

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЧЕРНИХ МАРІЯ ЄГОРІВНА**

УДК 612.8:007 + 159.91(075.8)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ НЕЙРОНАЛЬНИХ МЕРЕЖ  
КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ ЗА УМОВ СПРИЙНЯТТЯ  
ЕМОЦІОГЕННИХ ВІЗУАЛЬНИХ СТИМУЛІВ**

091 – Біологія

09 – Біологія

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Черних М.Є.

Науковий керівник – **Зима Ігор Григорович д.б.н., с.н.с., доц.**

**Київ- 2024**

## АНОТАЦІЯ

*Черних М.Є.* Особливості формування ефективних нейрональних мереж кори головного мозку людини за умов сприйняття емоціогенних візуальних стимулів. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 - Біологія. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2024.

Підготовка здійснювалась на кафедрі фізіології людини і тварин навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційна робота є комплексним дослідженням фундаментальних та прикладних проблем, пов'язаних із нейрофізіологічними механізмами сприйняття зорових емоціогенних стимулів на прикладі людських облич у представників чоловічої та жіночої статей. Окремо в роботі увага приділяється питанню уразливості даних механізмів до тривалого впливу стресогенних чинників.

Актуальність даного дослідження обумовлюється низкою причин, зокрема наявністю двох конкуруючих гіпотез на пояснення принципу функціонування механізму сприйняття обличчя – концепцій холістичної обробки та сприйняття за окремими ознаками. Також наразі не існує досліджень, які б ґрунтовно оцінювали динаміку зміни психоемоційного стану цивільного населення в умовах тривалого воєнного конфлікту. Окрім цього, дана робота є актуальною з точки зору розробки та апробації нових методик аналізу біологічних сигналів. Зокрема, для характеристики довгострокових кореляцій в часі у багатовимірному наборі даних, яким за фізичними параметрами є електроенцефалограма, було застосовано алгоритм ненаправленого ковзного середнього.

Необхідно зазначити, що дослідження відкриває перспективи подальшої розробки інтерфейсів мозок-комп'ютер, що можуть реалізовуватись в програмах нейрофідбек-терапії, а також для тренування штучних нейромереж конволюційного

типу з метою розробки діагностичних систем на основі дослідження динаміки викликаної електричної активності кори великих півкуль головного мозку людини в основних частотних діапазонах.

Метою роботи було з'ясування особливостей нейрофізіологічних механізмів, відповідальних за сприйняття емоціогенних візуальних стимулів різної валентності на прикладі зображень людських облич – як природних, так і штучно видозмінених - на основі утворених ефективних нейрональних мереж у період до початку та під час повномасштабної військової агресії російської федерації.

У вступі до дисертаційної роботи визначено мету та завдання даного дослідження, обґрунтовано актуальність обраної теми, охарактеризовано предмет та об'єкт дослідження, перелічено методи, які використовувались для досягнення мети роботи. Окрім цього, у даному розділі роботи окреслено аспекти дослідження, що визначають його наукову новизну, а також зазначено основні результати роботи та перспективні напрямки їх практичного використання. Наведено дані щодо апробації результатів, отриманих в ході роботи, та виділено особистий внесок здобувача у представлених наукових працях.

Перший розділ роботи містить огляд актуального наукового доробку, присвяченого тематиці дослідження. Так, у ньому розглянуто принципи організації взаємозв'язків ділянок кори та підкіркових структур, що можуть бути залученими до сприйняття емоційного обличчя. Означено два конкуруючі концептуальні підходи до характеристики перебігу процесу зчитування людського обличчя, а саме холістичний та за окремими ознаками, та сукупність свідчень на користь кожного з них. Наведено особливості просторово-часового перебігу процесу обробки зображення обличчя, визначені з використанням методу потенціалів, пов'язаних з подією. Розглянуто основи фрактальної організації електричної активності головного мозку, а також принципи оцінки когнітивно-емоційного функціонування головного мозку людини на основі визначення співвідношень різних діапазонів електричної активності. Зрештою, описано наслідки хронічного впливу стресогенних факторів з точки зору нейрофізіологічних механізмів.

Другий розділ містить основні відомості про організацію експериментальної парадигми, стимуляційні програми, структуру вибірки та основні етапи попередньої обробки даних, проведення розрахунків. Оскільки основним методом, використаним в даній роботі, була електроенцефалографія (ЕЕГ), у даному розділі описано основні характеристики та математичний апарат алгоритмів, що були застосовані для аналізу отриманих даних, а саме потенціалів, пов'язаних з подією; методу ненаправленого ковзного середнього; методу оцінки співвідношень основних діапазонів електричної активності головного мозку на основі розрахунку глобальної потужності поля. Використання такого набору методів було направлене на всебічну оцінку функціонування кори головного мозку на основі різноманітних фізичних параметрів. Зокрема, когнітивні потенціали, пов'язані з подією, були розраховані з метою відображення просторово-часових характеристик перебігу процесу аналізу візуальних стимулів. Алгоритм ненаправленого ковзного середнього застосовувався для визначення міри комплексності і характеристик поведінки коливального процесу в різних піддіапазонах електричної активності з різним ступенем прогностичності. Окрім цього, було проведено порівняння динамічних характеристик базових співвідношень діапазонів сигналу з метою визначення домінуючих когнітивних процесів та формування уявлення про потенційні корекційні методики.

У третьому розділі наведено основні результати, отримані із використанням методу потенціалів, пов'язаних з подією (ППП). Відмічалось, що порівняння даних, отриманих до та під час повномасштабного вторгнення виявило більшу вираженість відмінностей для стимуляційних серій, що включали зображення розмитих облич, порівняно із перемішаними стимулами. При пред'явленні стимуляційних серій із зображеннями розмитих облич в обох групах можна було спостерігати значущі відмінності у трьох основних часових проміжках епохи аналізу, що відображає запуск роботи механізмів, пов'язаних із суттєвою когнітивною обробкою стимульного матеріалу. Водночас, для зображень перемішаних облич подібних ефектів не спостерігалось - навпаки, ефекти комбінацій такого типу стимулів відображались переважно у змінах ранніх компонентів кривої, що пов'язані із швидким мимовільним позасвідомим реагуванням. Можна припустити, що дане явище ще раз

свідчить на користь холістичної концепції сприйняття обличчя. Окрім цього, було виявлено гендерні відмінності в стратегіях сприйняття обличчя, а саме значущо більшу реактивність жінок до негативних стимулів; значущо більшу вираженість процесів, пов'язаних із розлогою когнітивною обробкою емоційного вмісту представлених зображень (регуляція роботи систем уваги, пам'яті), характерну для групи жінок.

У четвертому розділі представлено результати дослідження, виконаного із застосуванням алгоритму ненаправленого ковзного середнього (НКС). Отримані теплові карти підкреслюють збереження рівня комплексності динаміки біоелектричної активності кори головного мозку під час сприйняття емоціогенних візуальних стимулів. Як і у випадку із аналізом потенціалів, пов'язаних із подією, можна відмітити більший рівень когнітивно-емоційного залучення при сприйнятті розмитих облич порівняно із перемішаними, незалежно від періоду отримання даних, в обох експериментальних групах. При проведенні внутрішньогрупового порівняння між станами до початку та під час повномасштабного вторгнення можна було спостерігати залучення більшої кількості ресурсів для регуляції різних типів уваги та пам'яті, нестійкість процесів низхідної регуляції когнітивної діяльності та утруднення інтеграції вхідної інформації в стані під час повномасштабного вторгнення, що може підкреслювати ефекти постійної дії травмівних факторів.

Вміст п'ятого розділу роботи становлять результати застосування методу глобального потенціалу поля для розрахунку розвитку в часі основних співвідношень діапазонів електричної активності –  $\alpha/\theta$ ,  $\alpha/\beta$ ,  $\theta/\beta$  – які розглядаються як маркери домінуючих процесів у функціональній активності головного мозку людини. При проведенні дослідження було встановлено, що основні відмінності спостерігались в значеннях  $\theta/\beta$  коефіцієнту, що підтверджує його значущість у відображенні рівня залученості та направленої уваги, а також задіяності когнітивного ресурсу в процесі виконання поточної діяльності. Отримані для даного методу результати цілком співвідносились із динамікою, відображеною в кривих потенціалів, пов'язаних з подією. Так, суттєве падіння рівня залученості спостерігалось переважно у пізніх часових проміжках від моменту подачі стимулу. Окрім цього, відмінності були виявлені для чоловічої та жіночої груп. Так, чоловічій групі притаманним було

підтримання рівня уваги при перегляді стимуляційних серій із позитивними та нейтральними обличчями. В той же час, жіноча група характеризувалась не тільки більш вираженим падінням контролю уваги, а і зменшенням селективності реакції на представлені стимули. Отримані результати можуть сформувати основу для підбору релевантних терапевтичних нейрофідбек-протоколів.

Наукова новизна отриманих результатів визначається наступним:

1) Вперше було проведено глибинний аналіз показників електричної активності кори великих півкуль головного мозку людини в умовах хронічного перебування повномасштабного вторгнення рф з використанням арсеналу сучасних методів дослідження.

2) Вперше було проведено всебічну комплексну оцінку нейрофізіологічних механізмів сприйняття людського обличчя із поєднанням методів когнітивних потенціалів, пов'язаних з подією, мультифрактальних підходів та алгоритму оцінки динамічних змін співвідношень коливань у основних діапазонах електричної активності з використанням методу глобальної потужності поля.

3) В результаті проведеного дослідження вперше було вивчено, як тривала дія травмівних факторів рівноцінно впливає на організацію функціонування нейрональних мереж уваги, пам'яті та емоційної регуляції у представників обох статей, що відображається у змінах амплітудно-часових характеристик когнітивних потенціалів, пов'язаних з подією (i); падінні рівня організації та прогностичності біоелектричного сигналу (ii); динаміці зміни співвідношення в  $\alpha$ -,  $\theta$ - і  $\beta$ - діапазонах біоелектричної активності (iii).

4) Вперше було продемонстровано прогностичні властивості методу ненаправленого ковзного середнього у поєднанні з результатами, отриманими із використанням класичних методів аналізу електроенцефалограми.

Результатом роботи є комплексна оцінка просторово-часових характеристик перебігу процесу сприйняття емоціогенних візуальних стимулів на прикладі людських облич у представників чоловічої та жіночої статей. Базуючись на отриманих даних, визначено домінування холістичної концепції в основі даного нейрофізіологічного процесу. Окрім цього, проведено аналіз динаміки зміни

сприйняття обличчя в умовах хронічної дії стресогенних факторів та вітальної загрози, а також визначено основні параметри для розробки реабілітаційних методик на основі показників електричної активності головного мозку.

Матеріали за результатами виконання досліджень опубліковано в 4 наукових працях (одна стаття у закордонному фаховому періодичному виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, та три статті у вітчизняних фахових виданнях). Виконано апробацію результатів в рамках наукових конференцій з опублікуванням трьох тез доповіді.

*Ключові слова: електроенцефалографія; біоелектрична активність; нейрофізіологія; емоції; обличчя; потенціали, пов'язані з подією; метод ненаправленого ковзного середнього (НКС); коефіцієнти  $\alpha/\theta$ ,  $\alpha/\beta$ ,  $\theta/\beta$ ; нейрофідбек; функціональна зв'язаність; статеві відмінності; рівень стресу;*

## ABSTRACT

Features of the effective neuronal networks of human cerebral cortex formation under the conditions of emotional visual stimuli perception - qualifying scientific work on the rights of the manuscript - by PhD-student *Mariia Chernykh*.

Thesis for obtaining the scientific degree of PhD (Doctor of Philosophy) in specialty 091 - Biology. Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, 2024.

The work was carried out at the Department of Human and Animal Physiology, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko Kyiv National University, Ministry of Education and Science of Ukraine.

The dissertation is a comprehensive study of fundamental and applied problems related to the neurophysiological mechanisms of perception of visual emotional stimuli using the example of human faces in male and female representatives. Separately, the work pays attention to the issue of the vulnerability of these mechanisms to the long-term influence of stressogenic factors.

The relevance of this study is determined by several reasons, in particular, the presence of two competing hypotheses to explain the face perception mechanism functioning - the concepts of holistic processing and perception by individual features. Also, currently, there are no studies that would thoroughly evaluate the dynamics of changes in the psycho-emotional state of the civilian population in the conditions of a long military conflict.

In addition, this work is relevant from the point of view of the development and testing of new techniques for the biological signal analysis. In particular, to characterize long-term correlations in time in a multidimensional data set, which is an electroencephalogram, an undirected moving average algorithm was used. Also, the research opens up prospects for the further development of brain-computer interfaces that can be implemented in neurofeedback therapy programs, as well as for artificial neural networks of the convolutional type training to develop diagnostic systems based on the study of the

dynamics of the evoked cortical electrical activity of the human brain in the main frequency ranges.

The work aimed to find out the features of the neurophysiological mechanisms responsible for the perception of emotional visual stimuli of different valence using the example of images of human faces, both natural and artificially modified based on the effective neuronal networks formed in the period before and during the full-scale military aggression of the Russian Federation.

In the introduction to the dissertation work, the purpose and tasks of this research are determined, the relevance of the chosen topic is substantiated, the subject and object of the research are characterized, and the methods used to achieve the goal of the work are listed. In addition, this section of the work outlines the aspects of the research that determine its scientific novelty, as well as the main results of the work and promising directions for their practical use. The data on the approval of the results obtained during the work are presented, and the personal contribution of the recipient in the presented scientific works is highlighted.

The first section of the work contains an overview of current scientific work devoted to the topic of the study. Thus, it considers the principles of the organization of interrelationships within areas of the cortex and subcortical structures that may be involved in the perception of an emotional face image. Two competing conceptual approaches to the characterization of the process of reading the human face are identified namely holistic and individual features, and a set of evidence in favor of each of them. Features of the spatio-temporal course of the face image processing process, determined using the method of event-related potentials, are presented. The fundamentals of the fractal organization of the electrical activity of the brain, as well as the principles of assessing the cognitive-emotional functioning of the human brain based on determining the ratios of different ranges of electrical activity, are considered. Finally, the consequences of chronic exposure to stressogenic factors are described from the point of view of neurophysiological mechanisms.

The second section contains basic information about the organization of the experimental paradigm, stimulation programs, sample structure, and the main stages of data preprocessing and calculations. Since the main method used in this work was electroencephalography (EEG), this section describes the main characteristics and

mathematical apparatus of the algorithms that were used to analyze the obtained data, namely event-related potentials; undirected moving average method; method of estimating the ratios of the main ranges of electrical activity of the brain based on the calculation of the global field strength. The use of such a set of methods was aimed at a comprehensive assessment of the functioning of the cerebral cortex based on various physical parameters. In particular, event-related cognitive potentials were calculated to reflect the spatio-temporal characteristics of the process of analyzing visual stimuli. The algorithm of the non-directional moving average was used to determine the degree of complexity and characteristics of the behavior of the oscillatory process in different sub-ranges of electrical activity with different degrees of predictability. In addition, a comparison of the dynamic characteristics of the basic ratios of the signal ranges was carried out to determine the dominant cognitive processes and form an idea about potential correction methods.

The third section presents the main results obtained using the event-related potential (ERP) method. It was noted that a comparison of data obtained before and during the full-scale invasion revealed a greater degree of difference for the stimulus series that included images of blurred faces compared to the scrambled stimuli. When presented with a stimulation series with images of blurred faces in both groups, significant differences could be observed in the three main time intervals of the analysis epoch, reflecting the activation of mechanisms associated with significant cognitive processing of the stimulus material. At the same time, similar effects were not observed for images of mixed faces, on the contrary, the effects of combinations of this type of stimuli were mainly reflected in changes in the early components of the curve, which are associated with fast involuntary non-conscious responding. It can be assumed that this phenomenon once again testifies in favor of the holistic concept of face perception. In addition, gender differences in face perception strategies were found, namely, significantly greater reactivity of women to negative stimuli; and significantly greater expressiveness of the processes associated with extensive cognitive processing of the emotional content of the presented images (regulation of the attention and memory systems), characteristic of the group of women.

The fourth chapter presents the results of the study performed using the detrended moving average (DMA) algorithm. The obtained heat maps emphasize the preservation of

the level of complexity of the dynamics of the bioelectric activity of the cerebral cortex during the perception of emotional visual stimuli. As with the analysis of event-related potentials, a higher level of cognitive-emotional involvement can be noted when perceiving blurred faces compared to scrambled faces, regardless of the period of data acquisition, in both experimental groups. When conducting an intragroup comparison between the states before the beginning and during the full-scale invasion, it was possible to observe the involvement of more resources for the regulation of different types of attention and memory, the instability of the processes of the down-regulation of cognitive activity, and the difficulty of integrating the input information in the state during the full-scale invasion, which can emphasize the effects of constant action of traumatic factors.

The content of the fifth section of the work is the results of the application of the global field potential method for calculating the development over time of the main ratios of the electrical activity ranges  $\alpha/\theta$ ,  $\alpha/\beta$ ,  $\theta/\beta$ , which are considered markers of dominant processes in the functional activity of the human brain. When conducting the research, it was established that the main differences were observed in the values of the  $\theta/\beta$  coefficient, which confirms its significance in reflecting the level of involvement and directed attention, as well as the use of cognitive resources in the process of performing the current activity. The results obtained from this method were fully correlated with the dynamics reflected in the potential curves associated with the event. Thus, a significant drop in the level of involvement was observed mainly in the late time spans from the moment of the stimulus. In addition, differences were found for male and female groups. Thus, the male group was characterized by maintaining the level of attention when viewing stimulus series with positive and neutral faces. At the same time, the female group was characterized not only by a more pronounced drop in attention control but also by a decrease in the selectivity of the response to the presented stimuli. The obtained results can form the basis for the selection of relevant therapeutic neurofeedback protocols.

The scientific novelty of the obtained results is defined as follows:

- 1) For the first time, an in-depth analysis of the cerebral hemisphere electrical activity indicators of the human brain under conditions of chronic exposure to full-scale invasion of the Russian Federation using an arsenal of modern research methods was carried out.

2) For the first time, a comprehensive assessment of the neurophysiological mechanisms of human face perception was carried out with a combination of event-related cognitive potential methods, multifractal approaches and an algorithm for evaluating dynamic changes in oscillation ratios in the main ranges of electrical activity using the global field strength method.

3) As a result of the conducted research, it was studied for the first time how long-term exposure to traumatic factors equally affects the organization of the functioning of neuronal networks of attention, memory and emotional regulation in representatives of both sexes, which is reflected in changes in the amplitude-time characteristics of cognitive potentials associated with event (i); decrease in the level of organization and predictability of the bioelectrical signal (ii); the dynamics of changes in the ratio in the  $\alpha$ -,  $\theta$ - and  $\beta$ - ranges of bioelectric activity (iii).

4) For the first time, the prognostic properties of the undirected moving average method were demonstrated in combination with the results obtained using classical methods of electroencephalogram analysis. Based on the obtained data, an assumption is made about the prevailing significance of the holistic concept of this neurophysiological process. In addition, an analysis of the dynamical alterations in face perception under the conditions of chronic exposure to stressogenic factors and vital threats was carried out, as well as the main parameters for the development of rehabilitation techniques based on indicators of electrical activity of the brain were determined.

Materials based on the results of the research were published in 4 scientific works (one article in a foreign special periodical, included in the international databases Scopus and Web of Science, and three articles in domestic scientific periodicals). Approbation of the results was carried out within the framework of scientific conferences with the publication of three theses.

*Keywords: electroencephalography; neurophysiology; bioelectrical activity; emotions; face; event-related potentials; the detrended moving average method (DMA); ratios  $\alpha/\theta$ ,  $\alpha/\beta$ ,  $\theta/\beta$ ; neurofeedback; functional connectivity; gender differences; stress level;*

## ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:*

1. **Chernykh, M., & Zyma, I.** (2021). Peculiarities of information transfer within functional cortical network during emotional face perception. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 84(1), 48–53. [https://doi.org/10.17721/1728\\_2748.2021.84.48-53](https://doi.org/10.17721/1728_2748.2021.84.48-53). ISSN: 1728-2748. (Індексується в Index Copernicus)

(Здобувачем виконано концептуалізацію; підбір релевантної методології та експериментального дизайну; визначення аналітичних алгоритмів; отримання, підготовку та препроцесинг даних; формальний аналіз; статистичний аналіз та валідацію результатів; написання – підготовка оригінального проекту та редагування)

2. **Chernykh, M., Vodianyk, B., Seleznov, I., Harmatiuk, D., Zyma, I., Popov, A., & Kiyono, K.** (2022). Detrending moving average, power spectral density, and coherence: Three EEG-based methods to assess emotion irradiation during facial perception. *Applied Sciences*, 12(15), 7849. (Special Issue "Application of Electroencephalography (EEG) Signal Analysis in Disease Diagnosis", Section "Applied Biosciences and Bioengineering") <https://doi.org/10.3390/app12157849>. ISSN: 2076-3417. (Індексується в Scopus та Web of Science, Q2).

(Здобувачем виконано концептуалізацію; підбір методології; отримання, підготовка та препроцесинг даних; формальний аналіз; написання – підготовка оригінального проекту та редагування; проведено комплексну оцінку фізіологічних проявів та нейрофізіологічної динаміки, отриманих при порівнянні класичних методів аналізу та новітніх неконвенційних підходів).

3. Subin, Y., **Chernykh, M., Zyma, I.** (2023). EEG dynamics during emotional face perception under the variable presentation time: An ERP study. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 92(1), 10–16. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.92.10-16>. ISSN: 1728-2748 (Індексується в Index Copernicus)

(Здобувачем виконано концептуалізацію; підбір релевантної методології та експериментального дизайну; формальний аналіз; статистичний аналіз та валідацію результатів; написання – підготовка оригінального проєкту та редагування).

4. **Chernykh, M., & Zyma, I. (2023).** Distorted face perception: an ERP study of emotional expression processing. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology.* 2023. Vol. 94, no. 3. P. 46–53. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.94.46-53> ISSN: 1728-2748 (Індексується в Index Copernicus).

(Здобувачем виконано концептуалізацію; підбір релевантної методології та експериментального дизайну; визначення аналітичних алгоритмів; отримання, підготовку та препроцесинг даних; формальний аналіз; статистичний аналіз та валідацію результатів; написання – підготовка оригінального проєкту та редагування)

*Апробація наукових результатів дисертації*

1. **Chernykh, M., & Zyma, I. (2021).** Analysis of the emotional stimuli presentation aftereffects within the effective neural networks in the human cerebral cortex. XIX Міжнародна конференція студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя. 12-13 травня 2021 р., сс.245-246.

2. Vodianyk, B., Seleznov, I., **Chernykh, M.,** Zyma, I., Popov, A., and Kiyono, K. (2021). Conference Paper. Signal Processing Symposium (SPSymposium), Lodz, Poland, 2021, pp. 279-283, doi: 10.1109/SPSymposium51155.2020.9593764. (Індексується в базах даних Scopus та Web of Science).

3. **Chernykh, M., & Zyma, I. (2023).** Blurred emotion: ERP study of emotion irradiation during distorted face perception. XX Міжнародна конференція студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя. 27-28 квітня 2023 р., сс.175-178.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕЕГ – електроенцефалографія.

ППП – потенціали, пов'язані з подією.

БЕА – біоелектрична активність.

НКС – ненаправлене ковзне середнє.

ГПП – глобальна потужність поля.

VOТС – вентральна потилично-скронева кора (ventral occipito-temporal cortex).

АТFA – обличчя-специфічна ділянка передньої скроневої кори (anterior temporal face area).

FFA – обличчя-специфічна ділянка кори веретеноподібної звивини (fusiform face area).

ОFA – обличчя-специфічна ділянка потиличної кори, (occipital face area).

фМРТ – функціональна магнітно-резонансна томографія.

ATL – передня скронева частка.

mPFC – медіальна префронтальна кора

ERN – потенціал ранньої задньої негативності

LPP – пізній позитивний потенціал

Д/В – до початку повномасштабного вторгнення.

П/В – під час повномасштабного вторгнення.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ .....  | 2  |
| ВСТУП.....  | 18 |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ СПРИЙНЯТТЯ ЛЮДСЬКОГО<br>ОБЛИЧЧЯ .....   | 25 |
| 1.1 Холістично чи ознаково? Як людський мозок зчитує обличчя  | 25 |
| 1.2 Структура церебральної мережі, відповідальної за сприйняття обличчя   | 27 |
| 1.3 Особливості психоемоційного стану цивільного населення України в умовах<br>повномасштабного вторгнення російської федерації                     | 32 |
| 1.4 Дослідження сприйняття емоційних облич з використанням потенціалів,<br>пов'язаних з подією  | 36 |
| 1.5 Фрактальність електричної активності головного мозку та емоції  | 39 |
| 1.6 Співвідношення потужності у основних діапазонах електричної активності<br>головного мозку як показник функціональної активності головного мозку | 41 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....  | 45 |
| 2.1 Дизайн експерименту   | 45 |
| 2.2 Метод реєстрації потенціалів, пов'язаних з подією   | 49 |
| 2.3 Алгоритм ненаправленого ковзного середнього   | 50 |
| 2.4 Розрахунок основних ЕЕГ-коефіцієнтів на основі аналізу динаміки викликаного<br>електричної активності   | 52 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОДІЄЮ, ТА<br>ОБГОВОРЕННЯ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ.....   | 54 |
| 3.1 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями  | 54 |
| 3.1.1. Аналіз ППП в групі жінок (до та під час повномасштабного вторгнення).....  | 54 |
| 3.1.2 Аналіз ППП в групі чоловіків (до та під час повномасштабного вторгнення)  | 62 |
| 3.1.3 Аналіз результатів міжгрупового порівняння .....  | 69 |
| 3.1.3.1 Дослідження результатів, отриманих до початку повномасштабного<br>вторгнення.....   | 69 |
| 3.1.3.2 Дослідження результатів, отриманих під час повномасштабного вторгнення  | 76 |
| 3.2 Дослідження експериментальної серії із перемішаними обличчями   | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.1 Аналіз ППП в групі жінок (до початку та під час повномасштабного вторгнення)   | 83  |
| 3.2.2 Аналіз ППП в групі чоловіків (до початку та під час повномасштабного вторгнення)   | 90  |
| 3.2.3 Аналіз результатів міжгрупового порівняння   | 96  |
| 3.2.3.1 Дослідження результатів, отриманих до початку повномасштабного вторгнення  | 96  |
| 3.2.3.2 Дослідження результатів, отриманих під час повномасштабного вторгнення   | 102 |
| Висновки до розділу  | 108 |
| <b>РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ НЕНАПРАВЛЕНОГО КОВЗНОГО СЕРЕДНЬОГО ТА ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ</b>  | 111 |
| 4.1 Аналіз стану спокою  | 113 |
| 4.2 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями   | 120 |
| 4.3 Дослідження експериментальної серії із перемішаними обличчями  | 148 |
| <b>РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВИКЛИКАНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ОСНОВНИХ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНАХ ЗА УМОВ СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІОГЕННИХ ВІЗУАЛЬНИХ СТИМУЛІВ</b> | 175 |
| 5.1 Аналіз стану спокою  | 175 |
| 5.2 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями   | 185 |
| Висновки до розділу  | 226 |
| <b>ВИСНОВКИ</b>  | 227 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>  | 229 |
| <b>ДОДАТКИ</b>   | 255 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** З огляду на домінуючу роль зорової сенсорної системи у повсякденній взаємодії людини та елементів зовнішнього середовища, здатність ефективно зчитувати та інтерпретувати значення сукупності зорових стимулів великою мірою обумовлює успішне існування. Окрему привілейовану нішу в даній категорії подразників займають обличчя – комплексні багатовимірні візуальні стимули, що формують стратегію соціальної комунікації. Еволюційно усталене для приматів постійне існування в групі вимагає від людини навички швидко зчитувати цілий ряд характеристик особи безпосередньо (наприклад, вік, стать тощо) та середовища опосередковано (через вираз обличчя – наприклад, емоція страху попереджає про наявність потенційної загрози). Проте в розрізі сприйняття людського обличчя йдеться не тільки про вибудовування успішних соціальних інтеракцій, а й про розуміння психоемоційного стану та намірів інших людей.

Необхідно зазначити, що й досі в даній царині досліджень існує досить багато суперечливих гіпотез та даних. По-перше, наразі відсутня єдність поглядів на природу навички сприймати людське обличчя: чи є здатність розпізнавати обличчя представника свого виду вродженою, чи ми поступово напрацьовуємо дану навичку в онтогенезі через постійну експозицію до подразника. Втім, загальноприйнятим є бачення функціонування мозку за принципом баєсового висновування, коли йдеться про обробку вхідної сенсорної інформації. Це означає, що під час аналізу нової інформації відбувається неперервне порівняння із шаблоном, сформованим попереднім досвідом, що статистично визначає відповідь у кожному конкретному випадку [1]. Таким чином, актуальний досвід суттєво впливає на подальші відповіді на певний тип стимуляції [2]. Окремим цікавим аспектом у даному випадку виступають наслідки впливу контексту, у якому безпосередньо демонструються стимули, на формування ефективних нейрональних мереж для їхньої обробки. У даному ключі ефективні нейрональні мережі, на противагу функціональним нейрональним мережам [3], розглядаються як ансамблеве об'єднання різних ділянок кори, що формується у відповідь на поточне завдання. Подібні об'єднання можуть

описуватися з точки зору різних вимірів, таких як лінійні та нелінійні, параметричні та непараметричні, частотні та часові, та загалом відображають динаміку передачі інформації в корі задля виконання актуальної задачі.

