'яній області. У пацієнтів спостерігався зсув від відносно більшої правої до лівої фронтальної асиметрії ЕЕГ під час лікування [4].

В останні роки, разом із тривогою, розлади настрою представляють найбільш поширені та гетерогенні психічні захворювання в усьому світі. Можливий підхід до дослідження такого складного стану може спиратися на тяжкість симптомів настрою. У дослідженні [6] разом із пацієнтами з великим депресивним розладом (ВДР) автори також залучали пацієнтів із стійким депресивним розладом (СДР).

Одним із найбільш досліджених психофізіологічних маркерів депресивних симптомів є фронтальна асиметрія, виміряна у спокої. Зокрема, більша активність лівого лобового відділу була пов'язана з активацією поведінкового підходу, досягнення мети та маніакальними симптомами, тоді як зниження активації лівого лобового відділу було пов'язано з активацією відміни, невдачею, втратою, тривогою та депресивними симптомами. Більшість досліджень ЕЕГ показали більший альфа-ритм у лівих або правих ділянках у пацієнтів із ВДР порівняно зі здоровими контрольними особами, незалежно від стану закритих/відкритих очей. Аналіз джерел показує, що результати багатьох досліджень явно заперечують ідею про те, що лише фронтальна асиметрія є простим і зрозумілим діагностичним маркером депресії. Було б важливо досліджувати фронтальну асиметрію як маркер під час конкретних завдань, а не залишати учасників в стані спокою. Смути ЕЕГ, крім альфа-ритму, були менш досліджені, але вони могли виявити більшу надійність як потенційні маркери розладів настрою. Бета-смуга була використана в дослідженні авторів [6] як можливий маркер зміненої лобової активності пацієнтів у спокої та під час виконання лінгвістичного завдання. Порівняно зі здоровими дорослими пацієнти з ВДР показали відсутність фронтальної асиметрії та значно нижчу активацію лівих лобових відділів. Крім того, позитивний вплив у пацієнтів із ВДР позитивно корелював із бета-амплітудою ЕЕГ у лівій лобовій частині, що свідчить про те, що більш висока бета-активність ЕЕГ у лівих лобових ділянках пояснює оптимістичне та позитивне ставлення. Таким чином, бета-смуга є багатообіцяючим показником ЕЕГ у вивченні лобової асиметрії. Тим не менш, цей ритм зазвичай асоціюється з виконанням завдання, а не зі станом спокою, який, у свою чергу, зазвичай пов'язаний з альфа-модуляціями [6].

Результати, отримані авторами [6], продемонстрували двосторонню картину зниження амплітуди бета в обох групах з депресією (ВДР і СДР), у порівнянні з пацієнтами з евтимічним біполярним розладом, виявляючи подібну симетричну лобову гіпоактивацію. Це узгоджується з поточною літературою, яка демонструє відсутність лівої лобової активності у пацієнтів з депресією. У здоровому мозку функціональна ієрархія між півкулями та всередині півкуль вказує на домінування лівої префронтальної кори над правою та над лівими задніми відділами для багатьох когнітивних, метакогнітивних функцій і функцій високого рівня. Ця ліва/права та передня/задня асиметрія (представлена цим специфічним для людини моментом мозку) лежить в основі видоутворення та свідомості *Homo sapiens*, але зміни цієї асиметрії можуть призвести до несприятливих психічних розладів, таких як шизофренія, а також до найважчих форм біполярного та депресивного розладів [6].

Біполярний розлад є одним із найбільш виснажливих психічних захворювань у світі. На жаль, рання ідентифікація та діагностика цієї хвороби може бути складною, враховуючи, що

симптоматика депресивних епізодів при біполярному розладі зазвичай подібна до тих, які спостерігаються при однополярній депресії. Важливо відзначити, що, незважаючи на схожість, що залежить від епізоду, стратегії лікування уніполярної та біполярної депресії значно відрізняються [7].

Одним з найцікавіших методів вивчення відмінностей між біполярною та уніполярною депресією є ЕЕГ. Цей метод показує особливу перспективу та клінічну корисність, враховуючи легкість застосування в щоденній клінічній практиці та враховуючи його доступність. Серед електрофізіологічних параметрів фронтальна альфа-асиметрія (тобто різниця між правою мінус лівою фронтальною альфа-силою) і фронтальна тета-активність були широко досліджені при однополярній депресії. Аномалії альфа-асиметрії були пов'язані з поточними та минулими депресивними епізодами, а також із симптомами депресії у лобовій частині та симптомами тривоги у тім'яних ділянках. Як лобова альфа-асиметрія, так і фронтальна тета-активність обговорювалися як ранній предиктор лікування антидепресантами [7].