По-друге, досі остаточно нез'ясованим залишається базовий механізм розрізнення обличчя. Більше того, існують дві конкуруючі гіпотези, спрямовані на пояснення даного нейрофізіологічного механізму: одна з них керується холістичним підходом, згідно якого обличчя сприймається і зберігається як неподільне ціле, без виокремлення окремих частин. Інше пояснення засновується на радше механістичних уявленнях про природу процесу, представляючи обличчя як набір елементів, що сприймаються і зберігаються в пам'яті ізольовано. У даному випадку сприйняття розглядається з точки зору дуального кодування, тобто через оцінку окремих конструктивних елементів обличчя та їхньої конфігурації [4].

Зрештою, багато в чому питання, пов'язані із механізмами сприйняття обличчя, набули значущої актуальності під час повномасштабної військової агресії російської федерації проти України. Наразі не існує досліджень, які б ґрунтовно оцінювали динаміку зміни психоемоційного стану цивільного населення в умовах тривалих бойових дій високої інтенсивності. Безпрецедентний для новітньої історії людства масштаб та інтенсивність конфлікту, використання ЗМІ як зброї масового ураження та доступність графічного контенту, психоемоційне перевантаження і виснаження [5], хронічний стрес, реорганізація взаємин в суспільстві – все це є актуальними для українського суспільства викликами. Саме тому наразі важливою є оцінка наявних змін у базових нейрофізіологічних механізмах та ступінь їхнього прояву, оскільки необхідним є поступове формування інструментарію для корекції наслідків війни на рівні цілого суспільства.

**Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.** Тема дисертаційного дослідження співвідноситься із науковим напрямом кафедри фізіології людини та галузі знань «Біологія»: вимірювання та оцінка показників функціонування органів та систем органів в умовах експериментального впливу; розробка та обґрунтування алгоритмів аналізу фізіологічних даних. Дисертаційне дослідження виконане в рамках завдань

перспективного плану розвитку наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я», наукової теми кафедри «Вплив пандемії Covid-19 на діяльність основних функціональних систем організму людини» (н.к. д.б.н, проф. Макарчук М.Ю.) наукової школи «Фізіологія мозку».

За тематикою дослідження розпочато наукову співпрацю Joint International Research (2022-2027) з групою біофізики та data science (проф. Кен Кійоно), факультету механічних наук та біоінженерії, відділення аспірантури з інженерних наук університету Осака, Японія (Prof. Ken Kiyono Group, Department of Mechanical Science and Bioengineering, Graduate School of Engineering Science, Osaka University) та науковою групою з біомедичної електроніки та аналізу сигналів (доц. к.т.н. Попов А.О.) кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна) із запланованим проектом спільної публікаційної активності та проведенням наукових стажувань. Під егідою даної програми співробітництва проводиться адаптація та валідація застосування обчислювальних алгоритмів на основі оцінки нестационарності (алгоритми ненаправленого флуктуаційного аналізу, мультифрактального ненаправленого флуктуаційного аналізу, ненаправленого ковзного середнього та крос-кореляції ненаправленого ковзного середнього) біоелектричного сигналу, зареєстрованого з використанням методу електроенцефалографії за умов різноманітної стимуляції та когнітивного навантаження (пред'явлення обстежуваним емоційних облич, запахових подразників тощо). Метою проекту є розробка алгоритму швидкісної діагностики когнітивних порушень на основі змін динаміки та комплексності біоелектричної активності головного мозку.

**Мета роботи:** шляхом проведення порівняння характеристик нейрональних мереж, з'ясувати особливості нейрофізіологічних механізмів, відповідальних за сприйняття емоціогенних візуальних стимулів різної валентності на прикладі зображень людських облич – як природних, так і штучно видозмінених – у період до початку та під час повномасштабного вторгнення рф в Україну.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1) Оцінити просторово-часові характеристики процесу сприйняття емоціогенних зображень людських облич на основі змін параметрів когнітивних потенціалів, пов'язаних з подією, у обстежуваних жіночої та чоловічої статі до та під час повномасштабного вторгнення рф.

2) Визначити основні гендерні параметри змін у поведінці біоелектричного сигналу під час сприйняття емоціогенних зображень людських облич за допомогою методу ненаправленого ковзного середнього до та під час повномасштабного вторгнення рф як характеристику ефективних нейрональних мереж.

3) Встановити ефект експозиції емоціогенних зображень людських облич на значення співвідношень потужностей діапазонів біоелектричної активності кори великих півкуль головного мозку на прикладі основних співвідношень ритмів, визначених за допомогою методу глобальної потужності поля, у обстежуваних жіночої та чоловічої статі в умовах повномасштабного вторгнення рф.

4) Провести порівняння характеристик ефективних нейрональних мереж, пов'язаних із сприйняттям емоціогенних зображень людських облич, між групами чоловіків та жінок.

**Об'єктом дослідження**, таким чином, виступили нейрофізіологічні механізми, що визначають сприйняття візуальних стимулів.

**Предмет дослідження** – вплив емоційної валентності та форми пред'явлення на формування ефективних нейрональних мереж кори головного мозку та динаміку процесу обробки візуальних стимулів.

**Методи дослідження.** Основним методом, використаним задля досягнення поставленої в дисертаційному дослідженні мети, була електроенцефалографія. Таким чином, із використанням біоелектричної активності головного мозку в умовах стимуляції та в стані спокою проведено оцінку функціонування кори головного мозку на основі різноманітних фізичних параметрів. Зокрема, когнітивні потенціали, пов'язані з подією, були розраховані з метою відображення просторово-часових характеристик перебігу процесу аналізу візуальних стимулів. Алгоритм ненаправленого ковзного середнього застосовувався для визначення міри комплексності і тенденцій поведінки коливального процесу в різних піддіапазонах

електричної активності з різним ступенем прогностичності. Окрім цього, було проведено порівняння динамічних характеристик базових співвідношень активності у основних діапазонах сигналу, з метою визначення домінуючих когнітивних процесів та формування уявлення про потенційні корекційні методики. Зрештою, методи статистичної обробки даних використовувались для оцінки значущості отриманих результатів та виділення найбільш виражених тенденцій в поведінці електричного сигналу.

**Результатом роботи** є комплексна оцінка просторово-часових характеристик перебігу процесу сприйняття емоціогенних візуальних стимулів на прикладі людських облич у представників чоловічої та жіночої статі. Базуючись на отриманих даних, визначено домінування холістичної концепції в основі даного нейрофізіологічного процесу. Окрім цього, проведено аналіз динаміки зміни сприйняття обличчя в умовах хронічної дії стресогенних факторів та вітальної загрози, а також визначено основні параметри для розробки реабілітаційних методик на основі показників електричної активності головного мозку.

**Наукова новизна** отриманих результатів визначається наступним:

1) Вперше було проведено глибинний аналіз показників електричної активності кори великих півкуль головного мозку людини в умовах хронічного перебування повномасштабного вторгнення РФ з використанням арсеналу сучасних методів дослідження.

2) Вперше було проведено всебічну комплексну оцінку нейрофізіологічних механізмів сприйняття людського обличчя із поєднанням методів когнітивних потенціалів, пов'язаних з подією, мультифрактальних підходів та алгоритму оцінки динамічних змін співвідношень коливань у основних діапазонах електричної активності з використанням методу глобальної потужності поля.

3) В результаті проведеного дослідження вперше було вивчено, як тривала дія травмівних факторів рівноцінно впливає на організацію функціонування нейрональних мереж уваги, пам'яті та емоційної регуляції у представників обох статей, що відображається у змінах амплітудно-часових характеристик когнітивних потенціалів, пов'язаних з подією (і); падінні рівня організації та прогностичності

біоелектричного сигналу (ii); динаміці зміни співвідношення в  $\alpha$ -,  $\theta$ - і  $\beta$ - діапазонах біоелектричної активності (iii).

4) Вперше було продемонстровано прогностичні властивості методу ненаправленого ковзного середнього у поєднанні з результатами, отриманими із використанням класичних методів аналізу електроенцефалограми.

**Практичне значення:** отримані результати можуть формувати основу для розробки систем швидкої діагностики психоемоційних розладів та контролю ефективності під час їхньої терапії (зокрема, за допомогою тренування нейромереж конволюційного типу). Окрім цього, базуючись на темпоральній динаміці зміни значень коефіцієнтів співвідношення основних діапазонів ритмічної активності, можлива розробка ефективної діагностичної системи для визначення ряду порушень уваги та пам'яті, оптимізація процедури підбору необхідного протоколу у випадку застосування нейрофідбек-корекції, а також створення альтернативних інтерфейсів мозок-комп'ютер.

**Особистий внесок.** Дисертація є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї і розробки автора, що дозволили вирішити поставлені завдання. Аналіз літературних даних та основний обсяг експериментальних досліджень: планування та проведення обстежень, обробка, аналіз та інтерпретація отриманих даних виконані здобувачем особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

У роботах (Додаток А), які були опубліковані у співавторстві, дисертанту належать:

- в [171], [173], [176] – концептуалізація; підбір релевантної методології та експериментального дизайну; визначення аналітичних алгоритмів; отримання, підготовка та препроцесинг даних; формальний аналіз; статистичний аналіз та валідація результатів; написання – підготовка оригінального проєкту та редагування.

- в [208] – концептуалізація; підбір методології; отримання, підготовка та препроцесинг даних; формальний аналіз; написання – підготовка оригінального проєкту та редагування; проведено комплексну оцінку фізіологічних проявів та

нейрофізіологічної динаміки, отриманих при порівнянні класичних методів аналізу та новітніх неконвенційних підходів.

З матеріалів наукових робіт, що були опубліковані у співавторстві, у дисертаційній роботі використано виключно результати особистих досліджень здобувача.

**Апробація результатів дисертації.** Наукові та практичні результати дисертаційного дослідження доповідались та підлягали обговоренню на міжнародних та всеукраїнських конференціях: XIX Міжнародній конференції студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя (12-13 травня 2021 р., Київ); IEEE Signal Processing Symposium (SPSymposium) (20-23 вересня 2021 р., Лодзь, Польща); XX Міжнародній конференції студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя (27-28 квітня 2023 р., Київ).

Також результати, отримані під час виконання дисертаційного дослідження, представлялись у вигляді пленарної доповіді конференційного дня Bioengineering Colloquium 2023, організованого факультетом механічних наук та біоінженерії, відділенням аспірантури з інженерних наук, університету Осака, Японія (Department of Mechanical Science and Bioengineering, Graduate School of Engineering Science, Osaka University).

**Наукові праці за тематикою дослідження.** Основні результати, отримані під час проведення дисертаційного дослідження було опубліковано загалом в 4 наукових працях (одна стаття у закордонному фаховому періодичному виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science (Q2), та три статті у вітчизняних фахових виданнях). Здійснено апробацію результатів в рамках наукових конференцій з опублікуванням трьох тез доповіді.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 217 найменувань та одного додатка. Загальний обсяг дисертації становить 256 сторінок, з яких основний текст викладено на 152 сторінках; робота містить 110 рисунків.

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ СПРИЙНЯТТЯ ЛЮДСЬКОГО ОБЛИЧЧЯ

### 1.1 Холістично чи ознаково? Як людський мозок зчитує обличчя

Здатність людини сприймати вирази обличчя представників свого виду, зчитувати невербальні сигнали, є однією із найважливіших когнітивних функцій, що забезпечує основу соціальної взаємодії та міжособистісного спілкування. Інтуїтивне зчитування мімічних сигналів відбувається автоматично, оскільки воно непомітно «вшите» в наші щоденні соціальні взаємодії. Однак, дотепер існує декілька конкуруючих моделей, що відображають принципи інтерпретації людським мозком рис обличчя.

Згідно з теорією Гібсона [6], або екологічною теорією соціальних перцепцій, обличчя забезпечує нас адаптивною інформацією під час соціальних взаємодій. Згідно із екологічним підходом, вигляд обличчя є важливим, оскільки навіть окремі його риси можуть коригувати адаптивну поведінку. Засади екологічної теорії сприйняття обличчя багато в чому перетинаються із теорією еволюційної психології [7], а також із рядом досліджень в сфері невербальної комунікації. Так, можна відзначити теорію дуальної обробки, яка розділяє сприйняття ідентичності та сприйняття емоцій та інших змінних характеристик обличчя [8].

Відповідно до концепції холістичної (конфігураційної) стратегії сприйняття, обличчя є атомічним об'єктом, тобто розглядається як неділиме ціле, на всіх етапах когнітивної обробки, а кожне наступне пред'явлення стимулу з цієї категорії співвідноситься мозком із попередньо утвореним шаблоном [9]. Холізм є основною передумовою теорії гештальту, яка стверджує, що гештальти є чуттєвими цілими, які якісно відрізняються від суми своїх окремих частин або компонентів тим, що вони «володіють властивостями, які не можуть бути виведені з властивостей їхніх складових частин» [10], тобто емерджентними властивостями. У сфері сприйняття обличчя такі терміни, як «конфігураційний», «реляційний» і «цілісний» використовуються для пояснення емерджентних атрибутів обличчя, які проявляються виключно тоді, коли дві

або більше його одиничних елементів (таких як очі, ніс або рот) обробляються одночасно.

Таким чином, виключно холістична концепція розпізнавання обличчя стверджує, що обличчя представлені як цілісні шаблони без явного збереження частин обличчя [11]. В той же час, Tanaka та Sengco [12] висунули дещо іншу гіпотезу щодо холістичної обробки обличчя. Вони виявили, що інформація про ознаки (інформація на основі одиничних елементів) і конфігураційна інформація ієрархічно об'єднуються в цілісне представлення обличчя. Тоді як в [11] стверджувалось, що обличчя обробляються як неподільне ціле без будь-яких репрезентацій частин, результати [12, 13] підкреслюють, що функціональна та конфігураційна інформація спочатку обробляються паралельно і відокремлено, а згодом результати об'єднуються в цілісний образ.

Maurer та ін. [14] припустили, що холістична обробка є одним із типів конфігураційної обробки, в якій окремі риси обличчя «склеюються» в єдиний гештальт. На думку Maurer та її колег, конфігураційна обробка стосується «будь-якого явища, яке передбачає сприйняття зв'язків між характеристиками стимулу, наприклад обличчя» [14]. Дане припущення нагадує функціонально-конфігураційну гіпотезу, постульовану набагато раніше [15]. Відповідно до Bruce [15], конфігураційна інформація стосується «просторового взаємозв'язку рис обличчя», тобто відстані між такими елементами, як, наприклад, очі, рот або ніс. Просторовий взаємозв'язок рис обличчя був додатково диференційований [16] із виділенням реляційних показників першого та другого порядків. Реляційна інформація першого порядку описує базову схему розташування елементів обличчя (наприклад, ніс лежить між очима), тоді як реляційна інформація другого порядку містить точні метричні відстані між вищезначеними елементами. Оскільки будь-яке обличчя характеризується однаковими реляційними даними першого порядку, більше значення в тонкій модуляції сприйняття обличчя надається реляційній інформації другого порядку.

Collishaw та Hole [17] продемонстрували, що інверсія не впливає на розпізнавання перемішаних облич, але знижує здатність до розпізнавання розмитих облич до рівня випадкового вгадування. Цей висновок узгоджується з результатами [18], які дають припустити, що сприйняття нових облич порівняно з вивченими

відносно більше залежить від обробки ознакової інформації. Уже в процесі ознайомлення зростає важливість конфігураційної інформації.

Загальновідомо, що інверсія переважно впливає на конфігураційну інформацію, а не на функціональні (ознакові) деталі [19, 20]. Спостереження про те, що інверсія вплинула виключно на розмиті обличчя, обґрунтовує використання методів змішування та розмивання як засобів для незалежного дослідження перебігу холістичної та ознакової обробок.

## **1.2 Структура церебральної мережі, відповідальної за сприйняття обличчя**

Процес розпізнавання починається з етапу візуального аналізу, який веде до побудови детального перцептивного образу представленого обличчя. Оскільки обличчя становлять візуально однорідну категорію стимулів з високим рівнем структурної подібності серед окремих зразків, успішне розрізнення на індивідуальному рівні вимагає детальної холістичної/конфігураційної обробки, яка об'єднує численні частини обличчя в уніфікований перцептивний образ [21].

Наступний етап процесу розпізнавання включає в себе активацію збережених у візуальній пам'яті репрезентацій знайомих облич, що породжує відчуття знайомості, пропорційне ступеню збігу між актуальним стимулом та пам'ятним слідом. За звичайних обставин активація репрезентації в пам'яті обличчя супроводжується пошуком мультимодальної інформації про ступінь знайомості особи, яка є різноманітною бібліотекою відповідних біографічних/семантичних фактів (наприклад, професія, ім'я та риси особистості), автобіографічних/епізодичних деталей (наприклад, спогади про конкретні особисті зустрічі) і емоційну реакцію, що відображає особисту значущість людини [22]. Обсяг, тип і якість інформації, отриманої у відповідь на представлене обличчя, залежать від рівня нашого знайомства з людиною та від того, чи це знайомство є особистим або лише через засоби масової інформації.

Когнітивна модель сприйняття обличчя також включає центральний виконавчий компонент, який здійснює контроль «зверху-вниз» над діями системи розпізнавання

обличчя. Процеси виконавчого контролю включають моніторинг і перевірку інформації, отриманої з пам'яті у відповідь на характеристики обличчя, встановлення відповідних критеріїв для прийняття рішень щодо категоризації та ініціація процесів стратегічного пошуку відомостей у пам'яті, коли особа залишається під сумнівом. Операції виконавчого контролю зазвичай не потрібні для розпізнавання добре знайомих облич, тому що для цих осіб інформація про особистість легко доступна автоматично, або за механізмом «знизу-вгору». Однак процеси виконавчого контролю відіграють більш важливу роль в умовах невизначеності, коли підказки з рис обличчя безпосередньо не забезпечують належну інформацію про людину, залишаючи стимул в категорії недостатньо визначених або неоднозначних [23]. Наприклад, це відбувається, коли ми намагаємося ідентифікувати людей, з якими зустрічаємося рідше, оскільки знання про цих осіб зберігаються менш детально та доступ до них може бути утрудненим.

Завдяки численним роботам, що існують на даний момент, доведено: сприйняття такої категорії стимулу, як обличчя, відбувається завдяки розлогій кортикальній мережі, яка об'єднує топографічно розділені ділянки кори головного мозку та підкіркові структури. На даний момент прийнято розділяти елементи мережі сприйняття обличчя на дві великі складові частини: центральну систему, що спеціалізується на обробці характеристик стимулу, за модальністю притаманних саме обличчю, та розширену систему, що відповідає за зберігання пам'ятного сліду про даний тип стимулу, а також генерацію емоційної відповіді [24].

Ключові компоненти центральної системи, відповідальні за розпізнавання обличчя, включають три чітко визначені ділянки зорової кори, розташовані вздовж задньо-передньої осі вентральної потилично-скроневої кори (ventral occipito-temporal cortex, VOTC) – це обличчя-специфічні ділянки потиличної кори (occipital face area, OFA), кори в області веретеноподібної звивини (fusiform face area, FFA) і передньої скроневої області (anterior temporal face area, ATFA) [25]. Усі ці кортикальні ділянки демонструють підвищену чутливість до облич, оскільки вони зазнають найбільшої активації саме у відповідь на пред'явлення людського обличчя порівняно з іншими категоріями візуальних стимулів. Також варто зауважити наступне: незважаючи на те,

що обличчя-специфічні зони присутні в обох півкулях, активації в правій півкулі помітно більш стійкі та прогностичні, що підкреслює її основну роль у розпізнаванні обличчя. Окрім селективності до облич, усі три вищезгадані області вентральної потилично-скроневої кори виявляють чутливість до ідентичності обличчя, про що свідчить відмінність нейронних відповідей на обличчя різних людей [26].

Широкого поширення набула модель ієрархічної організації обробки інформації в цих селективних до обличчя областях кори, розташованих уздовж задньої-передньої нейроанатомічної осі. Зокрема, потиличну область кори (OFA) визначають як таку, що відповідає за початкові базові етапи розпізнавання обличчя, в основному – визначення та аналіз окремих рис обличчя. І навпаки, кора веретеноподібної звивини (FFA) і передньої скроневої області (ATFA) залучені до побудови складніших цілісних/конфігураційних образів, вибіркового кодування обличчя [27]. Крім того, в той час як перцептивні образи облич, що продукує OFA, є залежними від кута огляду, представлення обличчя, обчислені в FFA, вже демонструють дзеркальну симетрію. Врешті-решт, етап обробки візуального стимулу в ATFA відбувається шляхом вилучення та кодування незмінних атрибутів обличчя, які дозволяють чітко розпізнавати даний тип візуальної інформації, незважаючи на зміни в орієнтації голови або виразі обличчя [28].

Отже, йдеться про присутність задньо-переднього градієнту функціональної специфічності в межах VOTC: представлення візуальних образів облич ускладнюється, стає більш абстрактним та незалежними від кута зору, а також чутливим до індивідуальних характеристик, під час передачі уздовж задньо-передньої осі основної системи розпізнавання обличчя, що з'єднує OFA, FFA та ATFA. Було також продемонстровано, що параметри відповіді передніх селективних до обличчя областей, особливо FFA та ATFA, залежать від попереднього ознайомлення з конкретним обличчям, таким чином демонструючи сильнішу активацію при сприйнятті знайомих облич порівняно з незнайомими. Згідно з цією точкою зору, OFA та FFA в основному беруть участь у виконанні перцептивних операцій, тоді як ATFA може зберігати репрезентації знайомих облич у візуальній пам'яті, таким чином діючи як важливий нейронний інтерфейс для з'єднання цих пам'ятних слідів із мультимодальною

інформацією про людину, представленою в розширеній системі розпізнавання обличчя [29].

Основні складові розширеної системи розпізнавання обличчя включають області передньої скроневої частки (ATL) (вентролатеральні та медіальні структури, включно із гіпокампокампом та перирінальною/енторинальною корою), які беруть участь у зберіганні та актуалізації семантичної та епізодичної пам'яті [30]. Згідно із сучасними поглядами ATL відіграє ключову роль у зберіганні мультимодального індивідуального досвіду, тому обличчя, голоси та імена окремих знайомих людей викликають в цих областях кори патерни активації, що перекриваються [32]. ATL також зазнає активації, коли суб'єкти намагаються вивчити нові асоціації між обличчями, голосами, іменами та іншою особистою біографічною/семантичною інформацією [33]. Сукупно наведені дані свідчать про те, що ATL служить вузлом мультимодальних знань про людину, об'єднуючи візуальну (обличчя), слухову (голос) і словесну (ім'я) інформацію, що обробляється за спеціалізованою модальністю, включно з іншими унікальними семантичними та епізодичними деталями про людей [34].

Розширена система також включає мигдалеподібне тіло та інші елементи лімбічної системи (острівець, вентральну частину смугастого тіла, поясну кору, орбітофронтальну кору), які беруть участь в оцінці емоційної значущості та особистої значущості обличчя [35]. Зрештою, було з'ясовано, що активація вентролатеральної передньої лобової кори (PFC) під час обробки знайомого обличчя була пов'язана із залученням функцій моніторингу «зверху-вниз» і механізмів виконавчого контролю над операціями сприйняття обличчя, що виконуються скроневою областю кори та мережею механізмів пам'яті [36]. За допомогою отриманих даних було показано, що нейронна активність у селективних до обличчя VOTC модулюється низхідними сигналами, що надходять від передньолобової кори [37].

Доповнюючи результати досліджень із використанням нейровізуалізації, внутрішньочерепні записи у пацієнтів з епілепсією підтвердили розподілений характер мережі ідентифікації обличчя та домінуючу роль правої півкулі в розпізнаванні обличчя [38]. Ці дослідження також продемонстрували, що, на відміну від специфічних до модальності стимулу відповідей, отриманих у селективних до обличчя ланок основної

системи, нейрони в структурі АТЛ розширеної системи реагують на мультимодальну інформацію про людину (обличчя, голос та ім'я) та проявляють чутливість до ступеня особистої значущості обличчя [39]. Вибіркові нейронні відповіді на представлення обличчя були записані також у інших вузлах розширеної системи, включаючи мигдалеподібне тіло та передньолобову області кори, які беруть участь у обробці емоцій і виконавчому контролі розпізнавання обличчя (контроль «зверху-вниз») [40].

На основі внутрішньочерепних записів також було отримано важливу інформацію про часову динаміку нейронної активації в мережі розпізнавання обличчя. Зокрема, нейрофізіологічні дані підтверджують модель нейронної сигналізації на основі як прямого, так і зворотного зв'язку, та дають припустити, що розпізнавання обличчя є новою властивістю паралельних взаємодій «зверху-вниз» та «знизу-вгору» між вузлами основної та розширеної систем [41]. Окрім цього, було продемонстровано ключову роль окремих компонентів розширеної системи в розпізнаванні обличчя: так, пряма електрична стимуляція областей кори, що до неї входять, заважає сприйняттю обличчя та актуалізації пам'ятного сліду [42]. Тимчасове порушення розпізнавання обличчя, зокрема, було відмічено під час впливу на окремі компоненти мережі за допомогою методу транскраніальної магнітної стимуляції [43].

Було показано, що процеси обробки структурних елементів обличчя різних виразів мають спільну нейронну основу [44], тоді як емоційний компонент стимулів активує відмінні мозкові механізми [45]. Зокрема, виходячи з психологічного конструктивізму, емоційна складова є важливим «інгредієнтом» створення досвіду [46]. У цьому розрізі острівцева кора розглядається як генератор емоційних концепцій в мозку [47]. Дослідження з використанням засобів нейровізуалізації показали, що дорсальна передня поясна кора (dACC) відіграє важливу роль у обробці емоцій за модальністю [48], особливо в оцінці та вираженні афективних стимулів [49]. Окрім цього, дорсальна медіальна префронтальна кора (dmPFC) відіграє одну із центральних ролей в процесах інтеграції концептуальних знань з метою оцінки афективного стану людини, що передається через вираз обличчя [50].

Кора верхньої скроневої борозни бере участь у обробці динамічних аспектів обличчя, таких як міміка та артикуляція [53]. Швидка оцінка емоційної та мотиваційної

значущості виразу обличчя, згідно із даними, що існують наразі, опосередковується мигдалиною та орбітофронтальною корою головного мозку. Водночас такі структури, як передня поясна кора, префронтальна кора та соматосенсорні області, пов'язані зі свідомим оцінюванням емоційного виразу обличчя задля стратегічного контролю мислення та дії, а також є причетними до створення супутніх почуттєвих станів [54].

Було показано, що вищезгадані ділянки мозку взаємопов'язані під час обробки когнітивної інформації [51]. Втім, досі залишається невичерпно зрозумілим, як мозок за допомогою одночасно поєднує процеси обробки структури та організації обличчя із механізмами актуалізації емоційних концепцій [52].

### **1.3 Особливості психоемоційного стану цивільного населення України в умовах повномасштабного вторгнення російської федерації**

Безумовно, довготривала гібридна війна, що велася російською федерацією проти України з 2014-го року, мала наслідки з точки зору формування загального психоемоційного стану українського суспільства. Втім, можна зазначити, що з плином часу, із заглибленням війни в окопи, суспільний інтерес і рівень залученості в події спадав, верства дотичного до подій цивільного населення поступово звужувалась – від широкого загалу до сімей учасників бойових дій, ветеранів, волонтерів, робітників медично-соціальної сфери, вимушених переселенців, а також жителів тимчасово окупованих територій. В той самий час, повномасштабне вторгнення 24 лютого 2022 року, як пікова точка затяжних військових дій, принесло із собою значно більше екзистенційних викликів для суспільства в цілому на різних рівнях його функціонування.

Слюсаревський М. М. у своїй доповіді для президії НАПН України [55] запропонував виділити наступні групи психологічних викликів, асоційованих із війною: «виклики українцям як спільноті (i); виклики ментальному здоров'ю особистості (ii); виклики психологічному благополуччю та розвитку дитини (iii); виклики фаховому співтовариству (iv)». Хотілося б зосередити увагу на чинниках з

групи (ii), а також окремих викликах з групи (i), оскільки вони щільно реципрокно пов'язані. Зокрема, можна наголосити на таких аспектах, описаних Слюсаревським:

- Поєднання травматичного впливу війни із нещодавнім досвідом пандемії COVID-19, асоційованих з нею карантинних обмежень, а також (у окремих випадках) довготривалих фізичних наслідків хвороби, у тому числі в когнітивній сфері.

- Епідемія деструктивних емоційних станів. В даній групі чинників можна виділити чергування періодів емоційного підйому та занепаду, постійне відчуття страху, гніву, ненависті; почуття провини; гострі стресові реакції; патологічне горювання. Всі вищеназвані фактори можуть проявлятися у короткостроковій перспективі (панічні атаки, генералізована тривожність), а також мати відкладені в часі наслідки.

- Поляризація природи спілкування в суспільстві, що включає протистояння на рівні ціннісних орієнтацій (свій-чужий, друг-ворог, перемога-зрада, люди-нелюди, прощення-покарання тощо).

- Проблеми інформаційної гігієни. В даному випадку можна відзначити не тільки постійну присутність інформаційного потоку із засобів масової інформації та соціальних мереж, а і широку присутність графічного контенту, проявів дезінформації тощо.

- Стресогенна перебудова картини світу

- Розлади соціальної адаптації.

За даними звіту Українського інституту майбутнього від 29 травня 2023 р. [56] 26% опитаних українців постійно відчувають себе у небезпеці, а 39-44% зазначили, що відчувають небезпеку будь-де поза межами оселі – на вулиці, в громадських місцях, на роботі. Окрім цього, у даному звіті зазначалось, що значна частина українців відчуває хронічну втому, виснаженість, тривожність, і страждає на проблеми зі сном (в хронічному прояві – у 15-17% опитаних, в гострому – у 2-3%). Також на основі даного звіту можна відмітити, що три домінуючі відчуття в українському суспільстві наразі – це тривога, очікування покращень і надія, із позитивною тенденцією на майбутнє.

За прогнозами Міністерства охорони здоров'я понад 15 млн українців у майбутньому потребуватиме психологічної підтримки, з них за грубою оцінкою 3-4 млн необхідно буде призначати фармакотерапію [57].

Як і багато інших екзогенних факторів, хронічний стрес вважається формою тривалого дистресу, який потенційно може вплинути на індивідуальне психічне здоров'я та когнітивні функції [58]. Особи, які зазнають впливу багатьох стресових факторів, також можуть мати ряд фізіологічних і психологічних реакцій, включаючи порушення уваги [59], тривожність [60], емоційні розлади [61], безсоння [62], хвороби серцево-судинної та імунної систем [63].

Останні дані, отримані за допомогою нейровізуалізації, свідчать про те, що хронічний вплив травмівних факторів може спричинювати порушенням роботи і регуляції структур лімбічної системи, зокрема мигдалеподібного тіла та медіальної префронтальної кори (mPFC) [64]. Ці початкові висновки вимагають подальших досліджень, враховуючи ключову роль мигдалини у продукуванні генералізованих стресових реакцій [65] і зважаючи на те, що регуляція стресових реакцій під час емоційного навантаження реалізується через функціональний зв'язок між мигдалиною та mPFC із залученням передньої поясної кори головного мозку (ACC) [66]. Під час когнітивної переоцінки емоцій було, наприклад, продемонстровано, що активність мигдалеподібного тіла зазнає низхідної регуляції (вимірювання було проведено на основі зміни BOLD-сигналу фМРТ), тоді як активність у частинах латеральної та медіальної префронтальної кори регулюється «знизу-вгору» [67].

Крім того, нещодавно було показано, що здатність когнітивно пригнічувати (вигальмовувати) негативні емоції зазнавала вираженого інгібування за умов впливу стресу [68]. Таким чином, можна припустити, що суб'єкти, які повідомляють про когнітивну та емоційну дисфункцію через хронічний стрес, можуть мати порушену здатність модулювати рівень когнітивної активності та справлятися із емоційними стимулами, що загалом знижує їхню здатність переживати психосоціальний стрес. Крім того, у цих осіб зв'язок мигдалини з mPFC і ACC, а також із гіпокампом та острівцевою корою, потенційно може зазнавати змін. Тяжіння до таких зрушень може бути як визначним фактором уразливості до стресу, так і наслідком довготривалої

експозиції до травмівних чинників. Обидва сценарії відповідатимуть попереднім спостереженням з точки зору структурної та нейрорецепторної реорганізації мереж взаємозв'язків у лімбічній системі у схильних до розвитку симптомів обстежуваних [69].

Добре відомо, що емоційно збуджуючі події краще обробляються і запам'ятовуються у порівнянні із нейтральними, а гострий стрес здатен навіть посилювати цей ефект [70]. Результати тестування пам'яті на здатність до відтворення через тиждень після первинного кодування нової інформації показали краще збереження пам'ятного сліду для емоційних подразників порівняно з нейтральними. Разом з тим, хронічний стрес посилює модуляцію уваги під час кодування нових стимулів, водночас погіршуючи здатність до подальшого відтворення. Відповідно до нейромодуляційної гіпотези [71], подібне покращення пам'яті до емоцій відбувається завдяки сполученню норадренергічного та глюкокортикоїдного (для людей – кортизолу) впливів під час сприйняття емоційно збуджуючих стимулів із залученням мигдалини та гіпокампу [72]. Було припущено, що гострий стрес додатково запускає підсилювальну роль мигдалеподібного тіла як центру розгалуженої мережі окремих ланок (включаючи дорсальну передню поясну кору, передню острівцеву кору і блакитне ядро), таким чином сприяючи гіперпильності щодо потенційно загрозливих подразників [73]. Крім того, виявлено, що гострий вплив стресу незадовго до початку процесу кодування, відносно контрольної процедури, посилював пізній позитивний потенціал (LPP) для неприємних стимулів, представлених відносно нейтральних зображень [74], що ілюструє модуляцію мотивованої уваги [75] і, серед інших кіркових та підкіркових областей, в першу чергу пов'язаний з активністю мигдалини [76]. Крім того, пам'ять про емоційні сцени також покращується після експозиції до гострого стресу в процесі кодування [70].

На відміну від гострого стресу, вплив хронічного стресу був пов'язаний із гіперзбудливістю мигдалеподібного тіла до нових стимулів, але характеризувався згубним впливом на пам'ять у щурів; дане явище виражалося в атрофії дендритів із подальшим зниженням темпів нейрогенезу в гіпокампі як нейронному субстраті цих

порушень [77]. Однак у людей вплив хронічного стресу на когнітивні функції вивчено значно гірше [78].

#### **1.4 Дослідження сприйняття емоційних облич з використанням потенціалів, пов'язаних з подією**

Потужним методом дослідження нейронних реакцій на обличчя є потенціали, пов'язані з подіями (ППП), які модулюються як когнітивними, так і перцептивними факторами [79]. До них, наприклад, входять просторові частоти, яскравість і інформація про колір стимулу [80], а також параметри пред'явлення, зокрема часові [81].

Часто найбільш раннім компонентом, що демонструє чутливість до маніпуляцій із представленими стимулами, є P1, особливо виражений у потиличних ділянках кори, який є позитивним піком із латентністю 80 – 120 мс від моменту подачі стимулу. Вважається, що він відображає ранні стадії виявлення стимулів, розрізнення та довільної уваги [82]. P1 часто виявляється більшим під час експозиції облич порівняно з іншими об'єктами [83]. Дослідження, пов'язані з модуляціями ERP, спричиненими емоційними проявами, показують неоднозначні результати щодо P1. Деякі дослідження повідомляють про емоційні модуляції даного компонента [84], тоді як інші їх не виявляють [85]. Останнім часом була висунута гіпотеза, що це можна пояснити інтенсивністю виразу обличчя [85].

На відміну від P1, пізніший негативний потилично-скроневий потенціал N170, який досягає піку між 130 і 190 мс, виявляє виражену чутливість до облич [86]. N170 розглядається як структурний компонент кодування [87]. Крім того, недавній мета-аналіз показав, що компонент N170 зазнає достовірних модуляцій за умов сприйняття емоційних стимулів порівняно з нейтральними виразами [88]. Наступні за латентністю потилично-скроневі негативні компоненти (N250r і ранній задній негативний компонент (EPN), пік між 200 і 300 мс), здається, пов'язані з процесами розпізнавання окремих облич [89]. EPN також характеризується вищими значеннями амплітуди для емоційних стимулів порівняно з нейтральними [90].

Окрім цього, відповідно до вищезазначеного мета-аналізу [88], емоційна валентність виразу обличчя здатна впливати на компонент N170 так, що для негативно забарвлених виразів (страх) спостерігалася більша амплітуда даного піку у порівнянні із нейтральними стимулами. Виходячи зі свого огляду літератури, Hinojosa та співавтори [88] припустили, що це може відображати паралельну обробку емоційного виразу та інформації про обличчя. Крім того, згідно з попередніми дослідженнями, для тих же умов було виявлено чутливість компоненту ранньої задньої негативності [91]. Не спостерігалася емоційної модуляції відносно дуже ранньої (компонент P1) і більш пізньої детальної обробки стимулів (LPP). Це частково відповідає неоднозначним результатам попередніх досліджень, а щодо LPP це може бути пов'язано з відносно нижчим емоційним залученням поточного завдання сприйняття обличчя.

Нарешті, варто відзначити пізній позитивний потенціал (LPP), що виникає від ~400 мс і пізніше, особливо виражений у тім'яних областях кори. Обличчя порівняно з іншими об'єктами, як вважається, викликають більш виражений пізній позитивний потенціал [92]; разом з тим численні дослідження зазначають підвищення значення амплітуди пізнього позитивного потенціалу (LPP) для емоційних стимулів порівняно з нейтральними [90]. LPP вказує на когнітивну оцінку стимулу та контрольовані процеси уваги [92].

У всіх дослідженнях, які не виявили ефекту емоцій на прояв ранньої задньої негативності, виконаних дотепер, використовували кольорові обличчя, представлені крупним планом [93]. Що стосується компонентів P1, N170 і LPP, при всіх маніпуляціях із зображенням обличчя повідомлялося про афективний вплив емоцій. Однак розмір ефекту може відрізнятися залежно від конкретної маніпуляції з обличчям. Можна припустити, що специфічний контекст представлення обличчя посилює емоційну реакцію, оскільки особливі риси обличчя (кольори зображення, волосся тощо) можуть сприяти сприйняттю унікальної ідентичності. Таким чином, на ранніх і пізніх стадіях обробки можна спостерігати вплив підвищення емоційної виразності [94].

У цьому ключі численні дослідження показують, що розширення контекстної інформації модулює сприйняття обличчя. Тут спостерігалися модуляції пізнього позитивного потенціалу, якщо до зображення обличчя надавалась будь-яка контекстна

інформація, незалежно від того, чи це були емоційні фонові зображення [95], чи вербальна інформація [96]. Крім того, попередня експозиція до емоційних або нейтральних речень модулювали ранні негативні, а також пізні позитивні компоненти у відповідях на нейтральні за своєю суттю вирази. Таким чином, подразники інтегруються та обробляються з доступними контекстними характеристиками. Причому, стимули, використані для праймінгу, у свою чергу, можуть включати навіть периферійні риси обличчя.

Було виявлено, що амплітуди N170, EPN і пізнього позитивного потенціалу лінійно залежать від природності вигляду обличчя. Так, амплітуди компонентів N170 і EPN лінійно зростали при зменшенні природності представленого обличчя. Окрім цього, було показано, що складність завдання викликає більші амплітуди N170, наприклад, для облич, відфільтрованих низькою частотою, у складному завданні категоризації за статтею [97]. Крім того, повідомлялося про більші амплітуди N170 для перевернутих зображень обличчя порівняно з вертикальними, правильно орієнтованими [98]; цей ефект інверсії обличчя корелює з продуктивністю виконання завдання [99].

Підвищення реактивності пізнього позитивного потенціалу спостерігалось в попередніх дослідженнях для облич із гіпертрофованими рисами порівняно з менш реалістичними та мультиплікаційними обличчями (з огляду на феномен ефекту «зловісної долини») [100].

Зрештою, необхідно зазначити, що рання задня негативність найбільш виражено відмічається в скронево-потиличних ділянках неокортексу (200-300 мс) при перегляді емоційних облич [75]. В той же час, після модуляції та під час перцептивного кодування збільшення амплітуди пізнього позитивного потенціалу, що проявляється приблизно через 400–600 мс після початку експозиції рідкісного стимулу, особливо виражена в центральньо-тім'яних областях [101]. Відомо, що цей позитивний пізній потенціал відображає процес, який дозволяє більш детально обробляти візуальні стимули після завершення первинної категоризації подразників [102].

Оскільки передбачається, що EPN відображає перехідну стадію, на якій мотиваційно важливі стимули «позначаються» для першочергової обробки, а LPP —

для відображення постійної уваги до таких стимулів [75], ці два компоненти потенціалу, пов'язаного з подією, можуть розглядатися як ключові показники у відстежуванні впливу зовнішніх емоцій (тобто, емоцій, спрямованих на глядача) на процес емоційного сприйняття.

## 1.5 Фрактальність електричної активності головного мозку та емоції

Когнітивні та виконавчі функції людського мозку є результатом складної динаміки, що генерується та підтримується в різних просторових і часових вимірах [103], характеризуючись при цьому нелінійними властивостями. До нелінійної поведінки можна підійти з точки зору фрактальності, яка пов'язана із інваріантною з точки зору виміру (тобто «безвимірною») та «самоподібною» поведінкою; а також з точки зору непередбачуваності, яку також називають «ентропією» [104].

Дійсно, теоретичні (ідеальні) фрактали — це об'єкти, що демонструють вимірно-інваріантну поведінку [105], які в просторовому вимірі є «самоподібними» геометричними елементами з подібними характеристиками в нескінченній кількості вимірів, і основною їх ознакою є ступеневий масштаб. У наближеному до життя варіанті, як і для природних (статистичних) фракталів, масштабна інваріантність виконується лише для обмеженого набору вимірів, пов'язаних із певним діапазоном масштабування [106]. Така вимірно-інваріантна поведінка також може мати місце в просторі часу. Фактично, ці часові фрактали демонструють корельовані патерни поведінки в різних часових вимірах. У часових рядах вимірно-інваріантна поведінка є представленням ієрархії як часових, так і просторових масштабів, яка може охоплювати широкий діапазон між грубомасштабними довгостроковими та короткостроковими дрібномасштабними флуктуаціями [105].

Властивість самоподібності часових рядів можна оцінити шляхом аналізу наявності ступеневої залежності між частотою ( $f$ ) і розміром варіації процесу на графіку в логарифмічному масштабі. Зокрема, характеристика  $1/f^\beta$  означає, що потужність процесу обернено пропорційна його частоті, де коефіцієнт  $\beta$  відомий як потужність або спектральний показник [106]. Ця концепція зазвичай використовується

як синонім довгострокової часової кореляції (LRTC) і як така відображає корельоване за патерном явище. LRTC можна виміряти кількома способами: до популярних методів належать експонента Герста (HE), ненаправлений флуктуаційний аналіз (DFA), мультифрактальний аналіз (наприклад, MF-DFA) і метод ненаправленого ковзного середнього (DMA) [105]. Слід зазначити, що мультифрактальні часові ряди – це фрактальні часові ряди, для ефективного опису яких необхідно врахувати більше одного показника масштабування [107], і які можуть виявляти кореляційні властивості вищого порядку.

З іншого боку, складність системи може бути представлена непередбачуваністю, нестационарністю згенерованого часового ряду, який можна легко кількісно охарактеризувати, оцінивши його «ентропію» [108]. Існує кілька підходів до оцінки ентропії або нерегулярності процесу, що об'єднуються наступною загальною інтерпретацією: нерегулярний і складний процес менш передбачуваний, ніж регулярний, що призводить до більш високого значення ентропії [109]. У часовому вимірі популярні індекси ентропії, такі як приблизна ентропія (ApEn) [110] і вибіркова ентропія (SampEn) [111], що були введені спеціально для вивчення біологічних часових рядів, а також широко використовувалися для дослідження поведінки мозку.

У нейронауці фрактальний і ентропійний індекси використовувалися для кількісної оцінки динамічної активності мозку в різних станах свідомості [108] і при психічних порушень [112]. Зокрема, припускають, що зміни деяких фрактальних і ентропійних властивостей лежать в основі нейродегенеративних розладів і можуть мати важливі клінічні дані для діагностики та прогнозування перебігу захворювання у пацієнтів [113].

Особливу увагу в ряді досліджень було приділено хворобам Альцгеймера (ХА) і Паркінсона (ХП), оскільки вони є двома найпоширенішими нейродегенеративними захворюваннями у світі [114]. Хоча ХА і ХП можуть демонструвати численні спільні патологічні клінічні ознаки, вони характеризуються різними етіологічними механізмами та уражують різні ділянки мозку. Втім, в обох випадках, з використанням електрофізіологічних методів, можна виявити зниження складності нейродинаміки на основі біоелектричної активності [115]. Тобто, фрактальні та ентропійні показники

використовувалися для оцінки характеристик складності діяльності мозку при вищезгаданих нейродегенеративних захворюваннях, що співвідносилося із достеменно відомими структурними змінами мозку, спричиненими патологічним процесом [116].

Тим не менш, нелінійні методи аналізу часових рядів у сфері нейрофізіології залишаються обмежено реалізованими та погано зрозумілими через їх нетривіальну фізіологічну та клінічну інтерпретацію. Крім того, слід звернути увагу на визначення найбільш відповідних та репрезентативних методів і правильних параметрів, які слід застосовувати для різних типів даних. Таким чином, характеристика кожного типу сигналу повинна визначати вибір методу обробки та параметрів, які будуть використовуватися.

## **1.6 Співвідношення потужності у основних діапазонах електричної активності головного мозку як показник функціональної активності головного мозку**

Останні дослідження співвідношень активності в різних діапазонах ЕЕГ виконувались у різноманітних експериментальних парадигмах, розроблених для вирішення конкретних завдань, таких як, зокрема, проблема втоми та сонливості [117], створення інтерфейсів мозок-комп'ютер [118], навчання [119], а також для оцінки перебігу та клінічних проявів окремих нейродегенеративних захворювань, таких як хвороба Альцгеймера [120]. Сукупність результатів, отриманих на теперішній момент, вказує на можливість використання співвідношень потужностей активності в різних діапазонах ЕЕГ-даних як ефективних інструментів для розрізнення розумового навантаження під час виконання експериментальних завдань із різним ступенем складності умов [117].

Вважається, що  $\theta$ -діапазон біоелектричної активності головного мозку може бути пов'язаним зокрема із розумовою втомою та сонливістю [117]. Збільшення спектральної потужності коливань  $\theta$ -діапазоні пов'язане зі збільшенням потреби в когнітивних ресурсах [121], підвищенням складності завдань [122] і підсиленням використанням ресурсів оперативної пам'яті [117]. Зокрема, спектральна потужність в

$\theta$ -діапазоні збільшується у випадках, коли вимагається тривала концентрація під час виконання завдання [117].

Дослідження активності в  $\alpha$ -діапазоні вказують на її чутливість до змін розумового навантаження [121], когнітивної втоми [117], а також збільшення потужності коливань  $\alpha$ -діапазону пов'язані зі зниженням уваги та пильності [122]. Відносне збільшення/зменшення потужності  $\alpha$ -діапазону спостерігається під час розслаблених станів із закритими та відкритими очима відповідно [123]. Виражене падіння потужності активності в  $\alpha$ -діапазоні, як вважають, пов'язане із наростанням складності завдання [124].

У свою чергу,  $\beta$ -діапазон біоелектричних коливань пов'язаний із зоровою увагою [125], функціонуванням короткочасної пам'яті, а також було висунуто припущення, що збільшення потужності активності в  $\beta$ -діапазоні пов'язане зі збільшенням об'єму робочої пам'яті [126]. Збільшення потужності активності в  $\beta$ -діапазоні, згідно існуючих даних, пов'язане з зростанням рівня залученості у виконання завдань [127] і загальним підвищенням концентрації [128].

Кілька комбінацій і співвідношень потужності діапазонів ЕЕГ також використовувалися для покращення ефективності оцінки розумового навантаження. Наприклад,  $\beta/(\alpha+\theta)$ , відомий як індекс залученості, використовується для вивчення людського залучення до завдання, уваги та розумових зусиль [129]. Зменшення активності  $\alpha$ -діапазону корелює зі збільшенням потужності в  $\beta$ -діапазоні, переважно локалізованому в лобово-тім'яних областях кори, з наступним зниженням потужності  $\theta$ -діапазону, може вказувати на стан високої пильності [130]. Водночас, зниження потужності активності в  $\alpha$ -діапазоні, що корелює із зниженням потужності в  $\beta$ -діапазоні, а також супроводжується збільшенням потужності  $\theta$ -активності, вказує на стани сонливості та зниження уваги [130].

У дослідженні [119] спробували оцінити когнітивне робоче навантаження та успішність виконання завдань, засновуючись на інформації про потужність активності в  $\theta$ - та  $\alpha$ -діапазонах у формі співвідношення  $\theta/\alpha$ . Згідно основного припущення, збільшення потужності в  $\theta$ -діапазоні у фронтальних областях кори головного мозку та зменшення потужності  $\alpha$ -коливань втім'яній ділянці пов'язано зі збільшенням

розумового навантаження [131]. Збільшення як  $\alpha$ -, так і  $\theta$ -потужності пов'язане зі зростанням втоми [131]; разом з тим, підвищення значень співвідношення  $\theta/\alpha$  може відображати порушення мови, пам'яті та функції візуально-просторового орієнтування [132]. Дослідження вказують на те, що маніпуляції з навантаженням супроводжуються збільшенням активності  $\theta$ -діапазону у лобових областях мозку з подальшим падінням потужності  $\alpha$ -активності в тім'яних областях [119].

Існують свідчення того, що  $\theta/\beta$  співвідношення є ефективним інструментом відображення рівня задіяння когнітивного ресурсу в певний період часу шляхом порівняння повільних коливань із хвилями, які відображають активне мислення, планування та прийняття рішень [133]. У ЕЕГ в стані спокою співвідношення між фронтальною потужністю в «повільному» діапазоні  $\theta$  та діапазоні частот  $\beta$  (співвідношення  $\theta/\beta$ , TBR), як вважалося раніше, було негативно пов'язане з контролем уваги. Крім того, підвищена потужність  $\theta$ -активності і знижена  $\beta$ -потужність спостерігалася під час блукання розуму (mind wandering, MW) порівняно з епізодами зосередженої уваги.

Результати [134] показали, що співвідношення  $\theta/\beta$  значно корелювало із компонентом P300. Ці результати підтверджують гіпотези про те, що співвідношення  $\theta/\beta$  є маркером здатності до когнітивної обробки як у загальній популяції, так і в пацієнтів із розладом дефіциту уваги та гіперактивності (РДУГ) [134]. Наприклад, знижений  $\theta/\beta$  коефіцієнт був пов'язаний із низьким рівнем гедонічно мотивованої поведінки (що було пов'язано з депресією та тривогою; [135]). Крім того, окремі дослідження [136] демонструють негативний зв'язок між  $\theta/\beta$  та самооцінкою рівня тривожності [137]. Нарешті, одне дослідження [138] виявило сприятливий вплив посилення регуляції лише  $\theta$ -активності за допомогою методик нейрофідбеку на продуктивність робочої пам'яті у здорових учасників.

Саме на визначенні та маніпуляціях із значенням співвідношень основних діапазонів електричної активності базується методика нейрофідбеку – особливого типу біофідбеку, що обумовлює «самоналаштування» електричної активності кори головного мозку за рахунок надання відповіді (аудіо, візуальної тощо) [139]. Таким чином, в основі методики лежить функціонування інтерфейсу мозок-комп'ютер із

вимірюванням ЕЕГ в реальному часі, а також наданням позитивного підкріплення для активності у діапазоні, що становить інтерес. Незважаючи на те, що це безпечна та неінвазивна процедура, яка показала покращення стану у випадку лікування багатьох проблем і розладів, таких як РДУГ, тривога, депресія, безсоння, залежності, труднощі з навчанням, дислексія та дискалькулія, дотепер використання методики не є широкопоширеною та досі не відноситься до методів доказової медицини.

Отже, питання базової концепції сприйняття таких емоціогенних візуальних стимулів, як людські обличчя, досі лишається дискусійним. Даний нейрофізіологічний процес опосередковується розлогою мережею кіркових та підкіркових структур, що забезпечують всебічний аналіз подразників такого типу, та з окремими параметрами може суттєво змінюватись в умовах хронічного стресу. З урахуванням всіх існуючих наразі літературних даних, актуальною видається комплексна оцінка просторово-часової організації даного процесу з використанням відмінних параметрів електричного сигналу.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Дизайн експерименту

У дослідженні взяли участь 83 здорових студенти-добровольці ННЦ «Інститут біології і медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка ( $n=83$ ,  $n_{\text{жін}}=43$ ) віком від 18 до 24 років ( $M=21$ ,  $SD=1,76$ ). Учасники були поінформовані про зміст програми стимуляції, і від кожного обстежуваного було отримано письмову інформовану згоду відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (ВМА) — етичні принципи медичних досліджень за участі людей (Гельсінкі, Фінляндія, червень 1964 р.), Декларації принципів толерантності (28-а сесія Генеральної конференції ЮНЕСКО, Париж, 16 листопада 1995 р.), Конвенції про захист прав людини та гідності людини щодо застосування біології та медицини: Конвенція з прав людини та біомедицини (Ов'єдо, 4 квітня 1997 р.). Матеріали дослідження розглянуто і затверджено комітетом з питань біоетики ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка (протокол №7 від 7 листопада 2023 р.). Волонтери допускалися до участі у дослідженні, якщо вони мали нормальну або скориговану до нормальної гостроту зору, нормальний колірний зір, а також не мали історії клінічних проявів психічних, неврологічних або когнітивних порушень.

Учасники дослідження були розподілені на 2 великі групи: до початку повномасштабного вторгнення військ російської федерації ( $n=43$ ,  $n_{\text{жін}}=22$ ) (i); після початку повномасштабного вторгнення військ російської федерації ( $n=40$ ,  $n_{\text{жін}}=21$ ) (ii). Варто зазначити, що записи, які увійшли до групи (i) були отримані у вересні – листопаді 2021 р., в той час як група (ii) була сформована на основі записів, отриманих у вересні 2022 р. – лютому 2023 р., тобто в період близько року від початку повномасштабного вторгнення. У свою чергу, групи до і після початку повномасштабних військових дій було розділено на дві менші групи на основі статі. Таким чином, було отримано чотири основні підгрупи, між якими в подальшому і проводилося порівняння: група жінок в стані до початку повномасштабного вторгнення (Д/В), група жінок в стані під час повномасштабного вторгнення (П/В), група чоловіків

в стані до початку повномасштабного вторгнення (Д/В), група чоловіків в стані під час повномасштабного вторгнення (П/В).

До дизайну експерименту увійшли шістнадцять серій зображень (тривалістю 10 хвилин кожна), організованих відповідно до різних комбінацій частих та рідкісних стимулів в їхньому складі. Представлення кожної серії зображень відбувалося згідно одбол-парадигми, що вимагала від учасника пасивного перегляду, та супроводжувалося одночасною реєстрацією електроенцефалограми за допомогою програмно-апаратного комплексу «Нейроком» («ХАІ Медика», Харків, Україна). З метою реєстрації власної електричної активності головного мозку, обстежувані комфортно розміщувались у світло- та звукоізолюваній камері, екранованій від зовнішніх електромагнітних полів за рахунок сіток Фарадея.

З метою оцінки ефективності розпізнавання обличчя при маніпуляціях його рисами, а також оцінки емоційного ефекту перегляду, було сформовано наступні стимуляційні протоколи:

1. Негативні розмиті / перемішані обличчя (рідкісні стимули), представлені серед нейтральних облич (часті стимули);
2. Негативні обличчя (рідкісні стимули), представлені серед розмитих / перемішаних нейтральних облич (часті стимули);
3. Нейтральні розмиті / перемішані обличчя (рідкісні стимули), представлені серед негативних облич (часті стимули);
4. Нейтральні обличчя (рідкісні стимули), представлені серед розмитих / перемішаних негативних облич (часті стимули);
5. Позитивні розмиті / перемішані обличчя (рідкісні стимули), представлені серед нейтральних облич (часті стимули);
6. Позитивні обличчя (рідкісні стимули), представлені серед розмитих / перемішаних нейтральних облич (часті стимули);
7. Нейтральні розмиті / перемішані обличчя (рідкісні стимули), представлені серед позитивних облич (часті стимули);
8. Нейтральні обличчя (рідкісні стимули), представлені серед розмитих / перемішаних негативних облич (часті стимули).

Пред'явлення експериментальних серій було розділено на 2 великі пули на основі принципу видозмінення зображень (розмиття або перемішування), по 4 експериментальні серії в кожному; реєстрація електроенцефалограми проводилась у першій половині дня. Під час кожного окремого обстеження відбувалась демонстрація серій із окремого пулу; послідовність серій в протоколі визначалася валентністю рідкісних стимулів (від позитивних зображень до негативних) та легкістю зчитування емоційного компонента (спочатку видозмінені, потім – природні).

Окрім цього, перед початком кожної окремої експериментальної сесії проводився запис ЕЕГ у спокої із закритими очима (3 хвилини) і відкритими очима (3 хвилини).

Стимуляційний матеріал було відібрано з Міжнародної Системи Афективних Зображень (International Affective Pictures System) [140] з подальшим застосуванням відповідних фільтрів. Розподілення стимулів за показниками емоційної валентності проводилося на основі значень, наведених у керівництві до тестової системи. Таким чином, значення валентності, що відповідали нейтральній категорії становили  $M = 4,22$ ,  $SD = 1,64$  до  $M = 5,84$ ,  $SD = 1,62$ ,  $n=100$ ,  $n_{fem}=50$ ; позитивні стимули характеризувалися середніми значення емоційної валентності  $M=6,94$ ,  $SD=1,42$  до  $M=8,03$ ,  $SD=1,13$ ,  $n=100$ ,  $n_{fem}=50$ ; і негативні мали середні значення емоційної валентності  $M=2,1$ ,  $SD=1,63$  до  $M=4,21$ ,  $SD = 1,62$ ,  $n=100$ ,  $n_{fem}=50$ .