Результати. З аналізу джерел було отримано дані, що мозкова активність в таких діапазонах: тета (4...8 Гц), альфа (8...13 Гц), альфа-I (8...10 Гц) і альфа-II (10...13 Гц), бета (13...35 Гц) може корелювати із станами при психічних розладах. Ці частотні діапазони було додано в інтерфейс застосунку для вибору при аналізі (рис. 1).

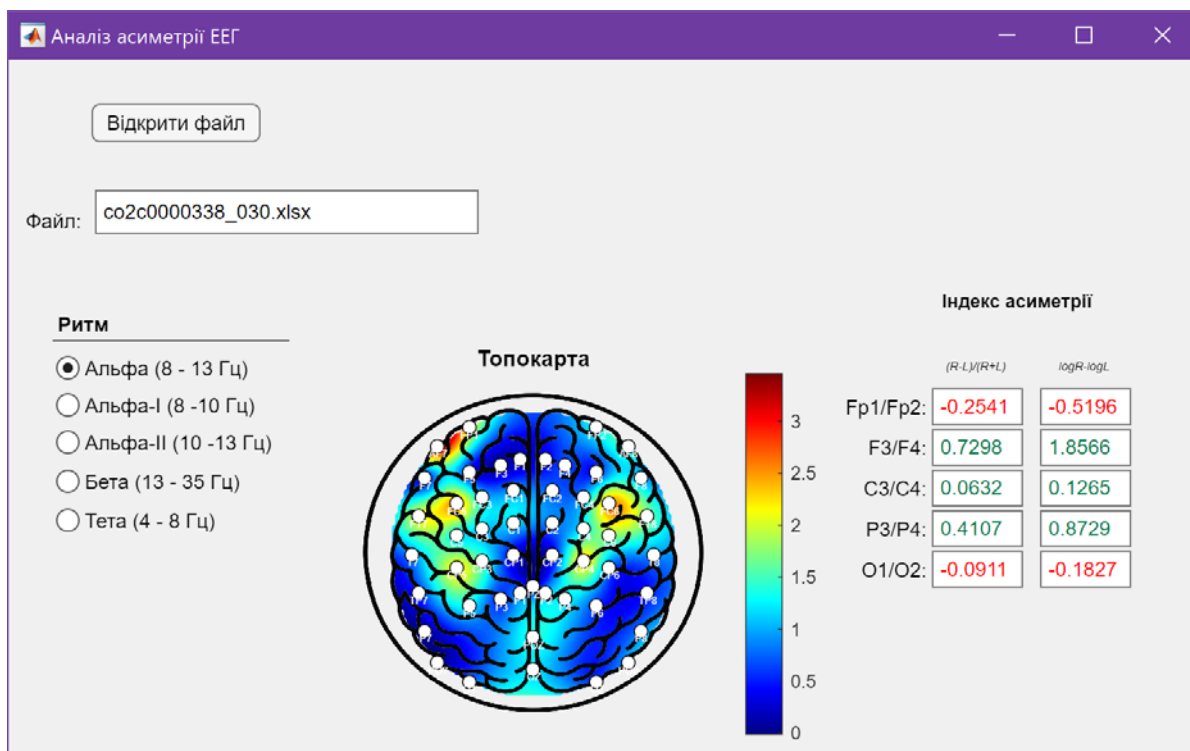


Рис. 1. Інтерфейс застосунку для аналізу асиметрії ЕЕГ

Мозкова активність аналізується за спектральною щільністю потужності. Електроенцефалографічні сигнали пацієнтів, записані за системою відведень 10-20, зберігаються у файл *.xlsx у такому форматі: в першому стовпці – назва відведення, в другому – значення ЕЕГ в цьому відведенні. При виборі файлу для аналізу дані ЕЕГ за всіма відведеннями зчитуються із файлу. Сигнали зі всіх відведень фільтруються смуговим фільтром Баттерворта для обраної частотної смуги. Обчислюється спектральна щільність потужності відфільтрованих сигналів.