Видозмінені стимули, як розмиті (blur), так і перемішані (scrambled), було отримано з використанням інструментів Adobe Photoshop. Процедура розмиття проводилася за допомогою накладення фільтра Гауса,  $\sigma = 15$ . Дана маніпуляція використовувалась для отримання розмитих стимулів з метою оцінки холістичного підходу до аналізу обличчя (рис.2.1, Б). Процедура перемішування облич була виконана з використанням інструменту полігонального ласо. Під час обробки основні елементи обличчя були вирізані і розміщені в межах обличчя таким чином, що жодна з них не займала свого природного місця, а також не розташовувалася невидозміненими чином відносно сусідніх елементів обличчя. Це було зроблено з метою виключення аналізу реляційних взаємодій між окремими частинами обличчя і, таким чином, приведення процесу сприйняття обличчя до аналізу за окремими ознаками (рис.2.1, В)



Рис. 2.1 Приклад зображень, що використовувались у якості стимульного матеріалу: А- природне обличчя; Б- розмите обличчя; В- перемішане обличчя.

Рідкісні стимули представлялися відповідно до рандомізованого шаблону з імовірністю появи рідкісних стимулів у 30%. Загальна кількість рідкісних подразників сягала 100, і кожен стимул демонструвався протягом 500 мс з періодом слідування 3 секунди  $\pm$  30%.

Реєстрація ЕЕГ-запису проводилася із розташування електродів за міжнародною схемою розміщення електродів «10-20» при монополярному монтажі. Рівні міжелектродного опору були нижче 5 кОм. Частота дискретизації запису по всіх каналах становила 500 Гц.

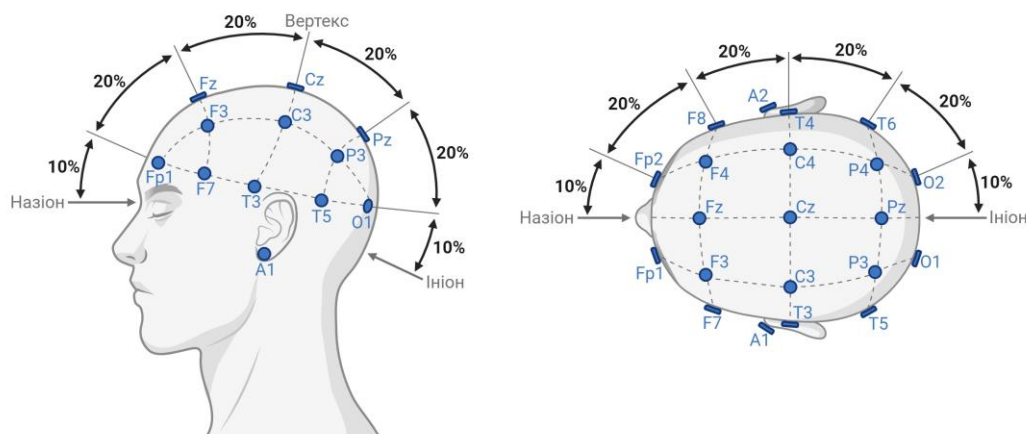


Рис. 2.2 Схематичне зображення позицій електродів, що використовувалися під час реєстрації електроенцефалограми (міжнародна схема розташування електродів «10-20», рисунок створений за допомогою ресурсу BioRender [141]).

Обробка отриманих даних була проведена за допомогою програмних блоків EEGLAB [141] на базі інженерного пакету MATLAB. У вищезазначених програмних

компонентах була проведена обробка вихідних записів – фільтрація та ІСА аналіз – з метою видалення присутніх артефактних компонентів (окуломоторні, шийні м'язові артефакти тощо). Окрім цього, в середовищі Python було реалізовано частину завдань, пов'язаних із аналізом та візуалізацією даних (зокрема для алгоритму ненаправленого ковзного середнього (НКС) [143] та побудови графіків за методом глобальної потужності поля (ГПП).

## 2.2 Метод реєстрації потенціалів, пов'язаних з подією

Потенціали, пов'язані з подією (ППП), представляють обширний клас електрофізіологічних феноменів, які отримуються з сумарної електроенцефалограми з використанням спектру спеціальних методів. Отже, за своїми характеристиками потенціали, пов'язані з подією, відображають зв'язок електричної активності мозку із специфічними подіями у зовнішньому середовищі (зокрема, експозицією до стимулів), у діяльності обстежуваного або із психологічними аспектами діяльності пацієнта (наприклад, процесом прийняття рішення).

Потенціали, пов'язані з подією, виділяються із вихідного сумарного ЕЕГ-запису на основі ряду вихідних припущень, зокрема: за умов кратного повторення певної події ЕЕГ-сигнал, що реєструється, включає два основних складники: спонтанний компонент ЕЕГ і потенціал, пов'язаний з подією (i); спонтанний компонент ЕЕГ розподілений випадково в ряді повторів події (ii); компонент потенціалу, пов'язаного з подією є сталим для всіх повторень події, тобто при  $i$  повторів події в момент часу  $t$  представляє їхню суму (iii) [143].

При сумуванні  $N$ -сигналів, зареєстрованих при послідовних повторях рідкісної події, компонент потенціалу, пов'язаного з подією, буде постійним, а компонент спонтанної ЕЕГ, як похибка середнього значення, буде варіюватися пропорційно величині  $1/N$ . Подальше прибирання «шумової» компоненти виконувалось за допомогою алгебраїчного згладжування. В результаті накопичення відрізків ЕЕГ, пов'язаних з визначеними подіями, їх усереднення, цифрової фільтрації та згладжування, із використанням програмного пакету EEGLAB [141] було отримано

ППП-криву, яку було описано як послідовність значень амплітуд окремих компонентів кривої, які виникають у певному часовому проміжку (латентності) відносно моменту подачі рідкісного стимулу [144].

З метою виконання завдань поставлених для даного дослідження було визначено 3 пріоритетні ЕЕГ-відведення, для яких проводився аналіз ППП за окремими компонентами, а саме центральне лобове (Fz), центральне (Cz) та центральне тім'яне (Pz) відведення, на основі даних про роль ділянок кори головного мозку, що їм відповідають, у аналітичних та синтетичних процесах [145]. Лобово-тім'яна мережа – це мережа контролю, яка служить для швидкого створення нових станів, пов'язаних із виконанням поточного завдання, шляхом гнучкої взаємодії з іншими мережами контролю та обробки вхідної інформації. На основі аналізу кореляції показників BOLD-магніторезонансної томографії та електроенцефалографічних даних (зокрема,  $\theta/\alpha$ -співвідношень потужностей) можна відзначити роль даної мережі у координації роботи нейрональних мереж всього мозку [146]. Порівняння кривих проводилось із використанням методів пермутаційної статистики, а також було проведено апостеріорний аналіз із використанням поправки Бонферроні з метою виключення хибнопозитивних результатів [142].

### 2.3 Алгоритм ненаправленого ковзного середнього

Метод ненаправленого ковзного середнього (НКС) використовується для оцінки показника масштабування довгострокових корельованих рядів [143], включно з такими часовими рядами як ЕЕГ [147]. Алгоритм НКС широко застосовується для оцінки довго- та короткострокових кореляцій випадкових часових рядів, як одновимірних, так і високимірних, у часових та просторових доменах [148].

Алгоритм НКС складається з наступних етапів: спочатку часові ряди кожного каналу ЕЕГ фільтруються за допомогою смугового фільтра Баттерворта 4-го порядку зі смугою пропускання, що відповідає необхідному частотному діапазону коливань. Значення граничних частот вибирали безпосередньо із зазначених діапазонів ЕЕГ:  $\theta 1$  [3,5 5,8] Гц,  $\theta 2$  [5,9 7,4] Гц,  $\alpha 1$  [7,5 9,4] Гц,  $\alpha 2$  [9,5 10,7] Гц,  $\alpha 3$  [10,8 13,5] Гц,  $\beta 1$  [13,6

19.9] Гц,  $\beta 2$  [20 30] Гц. На другому етапі до кожного відфільтрованого сигналу було застосовано перетворення Гільберта для отримання аналітичного сигналу, а потім огинаючу оцінювали як абсолютне значення аналітичного сигналу [149].

Після цього було проведено інтегрування перетвореного сигналу наступним чином:

$$y[i]=\sum_{j=1}^i x[j], \quad (2.1)$$

На наступному етапі обчислювалася функція флуктуації  $F(s)$  інтегрованого ряду:

$$F(s)=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^N(y[i]-y_{SG}^{\sim(m,s)}[i])^2} \quad (2.2),$$

де  $y_{SG}^{\sim(m,s)}$  представляє згладжуючий фільтр Савіцького–Голя м-го порядку [150] для  $\{y[i]\}$ , а  $s$  – довжина вікна фільтра Савіцького–Голя. У нашому підході було використано четвертий фільтр Савіцького–Голя, який відповідає центрованому НКС [150].

Лінійний зв'язок на подвійному логарифмічному графіку  $F(s)$  проти масштабів  $s$  вказує діапазон ступеневого закону масштабування. У цьому діапазоні масштабування коливання можна охарактеризувати коефіцієнтом  $\alpha$ . Коефіцієнт масштабування  $\alpha$  було отримано як кут нахилу лінійної частини співвідношення між  $\log(F(s))$  проти шкал  $\log(s)$ , де лінійна частина була емпірично обрана, щоб відповідати меті дослідження для всіх суб'єктів з різними видами стимулу. У результаті були отримані значення показників масштабування для всіх каналів у визначених діапазонах частот. Залежно від його значення значення показника масштабування інтерпретується наступним чином:

1.  $\alpha < 0.5$  відображає довгостроковий антикорельований сигнал;
2.  $\alpha = 0.5$  відповідає некорельованому сигналу;
3.  $\alpha = 1$  відповідає 1/f-шуму, також відомому як рожевий шум;
4.  $\alpha > 0.5$  позначає довгостроковий корельований сигнал;
5.  $\alpha > 1$  відповідає нестационарному, необмеженому сигналу;
6.  $\alpha = 3/2$  відображає Броунівський (коричневий) шум.

Для визначення статистичної значущості отриманих за допомогою НКС результатів для порівняння груп жінки/чоловіки, станів жінки (до війни)/ жінки (під час війни), чоловіки (до війни)/ чоловіки (під час війни) для відповідних експериментальних серій використовувався ранговий тест Манна-Уїтні. Таким чином, якщо середнє значення експоненти масштабування для ЕЕГ-сигналу з однієї групи, що аналізується, статистично відрізнялося від аналогічного значення, отриманого в другій групі, для одного й того самого відведення, відмічалася статистична значущість відмінності. Корекція значення  $p$  була виконана, щоб усунути проблему множинних порівнянь, - значення  $p$ -критерію були скориговані за допомогою поправки Холма-Сідака [152].

Для візуалізації отриманих результатів використовували схематичні зображення поверхні голови з ЕЕГ-відведеннями. На отриманих рисунках «>0» призначався відповідному каналу ЕЕГ, якщо різниця між медіанними значеннями експоненти масштабування  $\alpha$  була більшою за 0, «<0» призначався, якщо різниця була меншою за 0, а «0», відповідно, якщо не було статистично значущих відмінностей між медіанами.

#### **2.4 Розрахунок основних ЕЕГ-коефіцієнтів на основі аналізу динаміки викликаної електричної активності**

Даний метод оцінки біоелектричного сигналу базується на відстеженні еволюції в часі патерну сигналу або співвідношень (коефіцієнтів), розрахованих на основі глобальної потужності поля (ГПП) [153]. ГПП є мірою неоднорідності електромагнітного поля, що реєструється на окремих відведеннях; зазвичай розраховується як стандартне відхилення в індивідуальних значеннях, зареєстрованих на кожному окремому відведенні, в кожний момент часу. Таким чином, ГПП є одновимірним часовим рядом, що відображає варіабельність сигналу в сукупності каналів. У випадку ЕЕГ ГПП є мірою загальної потужності сигналу по всіх ЕЕГ відведеннях у кожній точці часу.

З метою аналізу динаміки викликаної електричної активності, в першу чергу було застосовано метод Велша для розрахунку густини спектральної потужності з

подальшою нормалізацією. Після було перетворення Гільберта [147], як і у випадку з алгоритмом НКС, із подальшим застосуванням функції згладжування.

Задля оцінки саме викликаної відповіді, необхідні фрагменти запису було виділено із сумарного сигналу з використанням спеціальних маркерів – синхронізація подачі стимуляційного матеріалу із електроенцефалограмою відбувалась із використанням оптоволоконного синхроканалу із реєстрацією в програмному забезпеченні приладу. Нарешті, сигнали було відкореговано перед усередненням за випробуваннями з використанням величини Гільберта. Потім обчислювався ГПП, як описано в [154], використовуючи суму квадратів, але без нормалізації за рангом. Наступним кроком проводилося визначення базової лінії, щоб зробити ГПП порівняним між різними частотами сигналу. Потім процедура повторювалася для кожного частотного діапазону, що використовувався для візуалізації окремих значень ГПП. Щоб оцінити невизначеність, обчислювалися бутстреп довірчі інтервали по окремих каналах, як описано в [155]. Було візуалізовано криві часової динаміки глобальної потужності поля, її обвідну та співвідношення ГПП для окремих діапазонів активності.

Отже, з метою оцінки динаміки нейропсихологічних процесів, було визначено 3 основних частотних діапазони активності, між якими в подальшому розраховувалися співвідношення на основі ГПП:  $\theta$  [3 6,9] Гц,  $\alpha$  [7 12] Гц,  $\beta$  [12,1 29] Гц. Тобто, виконувався розрахунок співвідношення потужностей коливань у вищенаведених діапазонах частот в наступних комбінаціях:  $\alpha/\beta$ ,  $\alpha/\theta$ ,  $\beta/\theta$ . З метою покращення візуалізації, співвідношення коефіцієнтів розраховувалось за наступною формулою:

$$K = \text{ГПП\_Д1} / \text{ГПП\_Д2} - 1 \quad (2.3),$$

де  $K$  – коефіцієнт співвідношення,

ГПП\_Д1, ГПП\_Д2 – глобальний потенціал потужності в одному обраному діапазоні біоелектричної активності.

На осі абсцис було відкладено час (в мілісекундах), що дозволило оцінити розгортання в часі викликаної нейродинаміки. Міжгруповий та внутрішньогруповий статистичний аналіз проводився за рахунок порівняння співвідношень у часових проміжках з використанням критерію Манна-Уїтні.

## РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОДІЄЮ, ТА ОБГОВОРЕННЯ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ

### 3.1 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями

#### 3.1.1. Аналіз ППП в групі жінок (до та під час повномасштабного вторгнення)

Результати, отримані в жіночій групі при демонстрації негативних розмитих стимулів як рідкісних серед нейтральних облич (рис. 3.1, А), продемонстрували наявність статистично значущих відмінностей між групами П/В та Д/В як у складі ранніх компонентів кривої ППП, так і серед компонентів пізньої латентності. Так, у лобовому та центральному відведеннях в стані П/В спостерігалась значущо більша амплітуда потенціалу P100 ( $\Delta_{\max}$  3,8 мкВ та 1,9 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно), а в центральному та тім'яному відведенні – компоненту N200 ( $\Delta_{\max}$  3,5 мкВ та 4,2 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно). Окрім цього, у лобовому та центральному відведеннях було відмічено більшу вираженість пізнього позитивного потенціалу (600-800 мс) для групи Д/В ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ для лобового відведення та 1,8 мкВ для центрального,  $p < 0,05$ )).

Подібна особливість спостерігалася за умов демонстрації негативних рідкісних зображень за умов праймінгу розмитими нейтральними стимулами (рис. 3.1, Б). Таким чином, у центрально-лобовій та центральній ділянках кори спостерігалися аналогічні відмінності у значенні піків N200 ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ у лобовому відведенні та 3,7 мкВ у центральному відведенні,  $p < 0,05$ ) та відмінна динаміка для пізніх компонентів позитивного потенціалу. Можна бачити, що стан П/В в жіночій групі характеризувався меншою амплітудою пізнього позитивного потенціалу ( $\Delta_{\max}$  2,5 мкВ для лобового відведення та 1,8 мкВ для центрального,  $p < 0,05$ ), а також виникав раніше і демонстрував значно більш стрімке падіння, ніж в стані Д/В. В той же час, у центральній тім'яній ділянці кори було зареєстровано статистично значущу відмінність у значенні компоненту ранньої задньої негативності (латентність 250-400 мс), що був більш вираженим для стану П/В ( $\Delta_{\max}$  5,1 мкВ,  $p < 0,05$ ).

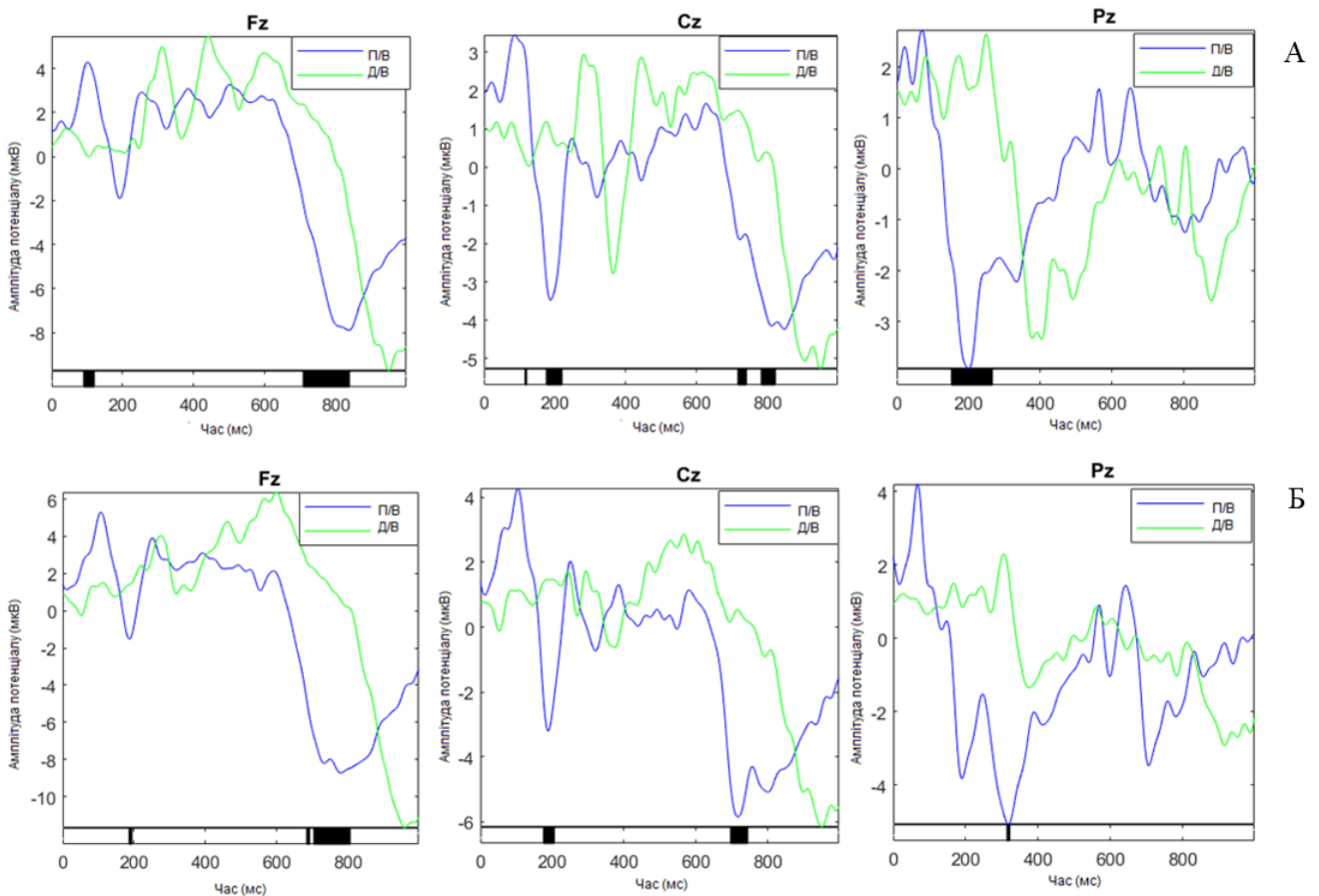


Рис. 3.1 Усреднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними рідкісними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Сприйняття серії зображень із нейтральними розмитими обличчями у якості рідкісних стимулів серед негативних зображень (рис. 3.2, А) позначилося переважанням основних відмінностей у часовому вікні близько 200 мс. У центральному лобовому і центральному відведеннях при цьому спостерігалися більші амплітуди потенціалу для групи Д/В ( $\Delta_{\max}$  5,5 мкВ та 5,2 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно), а в

тім'яному – для групи П/В ( $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, статистично значущі відмінності реєструвалися в ділянці 600-800 мс у лобовій та центральній областях кори. Поведінка даного компонента кривої збігалася із описаними вище.

За умов демонстрації невидозмінених нейтральних облич на фоні негативних розмитих зображень (рис. 3.2, Б) відмічалися аналогічні до описаних попередньо відмінності на пізніх латентностях у лобовому та центральному відведеннях ( $\Delta_{\max}$  3,7 мкВ та 2 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно). Окрім цього, можна відмітити значущу різницю у значенні амплітуди піку P100 для лобового відведення ( $\Delta_{\max}$  5,1 мкВ,  $p < 0,05$ ), та амплітуди піку N200 длятім'яної ділянки кори ( $\Delta_{\max}$  4,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

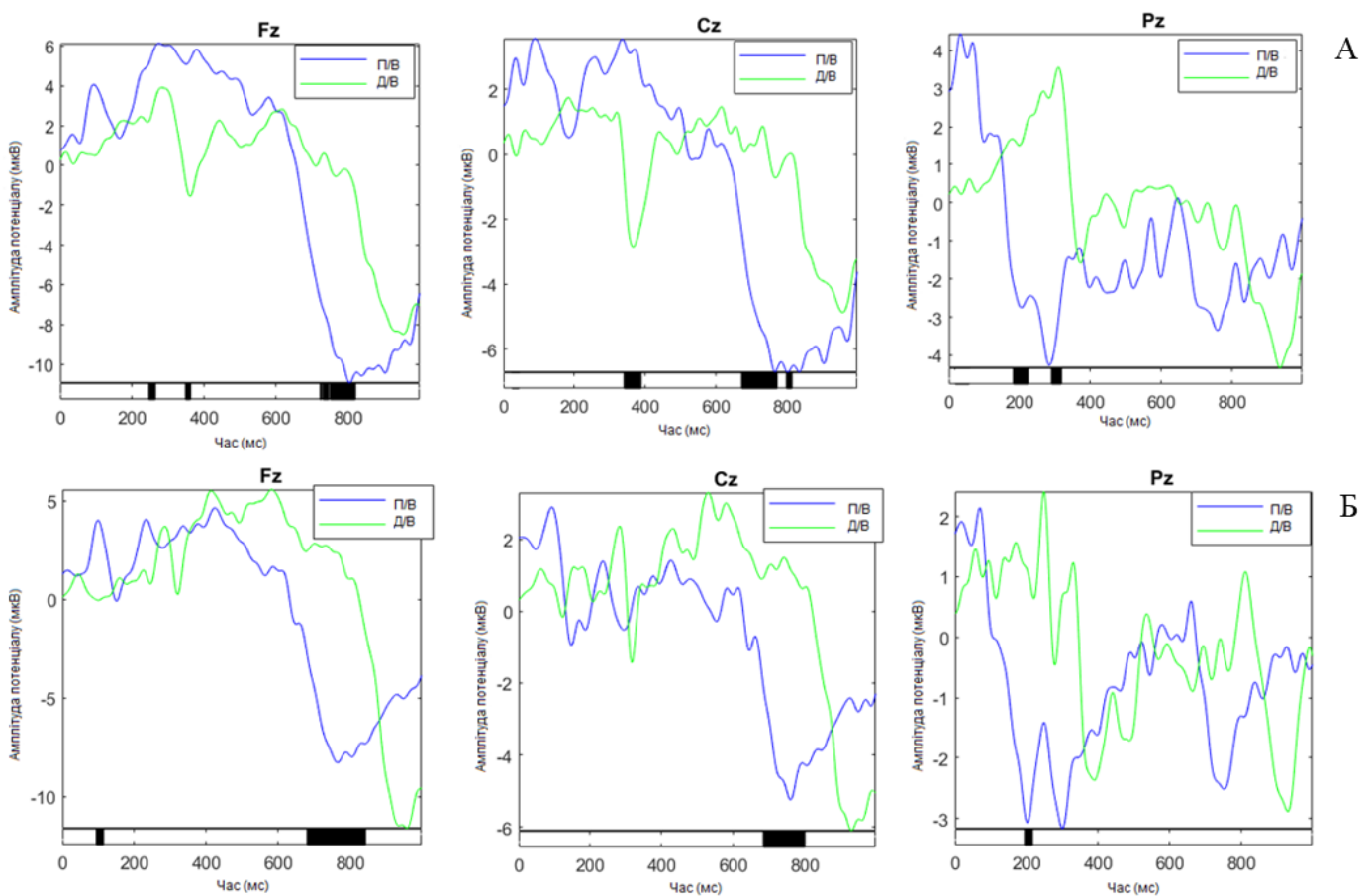


Рис. 3.2 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центральноготім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними розмитими (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда

потенціалу подається у мікрвольтгах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

В той же час, можна відмітити дещо відмінну картину для сприйняття нейтральних облич у якості рідкісних стимулів за умов демонстрації серед частих позитивних зображень (рис. 3.3, А, Б). Так, для тім'яної ділянки статистично значущі відмінності спостерігалися відносно значення амплітуди піку N200 ( $\Delta_{\max}$  5,3 мкВ,  $p < 0,05$ ). Як в умовах представлення розмитих нейтральних облич серед позитивних, так і в оберненій ситуації, жіноча група в стані П/В демонструвала значущо більші значення даного піку.

У випадку лобових і центральних відведень під час пред'явлення нейтральних розмитих стимулів основні відмінності спостерігалися у компонентах середньої та пізньої латентності (у часовому проміжку 200-400 мс у лобовому відведенні  $\Delta_{\max}$  5,3 мкВ,  $p < 0,05$ ; а також відмінна динаміка для пізнього позитивного потенціалу). У випадку пред'явлення нейтральних рідкісних зображень серед позитивних, однак, можна відмітити відмінності між ранніми та пізніми компонентами в станах Д/В та П/В. У лобовому та центральному відведеннях отримано відмінності для компоненту P100 ( $\Delta_{\max}$  3,7 мкВ та 1,9 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно), в той час як у тім'яному відведенні між станами значущо відрізнялися компоненти N200 ( $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Аналогічно до попередньо описаної серії зображень у лобовому відведенні можна було бачити ділянку значущої різниці в значенні потенціалу для ділянки 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  3,9 мкВ,  $p < 0,05$ ).

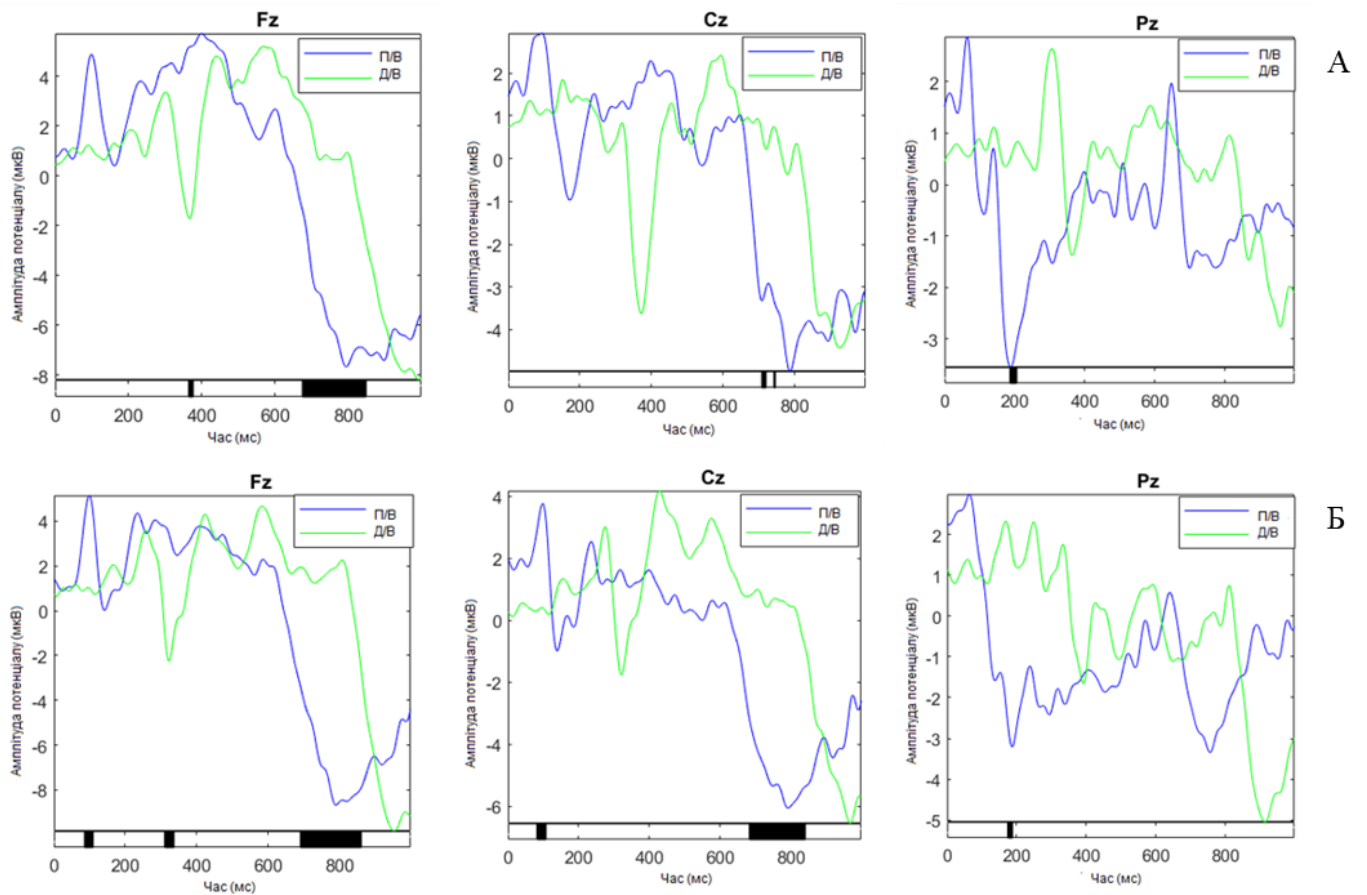


Рис. 3.3 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними розмитими (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Зрештою, тренди, описані для попередніх проб, збереглися і для серії із позитивними обличчями – розмитими (рис. 3.4, А) та природними (рис. 3.4, Б) – у якості рідкісних стимулів. Таким чином, в умовах демонстрації розмитих позитивних зображень серед нейтральних можна відмітити ділянки значущих відмінностей у ранніх, середніх та пізніх компонентах кривої ППП в усіх трьох відведеннях. Для Fz,

Cz та Pz для латентності 100 мс –  $\Delta_{\max}$  3,9 мкВ, 4 мкВ, та 2,9 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно; для латентності 200 мс –  $\Delta_{\max}$  2,8 мкВ, 4 мкВ, та 3,9 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно. Також, для періоду 400-600 мс у центральному відведенні ( $\Delta_{\max}$  3,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) відмічено вищезгадані характеристики для пізнього позитивного потенціалу.

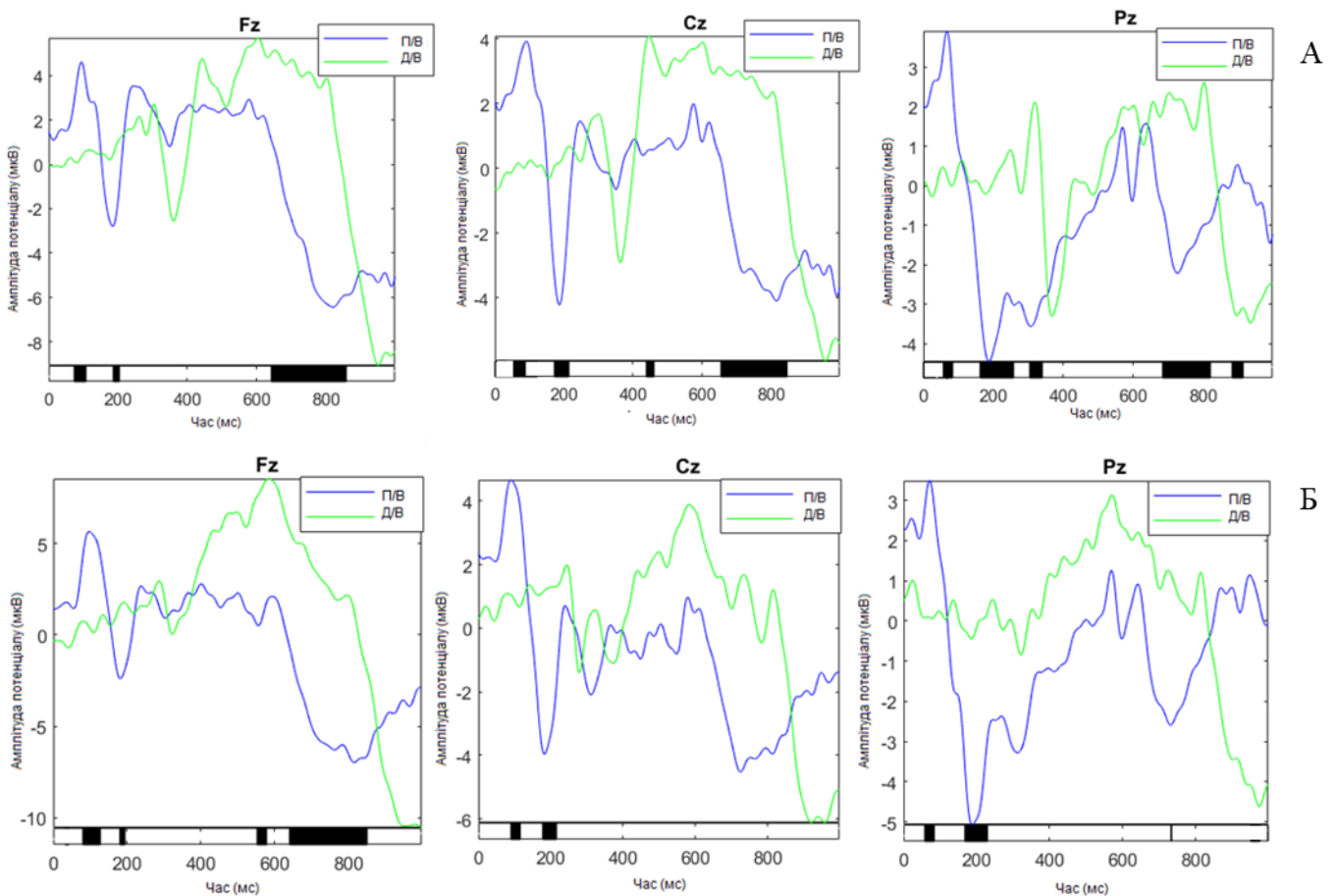


Рис. 3.4 Усреднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Таким чином, першочергово можна бачити, що відмінності між станами Д/В та П/В (рис. 3.1– 3.4) у жіночій групі проявляються у ранніх компонентах кривої (100 мс та 200 мс від моменту подачі рідкісного стимулу), без прямої залежності від видозмінення чи валентності обличчя. Втім, можна зазначити, що найбільш ранній пік кривої (P100, 50-150 мс) демонстрував реактивність у відповідь на складову емоційної валентності рідкісного стимулу. Загалом період 100-200 мс вважається періодом переходу від візуальної уваги низької точності до фільтра уваги високого рівня [156]. Ранній пік P100 зазвичай пов'язують із початковими етапами функціонування системи уваги та первинним вирізненням рис об'єкту при направленні візуальної уваги [82]. Більше того, існують дані, що амплітуда піку P100 реагує на експериментальне конфігураційне видозмінення обличчя, оскільки він асоційований із первинною категоризацією візуального стимулу.

В свою чергу негативність в часовому проміжку 150-200 мс від моменту подачі подразника відповідає моменту створення внутрішньої репрезентації обличчя [157]. Можна зазначити, що загалом відмінності у значеннях даного піку проявлялися в усіх пробах при порівнянні даних, отриманих до та під час повномасштабного вторгнення, і амплітуда N170 була стабільно більшою для стану П/В і характеризувалася більш ранніми часовими проміжками прояву. Даний феномен, можна припустити, пов'язаний із загальною фасилітацією процесів інтеграції та інтерпретації обличчя.

Звертає на себе увагу присутність ділянок значущих відмінностей в часовому проміжку 200-400 мс для серій, в яких розмиті нейтральні обличчя виступали рідкісними стимулами (рис. 3.2, рис. 3.3). Так, можна відмітити більші амплітуди піку P300 для стану Д/В, що може вказувати на посилення процесів уваги, керованих рідкісними стимулами [158].

Зрештою, слід відмітити цікаві особливості поведінки пізнього позитивного потенціалу для двох досліджуваних станів. Звертає на себе увагу присутність у всіх експериментальних серіях (особливо примітно у серії із позитивними розмитими обличчями як рідкісними стимулами – у лобово-центральному відведенні можна було спостерігати значущі відмінності між станами Д/В і П/В навіть у період 400-600 мс) спільного промовистого патерну на пізніх латентностях кривої: у стані П/В пізній

позитивний потенціал характеризувався нижчим значенням амплітуди, виникав раніше і більш стрімко переходив до негативності очікування перед наступним стимулом (рис. 3.3, 3.4). Дослідження показують, що пізній позитивний потенціал модулюється вмістом зображення, що передається «знизу вгору»: він посилюється при перегляді приємного і неприємного емоційного контенту, порівняно з нейтральним контентом [159]. Наприклад, навіть у межах приємних зображень амплітуда пізнього потенціалу була більша для більш мотиваційно значущого вмісту зображення [160]. Він також продемонстрував хорошу прогностичну надійність в ході ряду випробувань (тобто внутрішню співставність [161]). Таким чином, пізній позитивний потенціал є нейронною реакцією, яка відображає залучення до обробки мотиваційно значущих стимулів [162], яка має хороші психометричні властивості. Крім того, пізній потенціал відносно швидко модулюється процесами зверху-вниз [163]. Дійсно, декілька досліджень вимірювали пізній позитивний потенціал для дослідження процесів емоційної регуляції, таких як когнітивна переоцінка [164]. В роботі [165] вперше продемонстрували, що пізній позитивний потенціал, викликаний неприємними картинками, був знижений після виконання інструкцій з когнітивної переоцінки.

З іншого боку, ряд досліджень показали пригнічуючий вплив депресії на нейронну відповідь до емоційних стимулів [166]. Proudfit та співавтори [166] дійшли висновку, що люди з депресією можуть відсторонюватися від емоційно важливого контенту. У зв'язку з цим зростає кількість свідчень, які вказують на те, що як клінічно продіагностована депресія, так і депресивні симптоми можуть бути пов'язані зі зниженням значень пізнього позитивного потенціалу у відповідь до емоційних стимулів різної валентності (позитивних та негативних) [167]. Таким чином, можна зробити припущення, що хронічна дія травмівних факторів у вибірці П/В може призвести до відриву від емоційного вмісту, і це відобразатиметься в падінні значення пізнього позитивного потенціалу у відповідь до емоційних подразників.

Окрім цього можна припустити, що, окрім ослабленої реакції на емоційний компонент подразника, обстежувані в стані П/В демонстрували швидший перехід до підготовки для отримання інформації із наступного стимулу. Більш раннє встановлення негативності таким чином можна пов'язати із підтриманням роботи системи уваги та

початком підготовки до подальшого процесу сприйняття подразників відповідними ділянками кори [168].

### **3.1.2 Аналіз ППП в групі чоловіків (до та під час повномасштабного вторгнення)**

Аналіз кривих ППП, отриманих під час демонстрації негативних облич (розмитих та природніх, рис. 3.5) серед нейтральних стимулів у чоловічій групі в умовах до та після початку повномасштабного вторгнення продемонстрував наявність суттєвої кількості статистично значущих відмінностей у значеннях піків у всіх трьох вікнах латентності.

Зокрема, під час пред'явлення негативних розмитих стимулів за умов праймінгу нейтральними зображеннями було відмічено менші значення амплітуди потенціалу для піків на латентностях до 200 мс ( $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ в лобовому відведенні,  $p < 0,05$ ;  $\Delta_{\max}$  2,7 мкВ в центральному відведенні  $p < 0,05$ ;  $\Delta_{\max}$  5 мкВ в потиличному відведенні,  $p < 0,05$ ), 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ в лобовому відведенні,  $p < 0,05$ ;  $\Delta_{\max}$  2,4 мкВ в центральному відведенні  $p < 0,05$ ;  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ в потиличному відведенні,  $p < 0,05$ ). В часовому вікні 600-800 мс, що відповідає пізньому позитивному потенціалу, стан П/В у всіх включених до аналізу відведень характеризувався ознаками, подібними до описаних для жіночої групи. В той же час, подібна картина спостерігалася і в оберненій серії, за виключенням компонентів середньої латентності (400-600 мс) для лобового відведення.

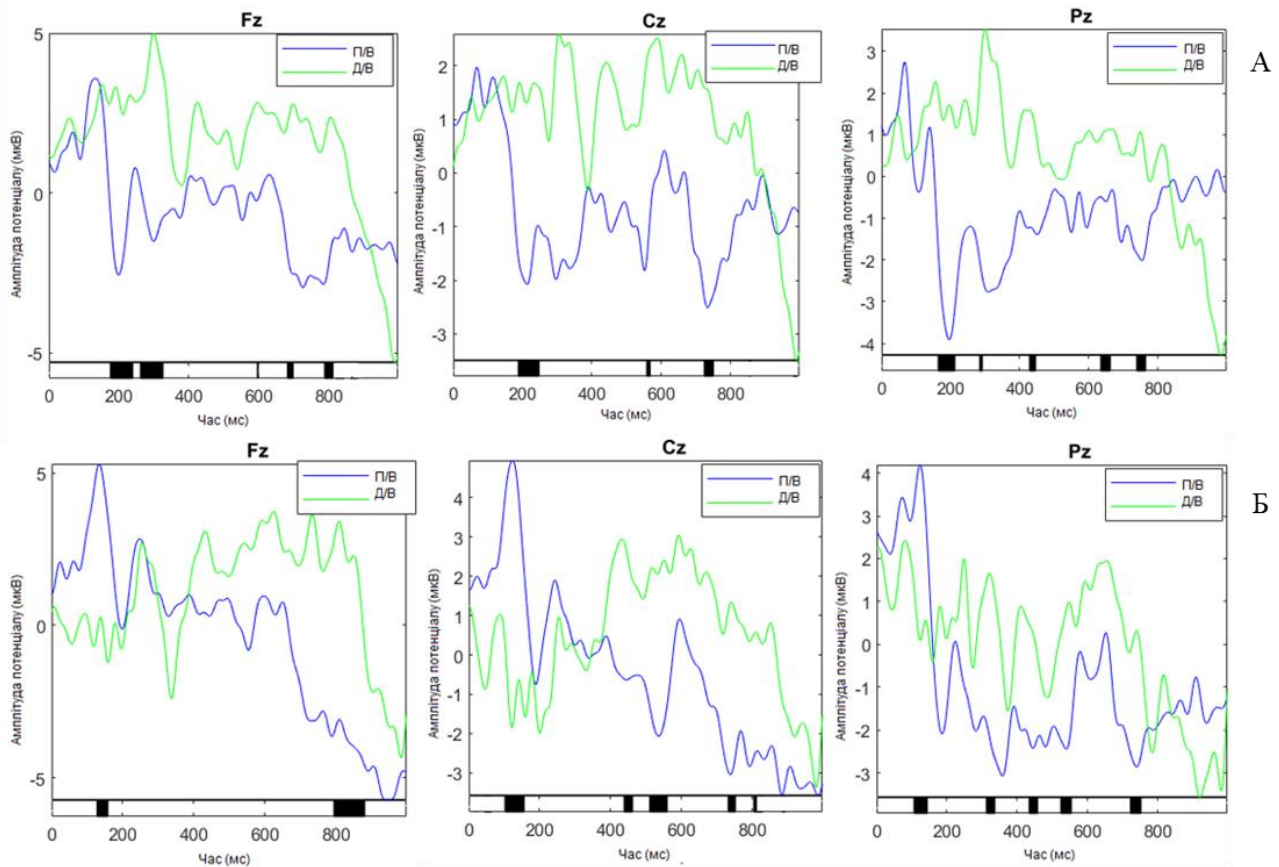


Рис. 3.5 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними розмитими обличчями (рідкісні стимули) та нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групі чоловіків до (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Дещо відмінна картина спостерігалася в серії із пред'явленням нейтральних стимулів як рідкісних в середовищі, сформованому з негативних зображень (рис. 3.6, А, Б). Так, можна відмітити, що пред'явлення нейтральних розмитих стимулів серед негативних зображень характеризувалося значущо нижчим меншим вираженням пізньої компоненти кривої ППП для стану П/В у всіх аналізованих відведеннях за принципом, описаним для жіночої групи. В той же час, для обстежуваних чоловіків у

стані П/В в даній експериментальній серії можна також відмітити нижче значення амплітуди потенціалу у часовому вікні 200-300 мс в центральній області ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ), а також більшу вираженість піку на латентності близько 200 мс у тім'яному відведенні ( $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ).

У випадку презентації негативних стимулів серед нейтральних розмитих облич (рис. 3.6) було відмічено значущо менші значення потенціалу у фронтальній, центральній та тім'яній областях на часовому відтинку 200-400 мс в групі П/В ( $\Delta_{\max}$  1,6 мкВ, 2,4 мкВ та 1,8 мкВ,  $p < 0,05$ , відповідно). Також спостерігалось нижче значення амплітуди потенціалу для даної групи на пізніх латентностях (600-800 мс). В той же час, крива ППП, отримана від центрального відведення характеризувалася наявністю ділянки зі статистично значущими відмінностями на часовому проміжку 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

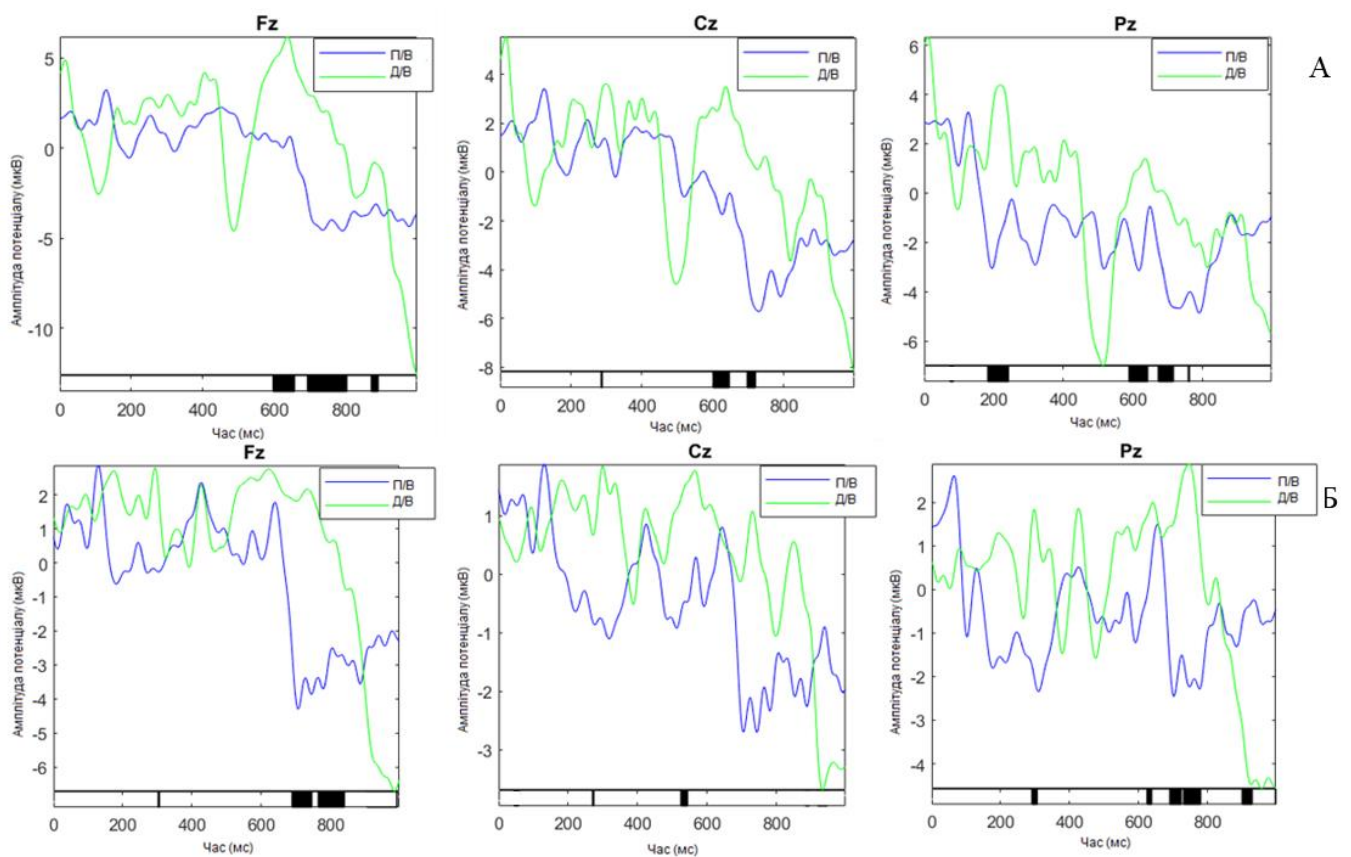


Рис. 3.6 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) та негативними обличчями (часті стимули); та (Б)

нейтральними (рідкісні стимули) і негативними розмитими (частими) стимулами у групі чоловіків до (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтгах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані для серії з презентацією нейтральних розмитих облич як рідкісних стимулів на фоні позитивних зображень, характеризувались рядом примітних особливостей (рис. 3.7, А). Так, зокрема, можна відмітити значущі відмінності на ранніх (до 200 мс), середніх (200-400 мс) та пізніх (600-800 мс) латентностях кривої. Для лобового відведення, наприклад, було відмічено значущо більші значення ранніх компонентів кривої (P100,  $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; N200,  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) та піків середньої латентності (P300,  $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ), а також більш виражену негативність на пізніх відтинках часу в стані П/В порівняно із станом Д/В. Аналогічна особливість спостерігалась також і для центральної зони кори (P100,  $\Delta_{\max}$  3,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; N200,  $\Delta_{\max}$  1,6 мкВ,  $p < 0,05$ ; P300,  $\Delta_{\max}$  2,5 мкВ,  $p < 0,05$ ). В той же час, разом із значущо більш вираженою негативністю ранніх (N200,  $\Delta_{\max}$  5 мкВ,  $p < 0,05$ ) та пізніх піків кривої, зареєстрованої у тім'яному відведенні, компоненти із середньою латентністю в стані П/В характеризувались меншими значеннями, порівняно із Д/В (400-600 мс,  $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ).

З іншого боку, пред'явлення нейтральних облич за використання позитивних розмитих у якості фону (рис. 3.7, Б), не означилося присутністю настільки виражених відмінностей між станами Д/В і П/В при збереженні основних тенденцій, описаних для попередньої серії. Для лобового відведення, наприклад, було відмічено значущо більші значення ранніх (P100,  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ), середніх ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та пізніх компонентів кривої. В центральному відведенні спостерігалися відмінності в складі піку P100 ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) та в пізньому компоненті кривої. У тім'яному відведенні можна зазначити відмінності в складі піку N200 ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) та пізніх компонентах кривої.

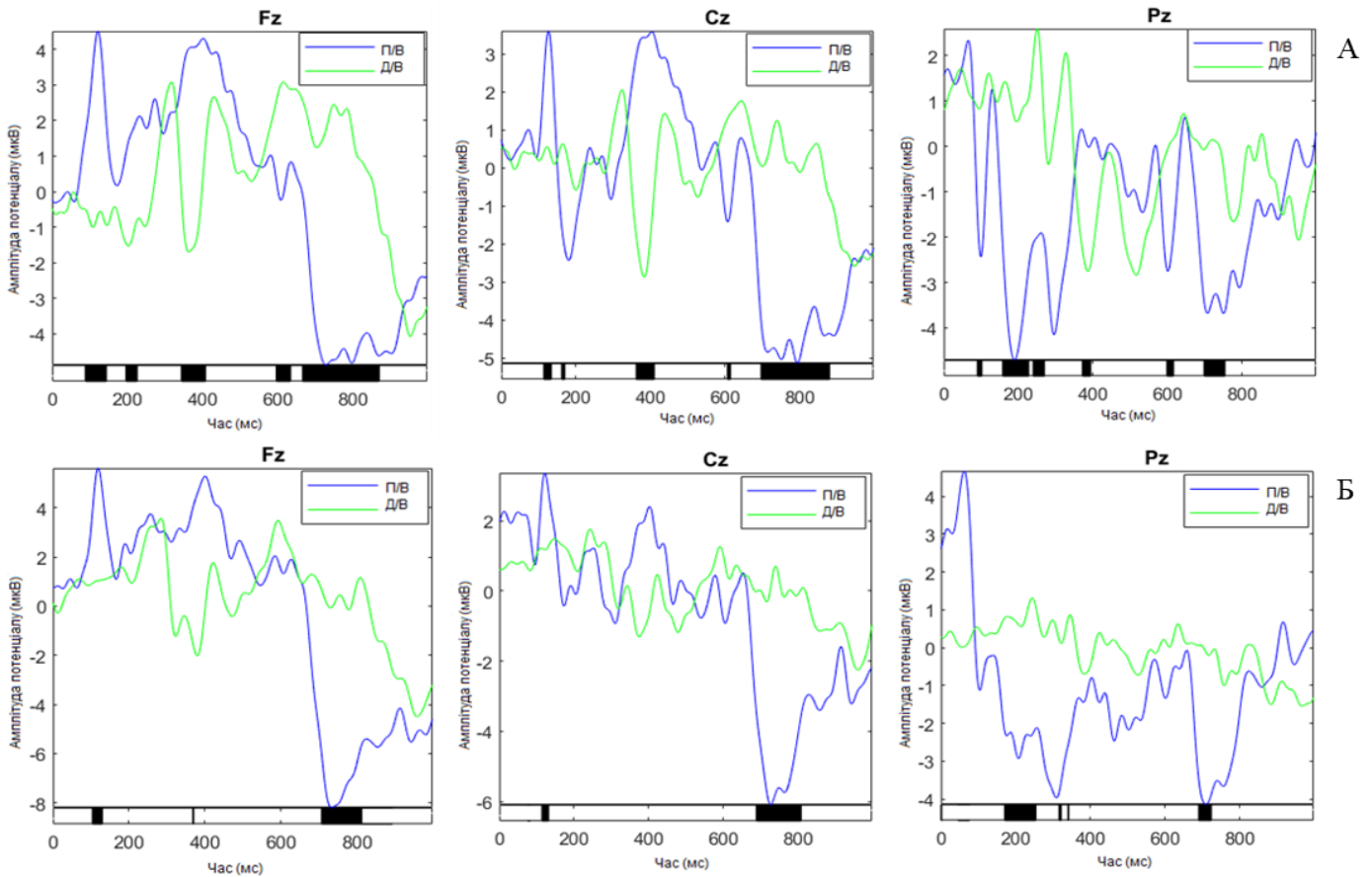


Рис. 3.7 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) та позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними розмитими (частими) стимулами у групі чоловіків (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

На рисунку 3.8 відображено криві ППП, отримані під час експозиції позитивних розмитих облич в середовищі, створеному нейтральними стимулами (А) та позитивних облич на фоні нейтральних розмитих стимулів (Б). Так, зокрема можна побачити, що принципові відмінності в динаміці і параметрах кривих, отриманих в період до та під час повномасштабного вторгнення, збігаються з описаними для попередньої серії зображень. У фронтальних ділянках значущі відмінності було відмічено у ранньому

часовому вікні (P100:  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, А; P100  $\Delta_{\max}$  4,3 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, Б; N200:  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, А) та на пізніх латентностях. У центральному відведенні можна помітити значущо відмінні ділянки на ранніх (P100,  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ; N200,  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та пізніх латентностях під час перегляду рідкісних розмитих позитивних облич та у всіх трьох часових вікнах (P100,  $\Delta_{\max}$  4,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; N200,  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ; N400,  $\Delta_{\max}$  3,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) для рідкісних позитивних стимулів природного вигляду. Зрештою, у тім'яних відведеннях значущі відмінності спостерігалися з-поміж компонентів ранньої (N200:  $\Delta_{\max}$  4,5 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, А; N200:  $\Delta_{\max}$  5 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, Б), середньої (N400:  $\Delta_{\max}$  3,8 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, А; N400:  $\Delta_{\max}$  4,5 мкВ,  $p < 0,05$ , рис.3.8, Б) та пізньої латентності.