За координатами, що є умовними 2D-проекціями з поверхні голови положення відведень системи 10-20, із масштабуванням відведень, що розташовані ближче до країв голови (Fp1, Fp2, O1, O2) або навіть трохи «за головою» (у 3D – це проекція на лоб, потилицю та низ потилиці), щоб усі вклалися в одиничне коло, виводимо на 2D-проекцію значення усередненої спектральної щільності потужності обраного частотного діапазону з відповідного відведення та інтерполюємо значення між заданими точками методом бігармонійної сплайн-інтерполяції [8]. Результатом є топографічна карта мозку, де значення середньої потужності ритму

відображається кольором: від темно-синього (найменше значення) до темно-червоного (найбільше значення).

Кількісні показники симетрії/асиметрії мозкової активності в аналізованому частотному діапазоні обчислювали за двома формулами:

$$AI = \frac{R - L}{R + L};$$

$$AI_{\ln} = \ln R - \ln L.$$

де AI та AI_{\ln} – індекс асиметрії та логарифмічний індекс асиметрії, відповідно;

R та L – значення середньої спектральної щільності потужності з правого (R) та лівого (L) відведень, розташованих симетрично.

Для аналізу було обрано 5 симетрично розташованих пар відведень: передньолобові (prefrontal) Fp1 та Fp2, лобові (frontal) F3 та F4, центральні (central) C3 та C4, тім'яні (parietal) P3 та P4, потиличні (occipital) O1 та O2. Обчислені індекси асиметрії виводяться червоним або зеленим кольором, якщо значення від'ємні чи додатні, відповідно.

Висновки. З аналізу літератури з дослідженнями маркерів психічних розладів було отримано, що асиметрія мозкової активності у п'яти частотних діапазонах може корелювати з психічними станами. Було розроблено застосунок для обчислення спектральної щільності потужності електроенцефалографічних сигналів для таких частотних діапазонів: тета (4...8 Гц), альфа (8...13 Гц), альфа-I (8...10 Гц) і альфа-II (10...13 Гц), бета (13...35 Гц), побудови топографічної карти голови для обраного частотного діапазону та обчислення індексів асиметрії для п'яти симетрично розташованих пар відведень: передньолобові, лобові, центральні, тім'яні, потиличні.

Література

1. Martsenkovskiy D, Shevlin M, Ben-Ezra M, Bondjers K, Fox R, Karatzias T, Martsenkovska I, Martsenkovsky I, Pfeiffer E, Sachser C, Vallières F, Hyland P (2024). Mental health in Ukraine in 2023. *European Psychiatry*, 67(1), e27, 1–8 <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.12>.
2. Shanshan Wang, Emily Barrett, Madelyn Hsiao-Rei Hicks, Dmytro Martsenkovskiy, Irina Holovanova, Olga Marchak, Liudmyla Ishchenko, Ubydul Haque, Nancy Fiedler, Associations between mental health symptoms, trauma, quality of life and coping in adults living in Ukraine: A cross-sectional study a year after the 2022 Russian invasion, *Psychiatry Research*, Volume 339, 2024, 116056, ISSN 0165-1781, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116056>.
3. Zhemchuzhkina T.V. Analysis of higher order spectra of epileptic EEG signals / T.V. Zhemchuzhkina, Tarchani Meriame // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – С. 878.
4. David A. Moscovitch, Diane L. Santesso, Vladimir Miskovic, Randi E. McCabe, Martin M. Antony, Louis A. Schmidt, Frontal EEG asymmetry and symptom response to cognitive behavioral therapy in patients with social anxiety disorder, *Biological Psychology*, Volume 87, Issue 3, 2011, Pages 379-385, <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.04.009>.
5. Bokhan NA, Galkin SA, Vasilyeva SN. EEG alpha band characteristics in patients with a depressive episode within recurrent and bipolar depression. *Consort Psychiatr.* 2023 Sep 29;4(3):5-12. doi: 10.17816/CP6140. PMID: 38249536; PMCID: PMC10795944.
6. Spironelli, C.; Fusina, F.; Bortolomasi, M.; Angrilli, A. EEG Frontal Asymmetry in Dysthymia, Major Depressive Disorder and Euthymic Bipolar Disorder. *Symmetry* 2021, 13, 2414. <https://doi.org/10.3390/sym13122414>.
7. Kristin Koller-Schlaud, Andreas Ströhle, Elisabeth Baerwolf, Joachim Behr, Johannes Rentzsch, EEG Frontal Asymmetry and Theta Power in Unipolar and Bipolar Depression, *Journal of Affective Disorders* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.07.011>.
8. Носова Т.В. Модуль обработки ЭЭГ-сигнала методом амплитудного картирования / Т.В. Носова, Т.В. Жемчужкина, Я.В. Носова, Ебис Халед // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 328.