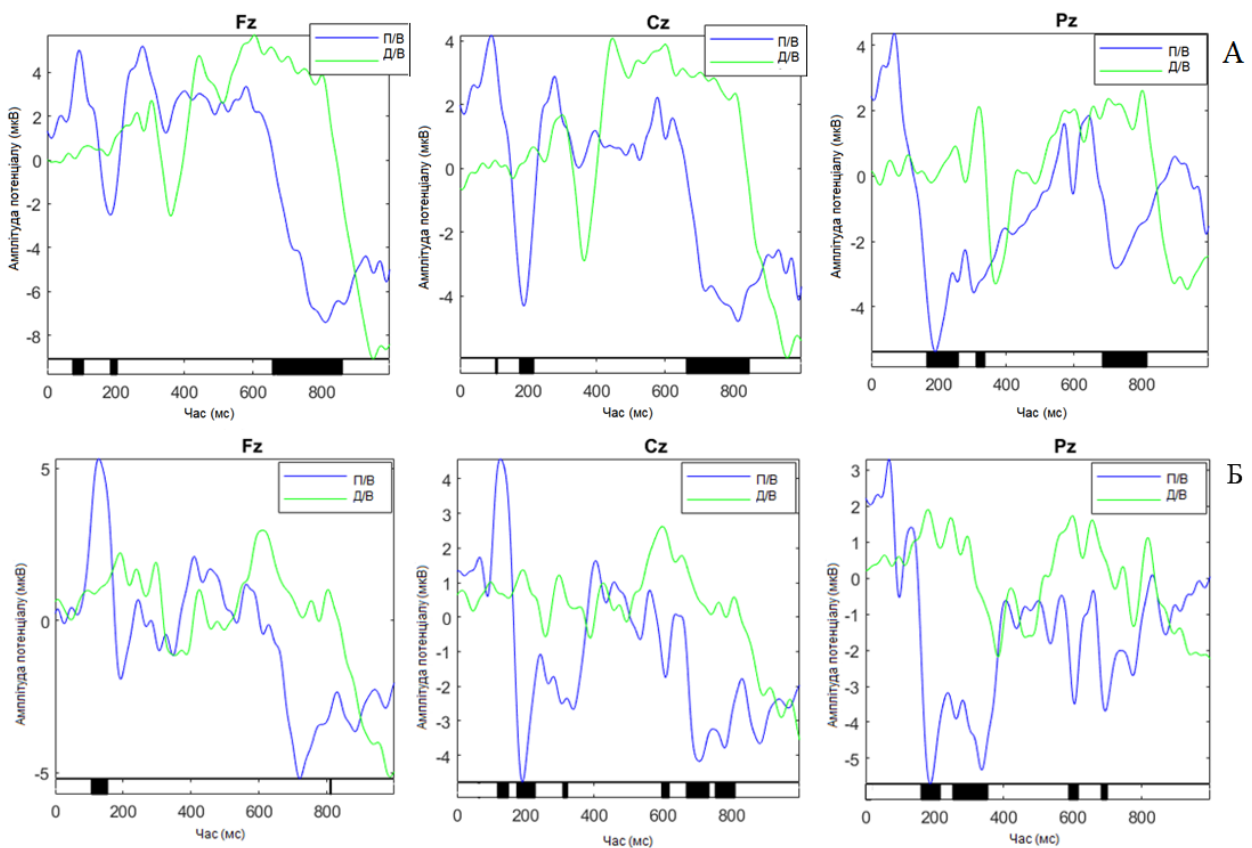


Рис. 3.8 Усреднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними розмитими обличчями (рідкісні стимули) та нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групі (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу

подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Отже, можна відмітити, що основні характеристики, описані для порівняння станів до початку та під час повномасштабного вторгнення для жіночої групи, описували також і перебіг процесу сприйняття різних комбінацій із розмитими обличчями в групі чоловіків. Більше того, відмінності в поведінці пізнього позитивного потенціалу для чоловічої групи були навіть більш виразними, оскільки відмінності в характеристиках компоненту пізньої латентності між станами П/В та Д/В відстежувались у кожній експериментальній пробі.

Окремо абсолютно необхідно відзначити, що, на відміну від жіночої групи, порівняння станів П/В та Д/В для чоловіків виявило значущі відмінності для значень ранньої задньої негативності (тім'яні ділянки кори, латентність  $>400$  мс). Отримані дані демонструють, що група чоловіків у стані Д/В демонструвала значущо більш виражений пік N400, коли розмиті стимули виступали рідкісними, незалежно від їхньої валентності. Водночас, обернена особливість спостерігалась для стану П/В – збільшення амплітуди N400 відбувалось, коли рідкісні невидозмінені стимули демонструвались серед розмитих. Вважається [169], що N400 є загальним показником семантичного пошуку в доступних концептуальних знаннях, пов'язаних з будь-яким значущим стимулом. Цей пошук залежить від попередньо збережених представлень, імпліцитної пам'яті та отриманих пошукових сигналів, які накладаються на попередньо створений контекст. Таким чином, збільшення амплітуди буде відповідати посиленню семантичної обробки [170]. Враховуючи це, збільшення значень амплітуди N400 може відповідати труднощам визначення валентності емоцій у створеному нейтральному контексті.

### 3.1.3 Аналіз результатів міжгрупового порівняння

#### 3.1.3.1 Дослідження результатів, отриманих до початку повномасштабного вторгнення

Порівняння між собою результатів пред'явлення негативних зображень як рідкісних у середовищі нейтральних частих зображень (рис. 3.9) у групах чоловіків та жінок виявило ряд характерних закономірностей. В першу чергу варто відмітити, що у випадку розмитих негативних стимулів (рис. 3.9, А) статистично значущі відмінності у значеннях амплітуди компонентів кривої ППП спостерігалися на ранніх, середніх та пізніх латентностях від моменту подачі рідкісного стимулу. Так, зокрема, у лобовому відведенні спостерігалася присутність значущих відмінностей у значення піків у часовому вікні 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ), 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) та 600-800 мс і далі ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ.,  $p < 0,05$ ). При цьому, варто зазначити, що жіночій групі притаманною була більша амплітуда як негативних, так і позитивних піків. Відносно менш вираженими були значущі відмінності, відмічені для центральної ділянки кори. Втім, патерн відмінностей збігався із тим, що реєструвався для фронтального відведення : 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ), 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та 600-800 мс і далі ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ). Зрештою, у тім'яному відведенні спостерігалися на часових відтинках 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та 600-800 мс.

У той же час, в серії із пред'явленням негативних рідкісних стимулів природного вигляду, значущі відмінності між чоловічою та жіночою групами були значно менш вираженими, а саме спостерігалися лише у лобовому та центральному відведеннях. При цьому можна зазначити, що у випадку лобової ділянки неокортексу піки із значущими відмінностями знаходились на латентностях 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ) та близько 800 мс ( $\Delta_{\max}$  6 мкВ,  $p < 0,05$ ). Водночас для центральної області відмінності спостерігались для ранніх компонентів (180-200 мс:  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ).

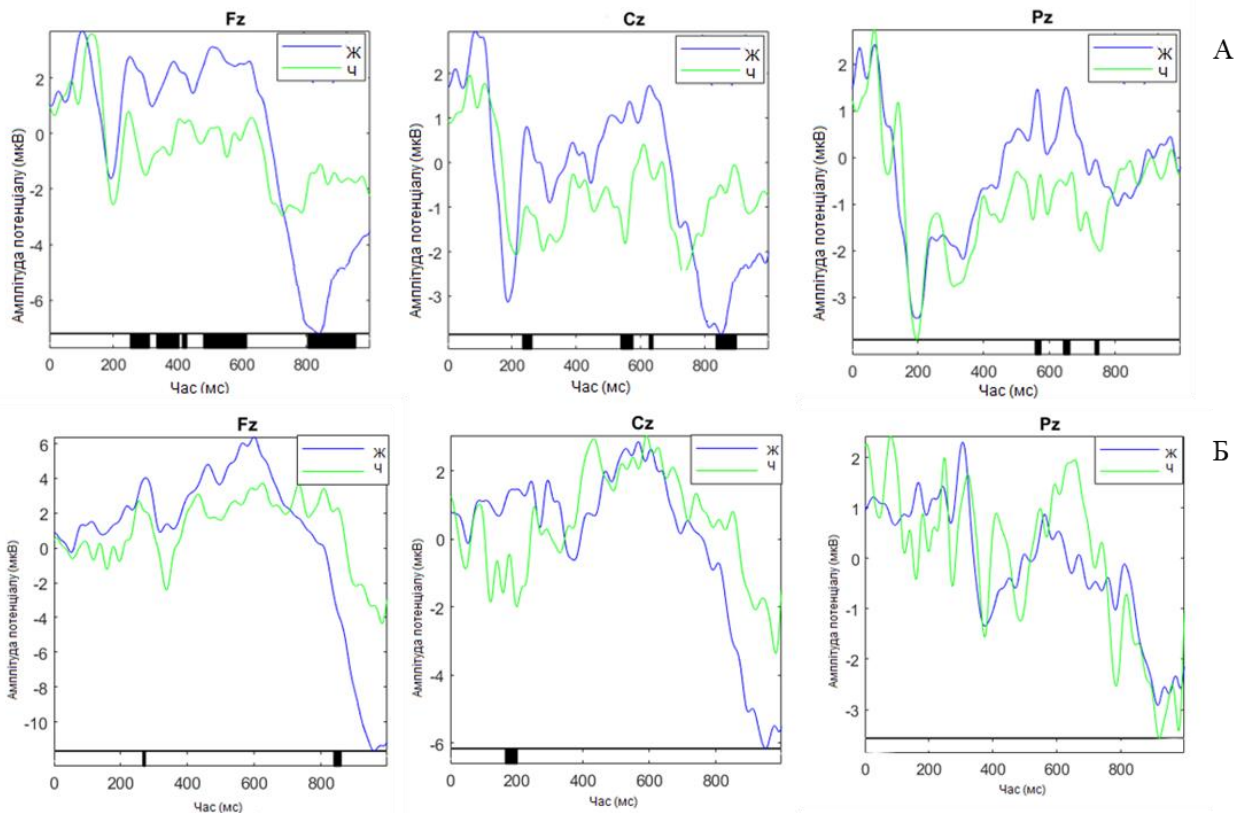


Рис. 3.9 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=23$ ) до повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Вельми відмінна картина спостерігалася при пред'явленні набору зображень із нейтральними (розмитими та невидозміненими) обличчями у середовищі негативних частих стимулів. В першу чергу можна відмітити, що у вибірці із нейтральними розмитими рідкісними стимулами (рис. 3.10, А), для лобового та центрального відведення значущі відмінності спостерігалися для пізніх латентностей від моменту появи рідкісного стимулу. Окрім цього, у центральному відведенні можна було спостерігати значущі відмінності у часовому вікні 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  3,1 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Зрештою, у тім'яному відведенні значущо більш вираженою була негативність на латентності 400-600 мс для чоловічої групи ( $\Delta_{\max}$  6,1 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Разом з тим, обробка нейтральних облич в умовах пред'явлення серед розмитих негативних, описувалися відмінною структурою кривої ППП (рис. 3.10, Б). Так, усереднена крива, отримана в лобовому відведенні, характеризувалася значущо нижчими значеннями потенціалу для жіночої групи ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, у центральній області кори можна було спостерігати значущі відмінності на ділянці 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  1,7 мкВ,  $p < 0,05$ ) та 800-900 мс ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ) з моменту початку пред'явлення рідкісного стимулу. Зрештою, як середні (400-600 мс), так і пізні (600-900 мс) позначалися значущими відмінностями для тім'яного відведення.

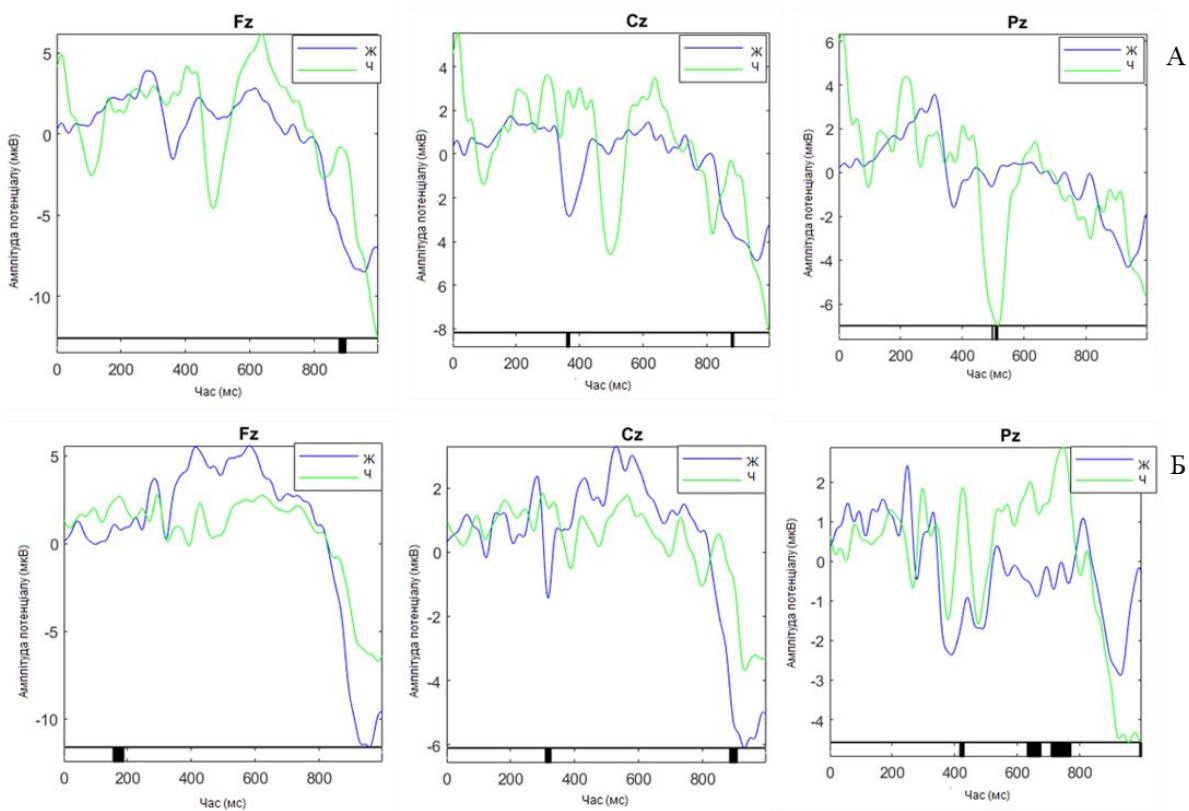


Рис. 3.10 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними розмитими (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=22$ ) до повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок

демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Сприйняття рідкісних нейтральних облич у позитивному контексті описувалося подібними між собою кривими для обох груп обстежуваних (рис. 3.11). В умовах демонстрації рідкісних розмитих нейтральних облич у контексті позитивних стимулів, основні розбіжностями між реакціями в чоловічій та жіночій групах можна було спостерігати на ранніх (Fz, N200  $\Delta_{\max}$  1,7 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz, N200  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) та пізніх латентностях у передніх ділянках кори, і на середньому часовому відтинку (400-600 мс:  $\Delta_{\max}$  3,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) для тім'яної кортикальної області.

Одночасно із цим, за умов пред'явлення нейтральних рідкісних стимулів з-поміж розмитих позитивних, можна було спостерігати значущі відмінності у амплітуді пізніх компонентів кривої для лобових та тім'яних ділянок кори ( $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ, 5 мкВ, відповідно  $p < 0,05$  (рис. 3.11, Б). Окрім цього, у центральному відведенні значущі відмінності спостерігалися у середньому часовому вікні (400-600 мс,  $\Delta_{\max}$  3,7 мкВ,  $p < 0,05$ ).

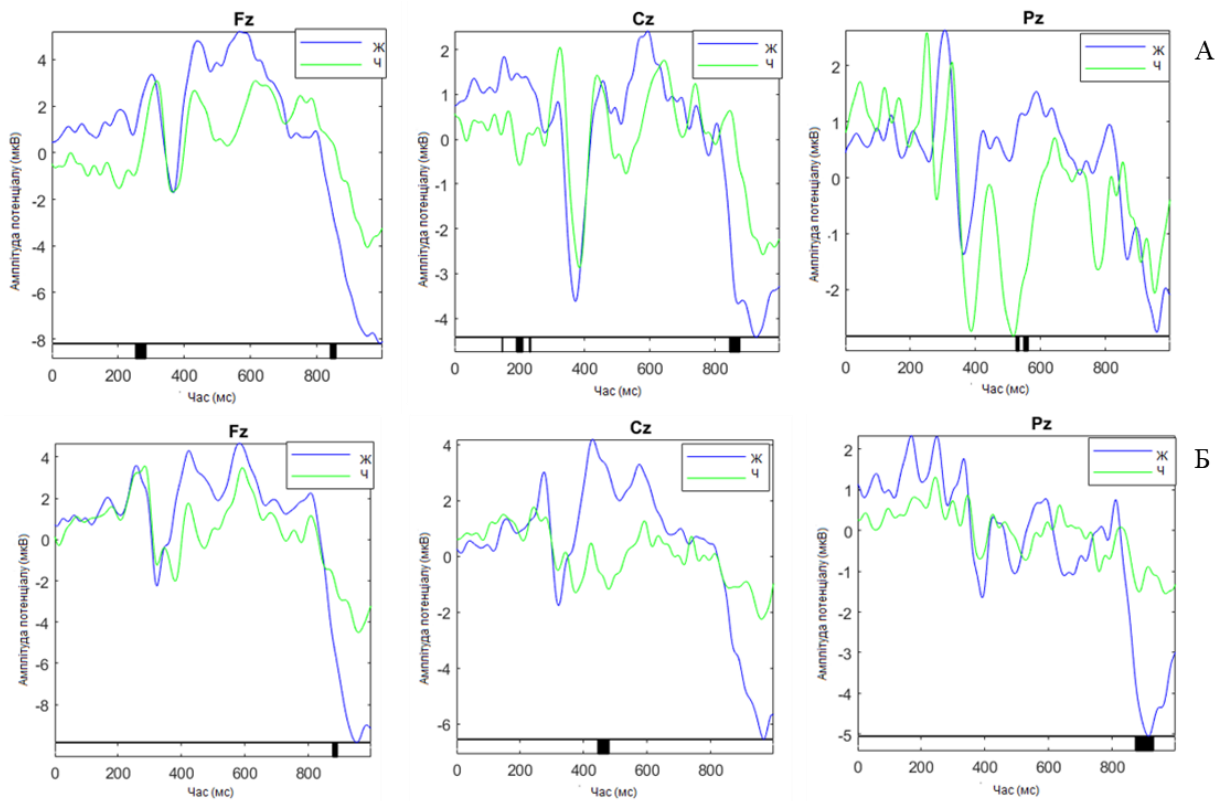


Рис. 3.11 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними розмитими (частими) стимулами у групах у групах чоловіків (Ч, n=21) та жінок (Ж, n=22) до повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Зрештою, пред'явлення позитивних облич серед частих нейтральних стимулів супроводжувалося рядом реакцій, відображених в усередненій кривій ППП. У випадку сприйняття рідкісних розмитих позитивних облич з-поміж нейтральних стимулів (рис. 3.12, А), значущі відмінності спостерігалися для пізніх компонентів кривої для всіх трьох аналізованих відведень ( $\Delta_{\max}$  4,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) із значущо більшими значеннями для жіночої групи. Окрім цього, у центральній кірковій області можна було спостерігати присутність значущих відмінностей у ранніх компонентах кривої (до 200

мс,  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ), а також середньолатентних компонентів (400-600 мс  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Сприйняття позитивних облич за умов праймінгу розмитими нейтральними (рис. 3.12, Б), на противагу попередньо описаним результатам, не характеризувалося настільки промовистими відмінностями. У фронтальних та тім'яних відведеннях відмічалася більша амплітуда потенціалу для жіночої групи у часовому проміжку 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  4,5 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, на латентності 200-400 мс крива ПП для жіночої групи характеризувалася більшою амплітудою потенціалу у лобових та центральних областях неокортексу ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ, 1,2 мкВ, відповідно  $p < 0,05$ ). Для жіночої групи, потенціал, зареєстрований у тім'яному відведенні кори, відмічалися більші значення піку на латентності 180 мс ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ).

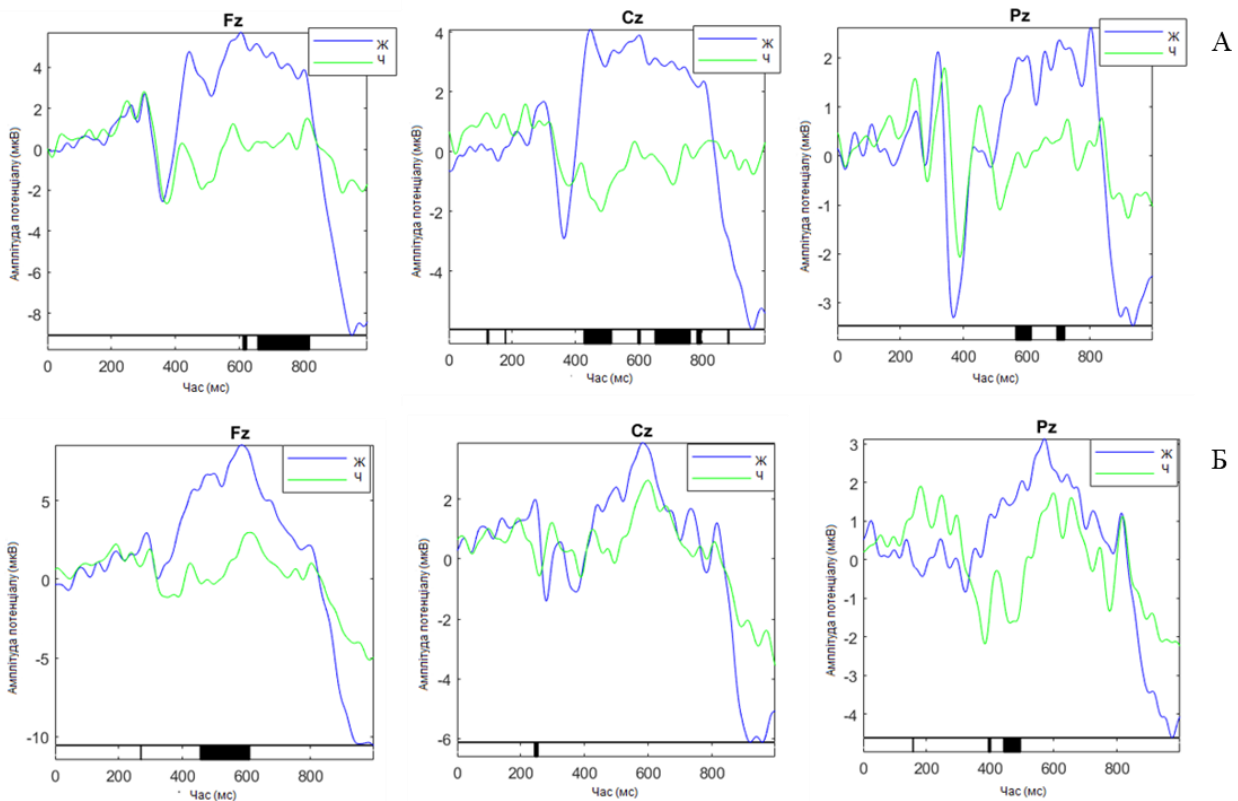


Рис. 3.12 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групах у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=22$ ) до повномасштабного вторгнення. Амплітуда

потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Отже, на основі отриманих результатів порівняння ЕЕГ-даних чоловічої та жіночої груп, отриманих до початку повномасштабного вторгнення, можна відмітити дві основні закономірності: найбільш вираженими були міжгрупові відмінності для експериментальних серій, в яких рідкісними стимулами виступали розмиті емоційні (позитивні (рис. 3.12, А) чи негативні (рис. 3.9, А)) стимули (і); статистично значущі відмінності між усередненими кривими потенціалів, пов'язаних з подією, переважно можна пояснити з точки зору відмінностей у стратегіях аналізу вхідної інформації у представників різної статі (ii) , що також відображалось в результатах (рис. 3.9, 3.12) [171].

В першу чергу, на ранніх латентностях (до 200 мс) значущі відмінності спостерігались переважно у серіях, де рідкісними стимулами виступали емоційні зображення (рис. 3.9, рис. 3.12). Ми також можемо припустити, що різниця, яка спостерігається в проміжках пізнього позитивного потенціалу (600-800 мс), може відображати кращу регуляцію емоцій для чоловічої групи, оскільки ефективні процеси емоційного переоцінювання та передбачуване переміщення фокусу уваги зменшують амплітуду LPP [172]. Особливо дане явище простежувалося для стимуляційних серій із поєднанням нейтральних та негативних стимулів (рис. 3.9, 3.10), що може позначати підсилення процесу емоційного кодування [173].

У випадку центральних областей кори, для жіночої групи спостерігалися більші амплітуди компонентів P300 (рис. 3.9–3.12). Даний феномен може відображати виділення посиленних процесів уваги, керованих рідкісними стимулами [158]. У поєднанні зі значеннями пізнього позитивного потенціалу (600-800 мс після подачі стимулу), можна було спостерігати посилені процеси відновлення пам'яті та консолідації перцептивних знань у жіночій групі за пред'явлення емоційних рідкісних стимулів [174], а також ретродикції (тобто формування висновку про те, який емоційний прояв суб'єкт переглядав [175].

Нарешті, в центральних тім'яних областях кори в чоловічій групі, яка виражається в збільшенні амплітуди як на ранній, так і на середній латентності після подачі рідкісного стимулу в серіях із розмитими зображеннями нейтральних облич в якості рідкісних стимулів.

Компонент N-400, загалом більш виражений для жіночої групи, може свідчити про посилену зовнішню увагу, що функціонує на ранніх стадіях обробки негативних стимулів у жіночій групі [176]. Примітно, що такі зміни не спостерігалися, коли група рідкісних стимулів складалася з розмитих позитивних виразів обличчя, що ще раз підкреслює життєву важливість точного зчитування загроз безпосередньо з мімічних проявів [82].

Підсумовуючи, можна припустити, що обстежувані жіночої групи були більш схильні до декодування обличчя та сприйняття емоцій навіть із тонких ознак, присутніх у розмитих зображеннях. Ці висновки узгоджуються з сучасними даними щодо гендерних відмінностей у стратегіях сприйняття обличчя та гіпотезою емоційної чутливості [177], оскільки жінки, як правило, краще працюють при обробці емоційних виразів, тоді як чоловіки, здається, демонструють більше точність у сприйнятті нейтральних облич [178].

### **3.1.3.2 Дослідження результатів, отриманих під час повномасштабного вторгнення**

Звертає на себе увагу ряд закономірностей перебігу процесів сприйняття облич було виявлено під час проведення міжгрупових порівнянь даних, отриманих під час повномасштабного вторгнення.

Пред'явлення рідкісних негативних стимулів (рис. 3.13, А для розмитих і рис. 3.13, Б для природних) означилось найбільш вираженими статистично значущими змінами у лобовому відведенні. При цьому можна зазначити, що сприйняття підбірки із негативними розмитими стимулами супроводжувалось найбільш вираженими відмінностями на латентностях 200-400 мс (Fz,  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz,  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ), 400-600 мс (Fz,  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz,  $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz, 2,1 мкВ,

$p < 0,05$ ) та 600-800 мс (Fz,  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz,  $\Delta_{\max}$  3,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) із нижчими значенням амплітуди потенціалу для чоловічої групи. В той же час, для серії із негативними рідкісними стимулами природного вигляду спостерігалися значущі відмінності для піків ранньої (до 200 мс).

Значущо вищі за амплітудою значення піків у центральному та тім'яному відведеннях в часовому вікні 400-600 мс (Cz,  $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz,  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) для жіночої групи зберігались і за умов пред'явлення негативних стимулів в середовищі розмитих нейтральних. Окрім цього, у жінок для центральної кортикальної області було зареєстровано більшу негативність потенціалу в проміжку 180-200 мс ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ.,  $p < 0,05$ ), середньої 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ), та пізньої латентності (600-800 мс,  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ).

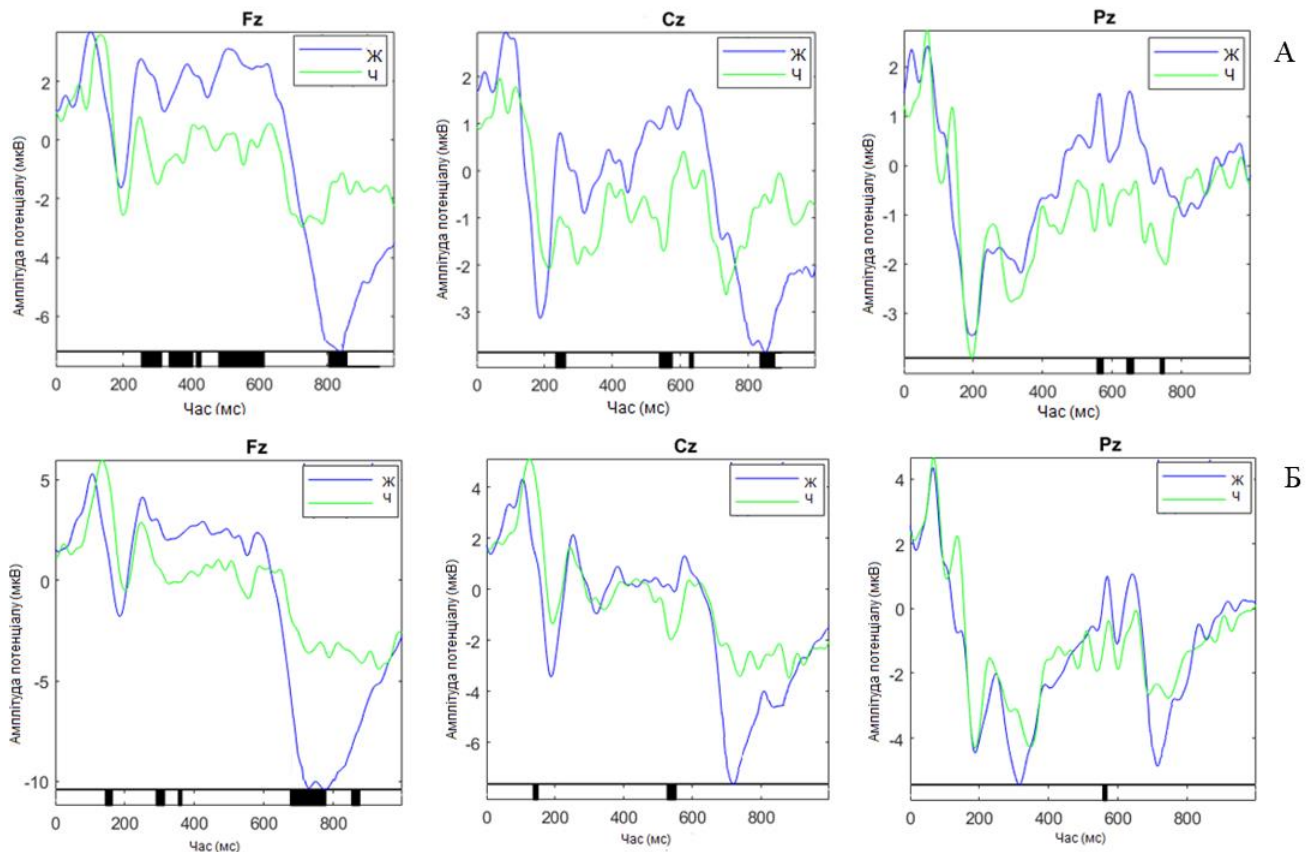


Рис. 3.13 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) стимулами у групах чоловіків

(Ч, n=19) та жінок (Ж, n=21) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтгах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

При перегляді серії із нейтральними рідкісними стимулами (розмитими, рис. 3.14, А та невидозміненими, рис. 3.14, Б) у середовищі, сформованому негативними обличчями, найбільш виражені відмінності між параметрами кривої встановлено для лобового відведення кори. Так, було відмічено, що у всіх аналізованих латентностях спостерігалися більші значення амплітуди потенціалу для жіночої групи при перегляді серії із нейтральними невидозміненими обличчями в середовищі негативних розмитих стимулів (до 200 мс  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ; 200-400 мс  $\Delta_{\max}$  2,6 мкВ,  $p < 0,05$ ; 400-600 мс  $\Delta_{\max}$  1,7 мкВ,  $p < 0,05$ ; 600-800 мс  $\Delta_{\max}$  3,9 мкВ,  $p < 0,05$ ). В оберненій серії, в той же час, відмінності спостерігалися виключно на середніх (близько 600 мс,  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) латентностях.

Для обох серій зображень було отримано значущо більш виражене падіння потенціалу для чоловічої групи в часовому періоді близько 600 мс (Fz,  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ , рис. 3.14, А; Cz,  $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ , рис. 3.14, А; Pz, 2,2 мкВ,  $p < 0,05$ , рис. 3.14, А; Fz,  $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ , рис. 3.14, А; Cz,  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ , рис. 3.14, Б) Окрім цього, ранні компоненти до 200 мс (100-150 мс) під час пред'явлення серії із нейтральними розмитими обличчями, також позначились вищими значеннями для групи чоловіків ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Виражені розбіжності були відмічені длятім'яної кортикальної області. Так, серія із розмитими рідкісними стимулами характеризувалась ділянками значущо більш вираженої негативності потенціалу для чоловічої групи в часових проміжках 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ). У серії, що містила природні нейтральні зображення як рідкісні подразники, утім'яній ділянці кори жодних значущих відмінностей не спостерігалось.

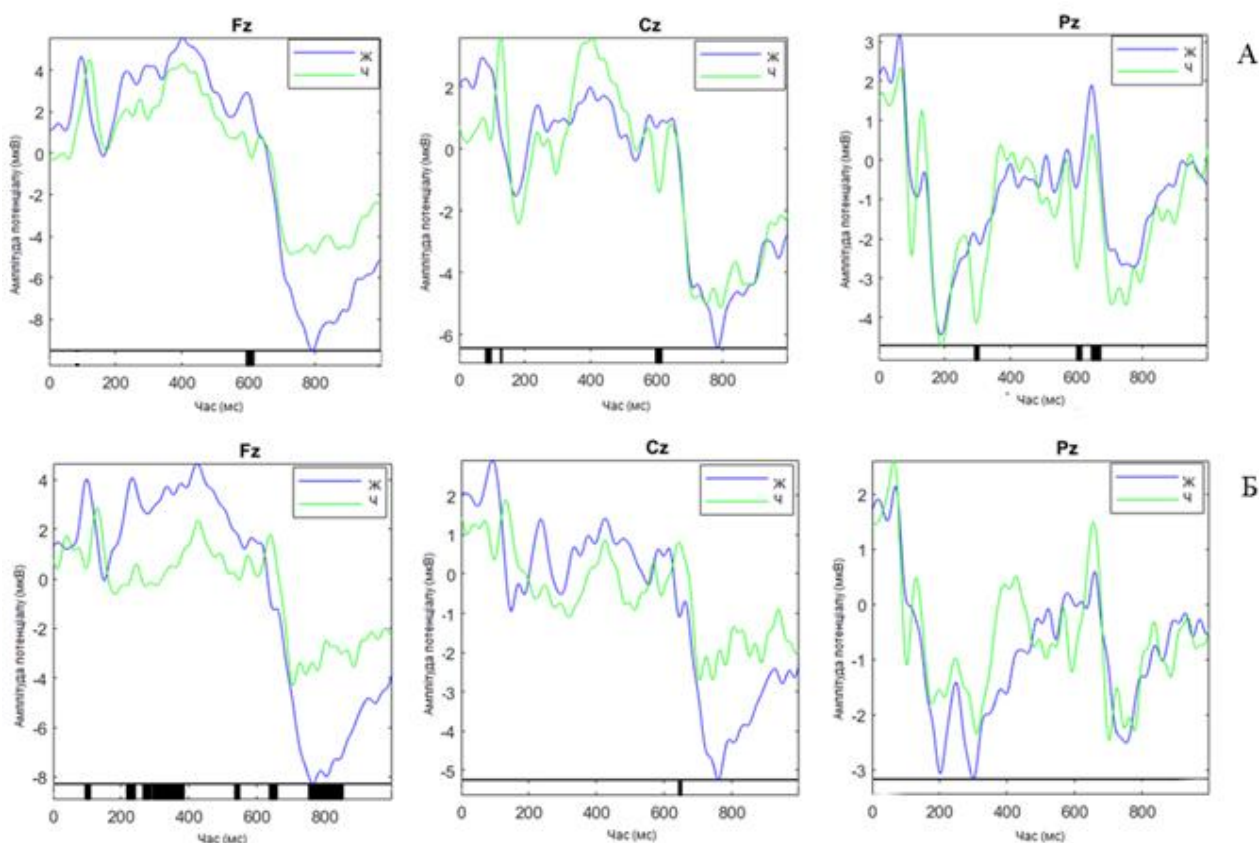


Рис. 3.14 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними розмитими (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч, n=19) та жінок (Ж, n=21) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

На рисунку 3.15 можна побачити усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані для серій із рідкісними нейтральними стимулами (розмитими на рис. 3.15, А та природними на рис. 3.15, Б), представленими у позитивному контексті. Графік, що містив ділянки статистично значущої відмінності при порівнянні груп чоловіків та жінок, був отриманий у лобовій та тім'яній ділянках кори для серії із розмитими нейтральними подразниками. У випадку лобового відведення, жіноча група

характеризувалась вищими значеннями потенціалу в проміжок часу 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  4,7 мкВ,  $p < 0,05$ ), та більш вираженою негативністю близько 800 мс ( $\Delta_{\max}$  6 мкВ,  $p < 0,05$ ). Також в жіночій групі спостерігалась більш виражена негативність потенціалу на латентності 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) у тім'яному відведенні.

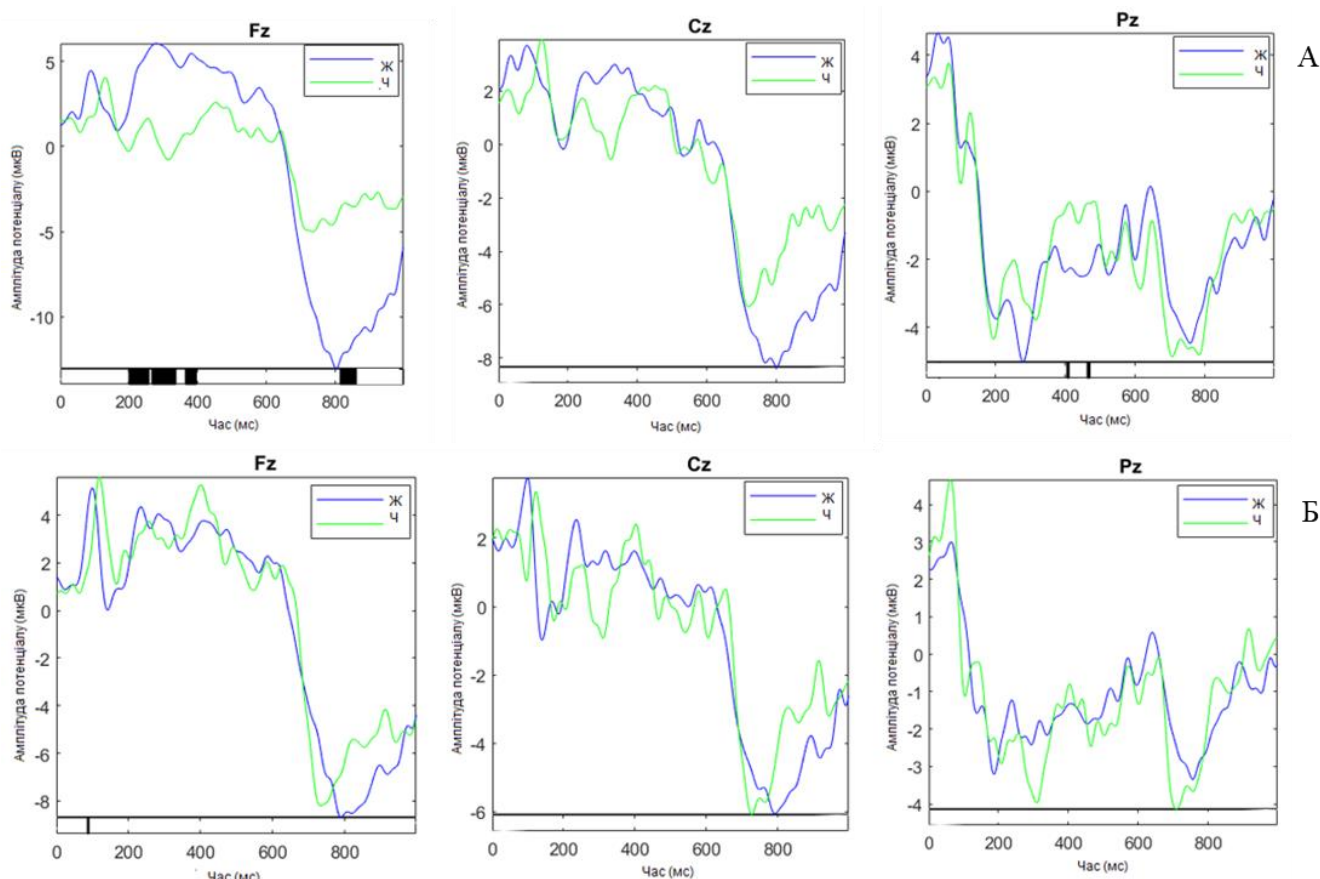


Рис. 3.15 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними розмитими (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=19$ ) та жінок (Ж,  $n=21$ ) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Відмінні характеристики викликаних потенціалів спостерігались за умов пред'явлення рідкісних позитивних стимулів (рис. 3.16, А для розмитих та 3.16, Б для

невидозмінених) при праймінгу нейтральними подразниками. Зокрема, при перегляді добірки із позитивними розмитими зображеннями в якості рідкісних стимулів, ділянки статистично значущих відмінностей у компонентах кривої спостерігалися в лобових та центральних відведеннях. При цьому, на ранніх латентностях (до 200 мс) жіноча група характеризувалася більшою вираженістю негативності у фронтальній області ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ), при більших значеннях піку Р 100 ( $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) для чоловічої групи (у центральному відведенні).

У випадку, коли рідкісні подразники були представлені природними позитивними обличчями і демонструвалися серед нейтральних розмитих облич, у лобовому та тім'яному відведенні спостерігались ділянки статистично значущих змін також і на пізніх латентностях (600-800 мс) з більш вираженою негативністю для чоловічої групи (Fz  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ). Було виявлено відмінності в латентності компоненту Р100 для чоловічої групи та жіночої груп з точки зору латентності виникнення піку без зміни значень амплітуди.

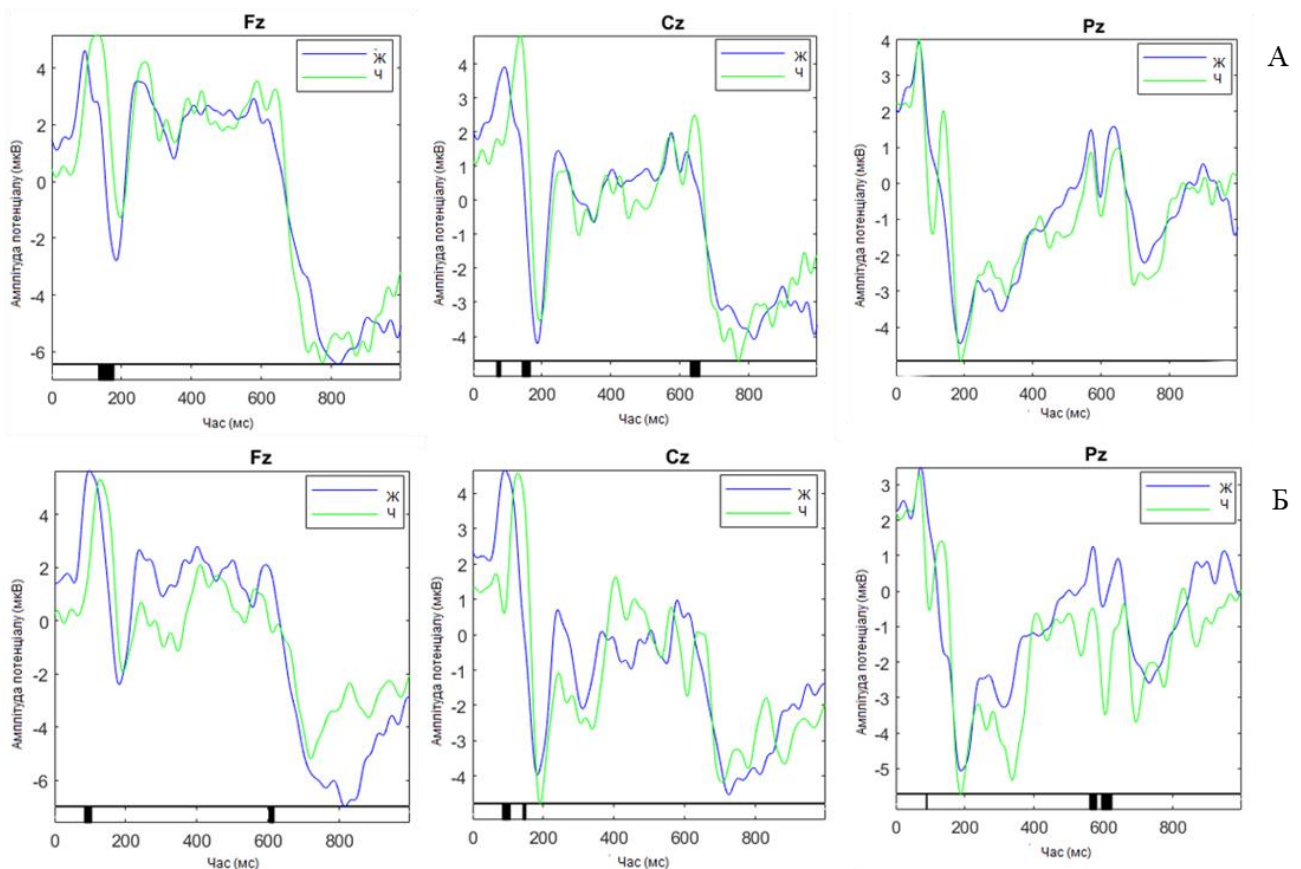


Рис. 3.16 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz)

відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними розмитими обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними розмитими (частими) у групах чоловіків (Ч, n=19) та жінок (Ж, n=21) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Отже, розглядаючи вибірку із міжгруповим порівнянням ЕЕГ-даних чоловіків та жінок, отриманих під час повномасштабного вторгнення, варто відмітити ряд сформованих особливостей. По-перше, найбільш виражені відмінності спостерігались у серіях, заснованих на комбінуванні негативних та нейтральних стимулів (рис. 3.13, рис. 3.14). По-друге, основні відмінності у ранніх компонентах кривої ППП (до 200 мс) зберігають описаний попередньо патерн поведінки, тобто є вищими для жіночої групи в стані Д/В, що можна пов'язати із підвищеною реактивністю жіночої групи у відповідь на стимули із зображеннями облич (рис. 3.13–3.16). По-третє, поєднання значущо більших значень позитивних компонентів середньої латентності (P300) та пізньої латентності (пізній позитивний потенціал) для жіночої групи, що відмічаються симультанно переважно у лобовому відведенні під час демонстрації серії із рідкісними негативними (розмитими і невидозміненими, рис. 3.13) з-поміж нейтральних зображень, нейтральними у середовищі зображень негативних розмитих облич (рис. 3.14) та нейтральних розмитих серед зображень позитивних облич (рис. 3.15), дозволяють зробити припущення про посилене функціонування роботи систем уваги, запам'ятовування та емоційної регуляції в жіночій групі, оскільки ефективна емоційна переоцінка та переміщення фокусу уваги зменшують амплітуду даних компонентів [172, 179, 180].

## 3.2 Дослідження експериментальної серії із перемішаними обличчями

### 3.2.1 Аналіз ППП в групі жінок (до початку та під час повномасштабного вторгнення)

Усереднені криві потенціалів, пов'язаних із подією, зареєстровані для серії із пред'явленням перемішаних (рис. 3.17, А) та невидозмінених (рис. 3.17, Б) негативних рідкісних стимулів у середовищі, сформованому нейтральними обличчями у групі жінок до та під час активної повномасштабного вторгнення, виявили значущі відмінності переважно для компонентів ранньої латентності. Зокрема, в серії із негативними перемішаними зображеннями було відмічено формування в стані П/В виражених піків в районі 100 мс ( $Fz \Delta_{\max} 2 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 2 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ) та 200 мс ( $Fz \Delta_{\max} 1,9 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 2 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ;  $Pz \Delta_{\max} 1,5 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ) після початку пред'явлення стимулу.

Пред'явлення невидозмінених негативних стимулів супроводжувалося формуванням виражених піків ранньої латентності в компонентах до 200 мс в стані П/В у лобових ( $\Delta_{\max} 1,8 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ) та центральних ( $\Delta_{\max} 2 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ) відведеннях. Також у центральній кірковій області спостерігалось формування значущо відмінного негативного піку на латентності 200-400 мс для стану П/В ( $\Delta_{\max} 3,5 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, у часовому проміжку 600-800 мс ( $\Delta_{\max} 3 \text{ мкВ}$ ,  $p < 0,05$ ) у тим'яному відведенні амплітуда позитивного потенціалу для стану П/В була вищою, порівняно із Д/В.

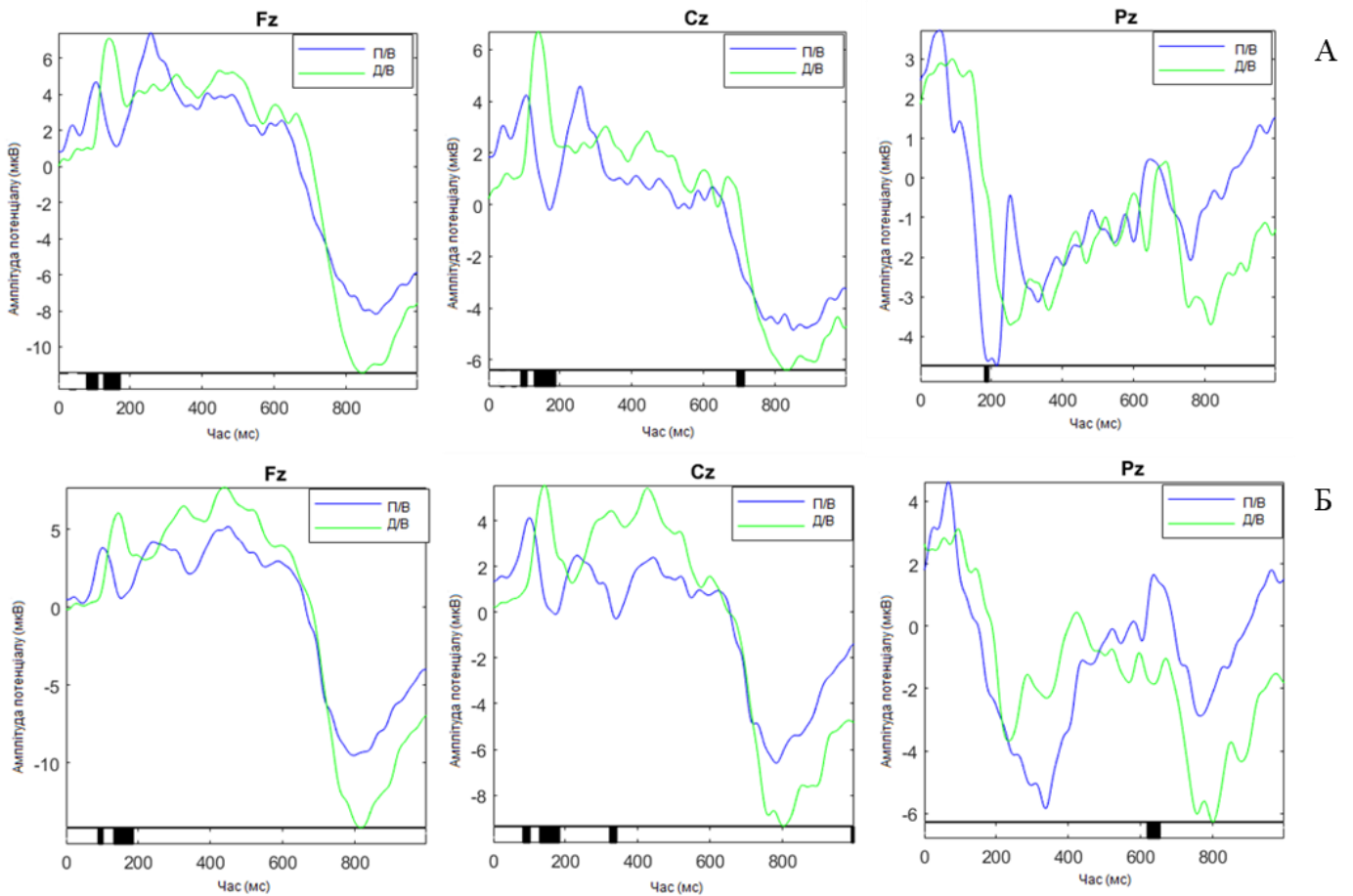


Рис. 3.17 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Перегляд серії із нейтральними обличчями за умов праймінгу негативними обличчями (рис. 3.18) супроводжувався особливостями, подібними до описаних попередньо. Так, якщо рідкісний нейтральний стимул був перемішаним (рис. 3.18, А), то основні відмінності спостерігалися у часовому вікні до 200 мс (Fz  $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,

$p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ), 200-400 мс (Fz  $\Delta_{\max}$  3,5 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  5 мкВ,  $p < 0,05$ ) для лобового та центрального відведення. У тім'яному відведенні, окрім ранніх ( $\Delta_{\max}$  2,8 мкВ,  $p < 0,05$ ) та середніх ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) компонентів, більшої амплітуди набували піки пізньої латентності (600-800 мс) в стані П/В ( $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ).

За умов пред'явлення нейтрального рідкісного стимулу серед частих перемішаних негативних облич, усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, для стану П/В відносно Д/В значущо відрізнялись у ранніх компонентах (до 200 мс) для передніх кіркових областей (Fz  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ), та пізніх компонентів (600-800 мс) для тім'яного відведення ( $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ).

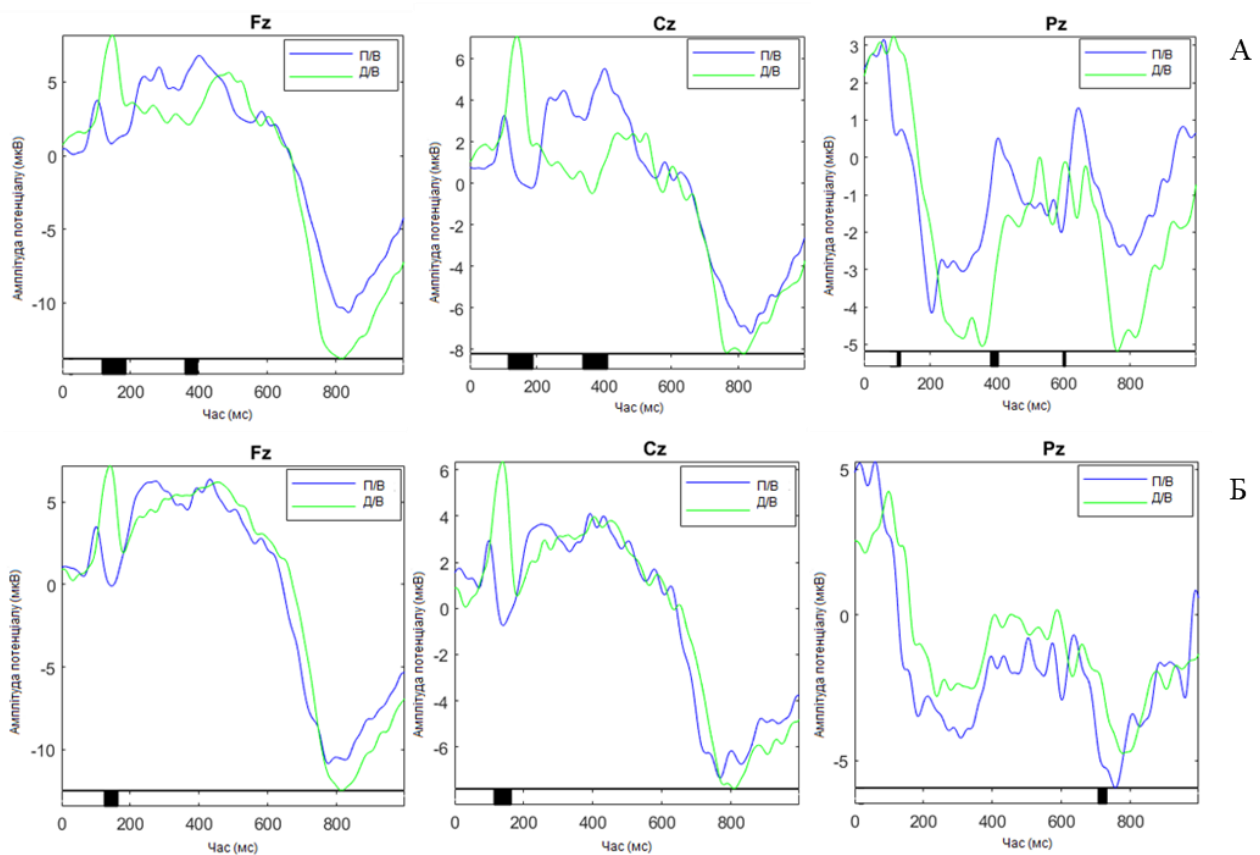


Рис. 3.18 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними перемішаними (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку

позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Серія із нейтральними стимулами, представленими в контексті позитивних облич, описувалась змінами, подібними до описаних для попередніх проб. Так, зокрема, при сприйнятті нейтральних перемішаних стимулів у середовищі, сформованому позитивними частими стимулами (рис. 3.19, А), у лобових та центральних областях кори можна було відмітити зростання амплітуди піків у часовому вікні близько 100 мс ( $Fz \Delta_{\max} 2,2$  мкВ,  $p < 0,05$ ), 200 мс ( $Fz \Delta_{\max} 2$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 1,9$  мкВ,  $p < 0,05$ ), та 200-400 мс включно з тім'яним відведенням ( $Fz \Delta_{\max} 4$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 2,7$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Pz \Delta_{\max} 3$  мкВ,  $p < 0,05$ ) для стану П/В, порівняно із Д/В. Лобне та тім'яне відведення, в свою чергу, характеризувались також специфічною динамікою поведінки пізніх компонентів кривої (600-800 мс;  $Fz \Delta_{\max} 3,1$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Pz \Delta_{\max} 2,7$  мкВ,  $p < 0,05$ ).

Сприйняття добірки із нейтральними стимулами, що представлялися з-поміж перемішаних нейтральних облич (рис. 3.19, Б), загалом описувалося особливостями, відміченими для попередньої експериментальної серії. Тобто, наростання амплітуди ранніх піків для лобового та центрального відведення ( $Fz \Delta_{\max} 1,9$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 2,1$  мкВ,  $p < 0,05$ ); динаміка пізніх піків для всіх відведень ( $Fz \Delta_{\max} 1,6$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Cz \Delta_{\max} 4$  мкВ,  $p < 0,05$ ;  $Pz \Delta_{\max} 2$  мкВ,  $p < 0,05$ ); падіння потенціалу на латентності 400-600 мс у центральному кортикальному відведенні ( $Cz \Delta_{\max} 1,6$  мкВ,  $p < 0,05$ ).

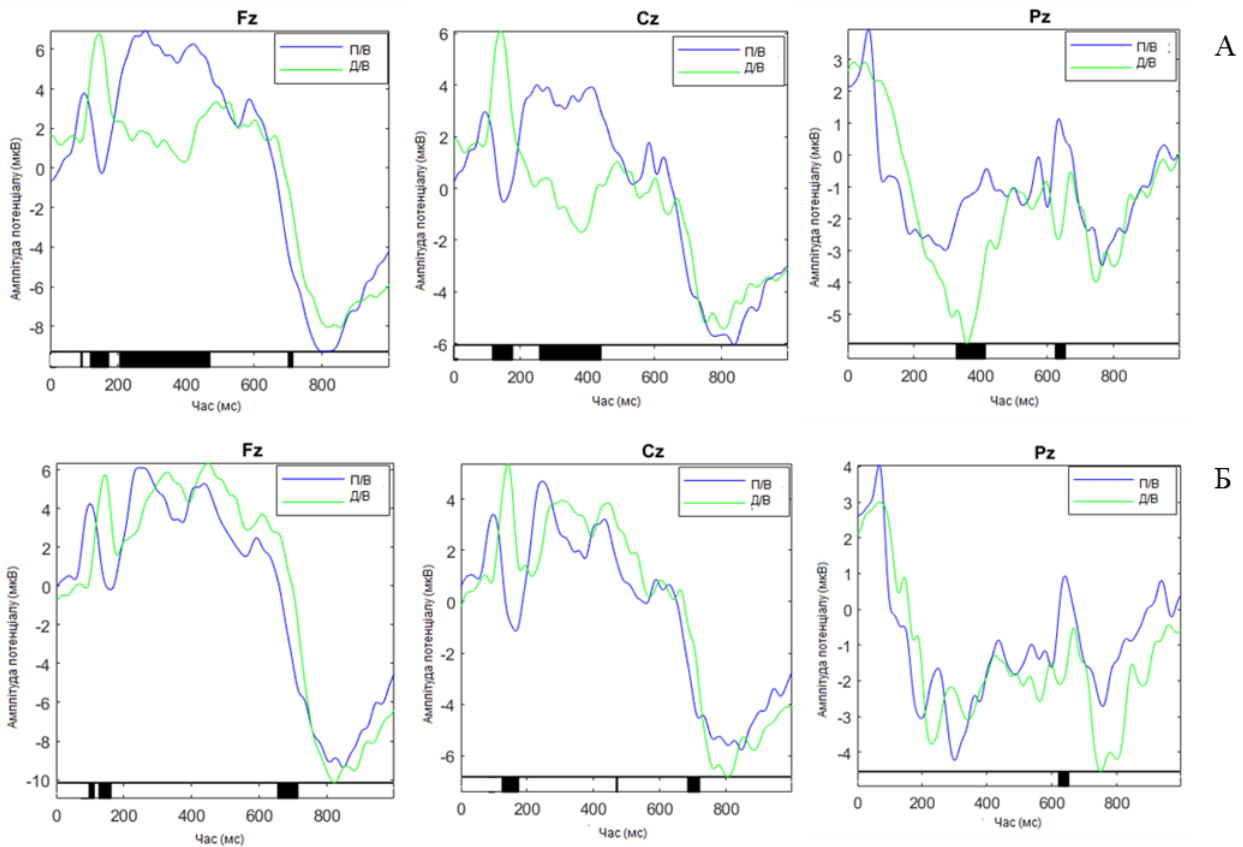


Рис. 3.19 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними перемішаними (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Нарешті, можна зазначити, що пред'явлення позитивних облич у якості рідкісних стимулів на фоні нейтральних частих стимулів, супроводжувалося більш вираженими змінами для пізніх компонентів графіку, на відміну від попередньо описаних серій.

Перегляд вибірки із перемішаними позитивними обличчями (рис. 3.20, А), безумовно, характеризувався подібними до описаних попередньо відмінностей для

ранніх компонентах кривої: для 100 мс Fz  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$  (вища амплітуда в стані Д/В; Pz  $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$  (вища амплітуда в стані П/В); для 200 мс Fz  $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$  (з більшими значеннями для П/В). Проте окрім цього, необхідно відмітити менші значення потенціалу для групи П/В у часовому проміжку 400-600 мс для лобового ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ) та тім'яного відведень ( $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ), а також більш виражену негативну динаміку для стану П/В на латентності 600-800 мс для лобової ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центральної ( $\Delta_{\max}$  1,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) областей кори.

Загалом подібна картина спостерігалась для кривих ППП, отриманих під час пред'явлення невидозмінених позитивних облич серед позитивних перемішаних частих стимулів (рис. 3.20, Б). Значущі відмінності для значень ранніх компонентів відмічались в лобових та центральних областях кори (Fz  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ). Також в даних кіркових відведеннях можна відмітити значущо менший потенціал на латентності 400-600 мс для стану П/В (Fz  $\Delta_{\max}$  3,8 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ). З іншого боку, у часовому проміжку 600-800 мс для центрального та тім'яного відведення для стану П/В реєструвався значно менш виражений негативний потенціал (Fz  $\Delta_{\max}$  3,7 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ).

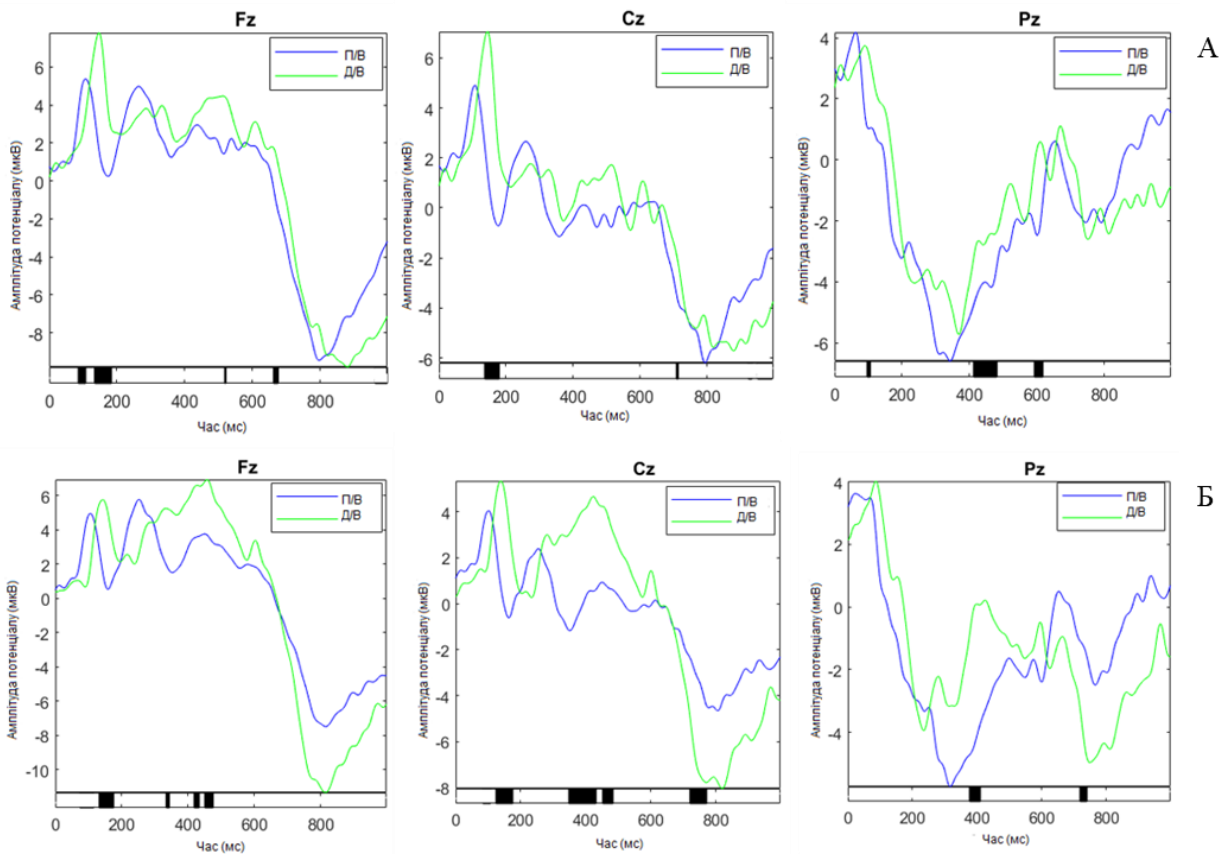


Рис. 3.20 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групі жінок до (Д/В, n=22) та під час (П/В, n=21) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтях (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Отже, ряд характеристик було виявлено для жіночої групи при порівнянні перебігу сприйняття у серіях з перемішаними обличчями в станах Д/В та П/В. В першу чергу хотілося б відмітити більшу вираженість раннього піку P100 для стану Д/В у всіх стимуляційних пробах. Втім, в той же час, пік N170 був більш вираженим для стану П/В. Більша кількість відмінностей була виявлена для компонентів середньої та пізньої

латентності в серіях, що використовують комбінації нейтральних та позитивних облич. Варто відмітити, що у пробі із рідкісними перемішаними обличчями на позитивному фоні P300 характеризувався більшими значеннями в стані П/В, у всіх інших – в Д/В. У пізніх компонентах відмінності виражені були значно слабкіше, аніж це було для розмитих стимулів.

Загалом можна стверджувати, що обробка перемішаних стимулів не супроводжувалась суттєвим когнітивним залученням. Даний феномен можна вважати обґрунтуванням для домінуючої ролі холістичної моделі сприйняття обличчя порівняно із сприйняттям за ознаками.

### **3.2.2 Аналіз ППП в групі чоловіків (до початку та під час повномасштабного вторгнення)**

Динаміка поведінки кривої потенціалу, пов'язаного з подією, при сприйнятті перемішаних облич для чоловічої групи дещо відрізнялась. Так, зокрема, можна бачити, що демонстрація серії із негативними перемішаними стимулами в середовищі частих нейтральних (рис. 3.21, А) супроводжувалась достовірно більшими значеннями компоненту P100 ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) для лобового відведення та N200 ( $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ ) для центрального відведення в стані П/В. Окрім цього у лобовій кортикальній області значно меншою була амплітуда потенціалу на латентності 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$ ) в стані П/В, а у тім'яній ділянці відмічався значущо більший пік на латентності 250 мс ( $\Delta_{\max}$  7,3 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Якщо ж рідкісними стимулами виступали негативні обличчя природного вигляду, то відмінностями між станами Д/В і П/В спостерігалися виключно у передніх та центральних областях кори (рис. 3.21, Б). При цьому, ранні компоненти значущо відрізнялись для лобової ділянки кори (100 мс  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; 200 мс  $\Delta_{\max}$  2,5 мкВ,  $p < 0,05$ ), а центральне відведення характеризувалось значущо меншими значеннями потенціалу для групи П/В на латентностях 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ), 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  3,5 мкВ,  $p < 0,05$ ).

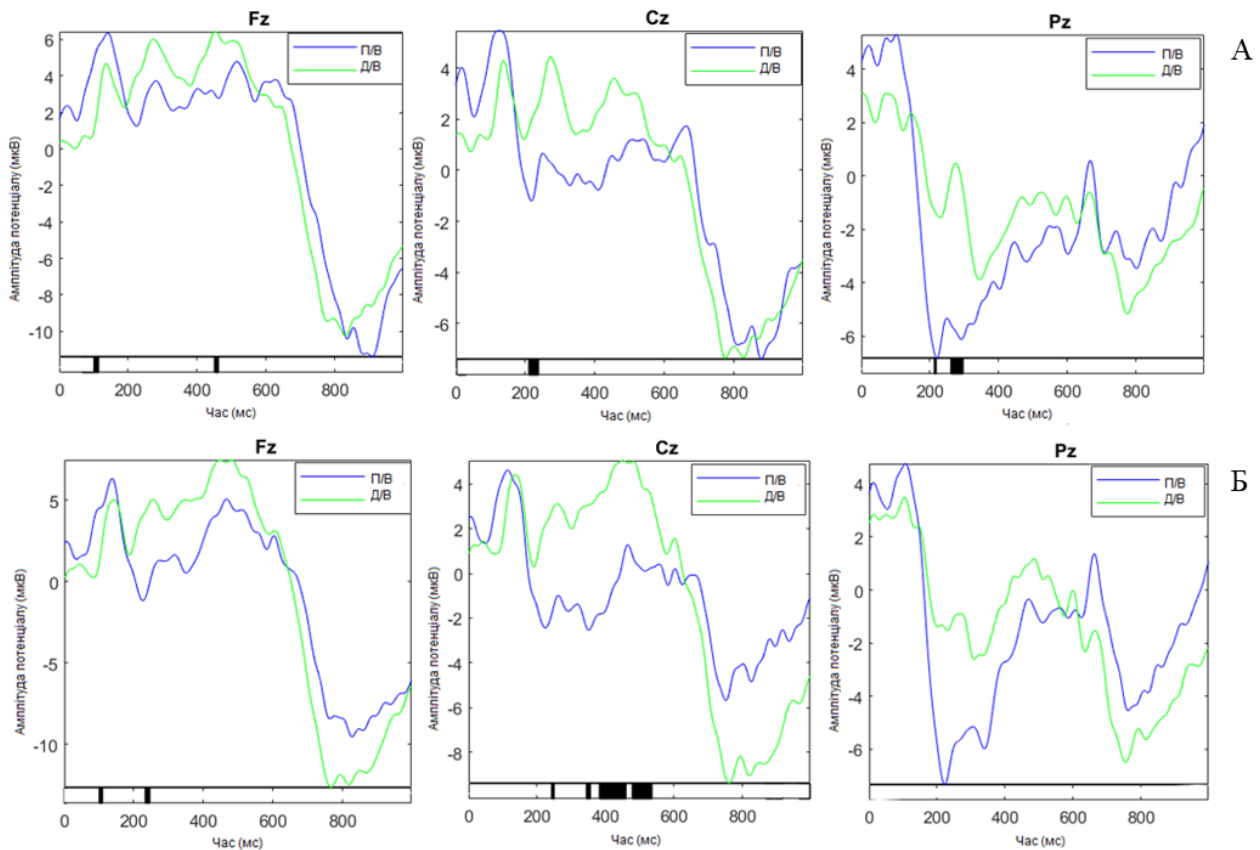


Рис. 3.21 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групі чоловіків до (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

У випадку серії із нейтральними рідкісними стимулами, перемішаними (рис.3.22, А) або природними (рис. 3.22, Б), представленими серед негативних частих стимулів, спостерігалась відмінна від попередньо описаної картина. Тобто, у випадку перемішаних рідкісних стимулів, можна було відмітити більш негативну динаміку на пізніх латентностях (600-800 мс) для лобового ( $\Delta_{\max}$  7,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центрального

( $\Delta_{\max}$  6 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведень. Окрім цього, у тім'яному відведенні відмічалася специфічна динаміка поведінки потенціалу на латентності 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Якщо ж рідкісними стимулами були нейтральні невидозмінені обличчя (рис. 3.22, Б), єдина спостережувана значуща відмінність відповідала часовій ділянці 200-400 мс для центрального ( $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) та тім'яного ( $\Delta_{\max}$  4,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведень.

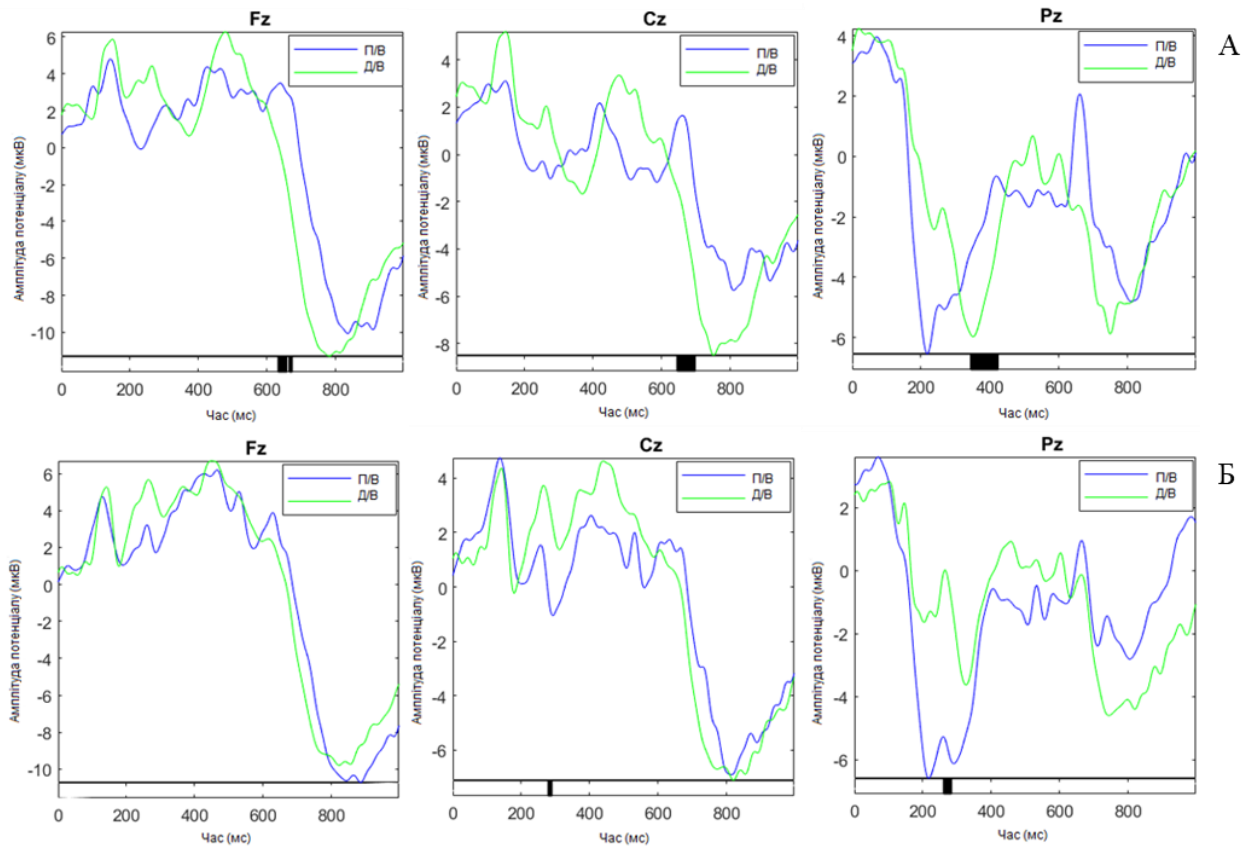


Рис. 3.22 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними перемішаними (частими) у групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрівольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Пред'явлення нейтральних перемішаних стимулів серед частих перемішаних позитивних стимулів (рис. 3.23, А) супроводжувалося значущо більш вираженим піком 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) у лобовому, близько 600 мс ( $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$ ) – у центральному, та 200 мс ( $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ) - у тім'яному відведеннях для групи П/В.

У свою чергу, якщо рідкісними стимулами виступали нейтральні невидозмінені обличчя, а контекст для них створювався перемішаними нейтральними обличчями (рис. 3.23, Б), то для центрального відведення реєструвалась більш виражена негативність піку N 200 ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) для П/В та менше значення потенціалу для латентності 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ ). У випадку для стану П/В у тім'яному відведенні можна було спостерігати негативність близько 200 мс ( $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ), а також більше значення амплітуди позитивного піку для часового проміжку 600-800 мс ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

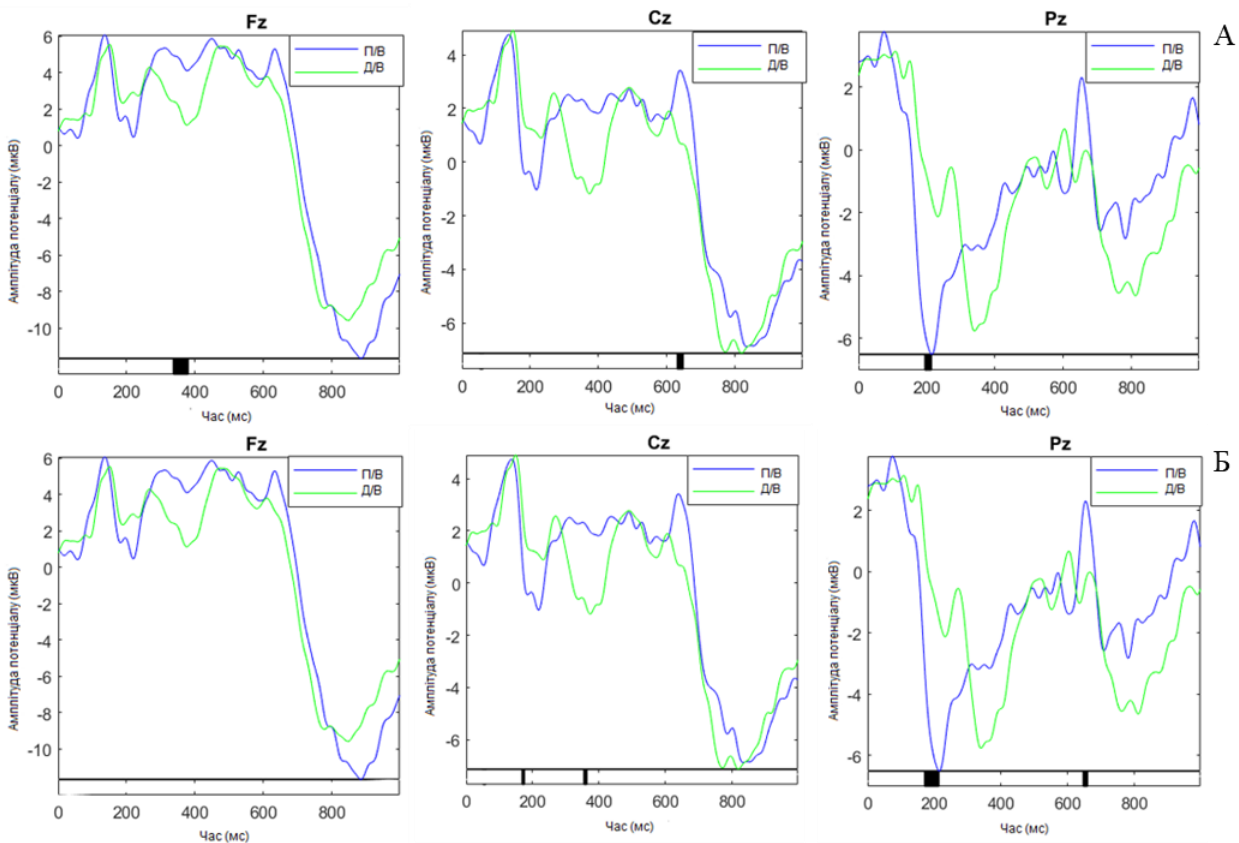


Рис. 3.23 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б)

нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними перемішаними (частими) стимулами у групі чоловіків до (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Сприйняття добірки подразників, в яких позитивні стимули – перемішані (рис. 3.24, А) або невидозмінені (рис. 3.24, Б) – виступали рідкісними та пред'являлися у нейтральному середовищі, асоціювалось із меншими змінами в динаміці ППП. Так, для серії із перемішаними позитивними стимулами можна бачити статистично значущі відмінності для кривої ППП лише у тім'яному відведенні. Ділянки відмінних значень потенціалу в цьому випадку припадали на пік близько 200 мс ( $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) та відтинок 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) (рис. 3.24, А).

На рисунку 3.24, Б відображено усереднено криву потенціалу, пов'язаного з подією, при перегляді серії із рідкісними позитивними природними стимулами. Особливість поведінки потенціала для тім'яного відведення збігається з описаним для попередньої серії (Pz, 200 мс:  $\Delta_{\max}$  4,3 мкВ,  $p < 0,05$ ; 400-600 мс:  $\Delta_{\max}$  2,5 мкВ,  $p < 0,05$ ) Окрім цього, звертає на себе увагу значущо менше значення потенціалу для групи П/В у часовому проміжку 400-600 мс в лобовому відведенні ( $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ). У центральній області кори можна відмітити значну негативність потенціалу в межах 300-400 мс для стану П/В ( $\Delta_{\max}$  4,9 мкВ,  $p < 0,05$ ).

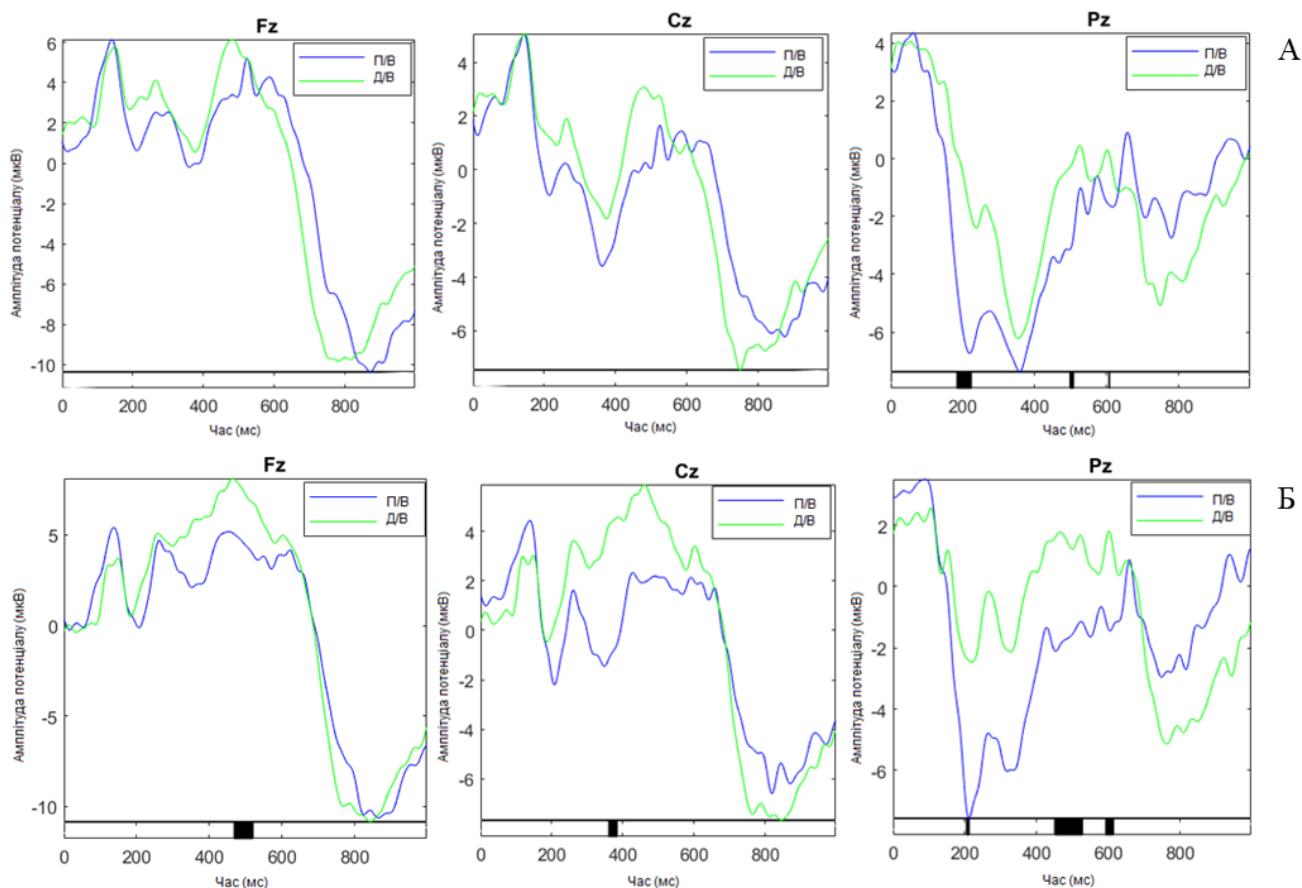


Рис. 3.24 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групі чоловіків до (Д/В, n=21) та під час (П/В, n=19) повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Характеристика формування усереднених графіків потенціалів, пов'язаних з подією, загалом відображала особливості, подібні до отриманих для жіночої групи. Втім, можна відмітити, що у випадку групи чоловіків значущі відмінності не спостерігалися для компонента P100, а для N170 – відмічалися тільки для серій, що містили емоційні (позитивні або негативні) стимули в якості рідкісних.

Найбільш суттєва послідовність статистично значущих відмінностей була отримана при аналізі кривих, що відповідали підбіркам із нейтральними рідкісними стимулами серед перемішаних негативних та позитивних перемішаних облич (більша позитивність для Д/В). У пізніх компонентах відмінності були виражені значно слабкіше, аніж це було для розмитих стимулів.

Загалом можна стверджувати, що обробка перемішаних стимулів не супроводжувалась суттєвим когнітивним залученням. Даний феномен можна вважати обґрунтуванням для домінуючої ролі холістичної моделі сприйняття обличчя порівняно із концепцією ознакового сприйняття.

### **3.2.3 Аналіз результатів міжгрупового порівняння**

#### **3.2.3.1 Дослідження результатів, отриманих до початку повномасштабного вторгнення**

Характеристики кривої потенціалу, пов'язаного з подією, зареєстрованого під час перегляду обстежуваними з жіночої та чоловічої групи серії із негативними перемішаними (рис. 3.25, А) та невидозміненими (рис. 3.25, Б) рідкісними стимулами демонстрували загалом подібні особливості.

Можна відмітити, що під час пред'явлення матеріалу із добірки з розмитими рідкісними стимулами для передніх ділянок кори значущі відмінності між групами обстежуваних спостерігались в проміжок часу 150-180 мс від моменту подачі стимулу ( $Fz \Delta_{\max} 1,3$  мкВ,  $p < 0,05$  більший для чоловіків;  $Cz \Delta_{\max} 1,2$  мкВ,  $p < 0,05$  більший для чоловіків). Разом з тим, у тім'яному відведенні спостерігалось значущо більша негативність для чоловічої групи ( $\Delta_{\max} 2$  мкВ,  $p < 0,05$ ).

Серія із негативними природними рідкісними стимулами характеризувалась вираженням відмінностей у процесі обробки у лобовому та центральному кортикальних відведеннях. Так, чоловіча група продемонструвала більш виражену негативну динаміку на латентності 600-800 мс. В той же час, у центральному відведенні значущі відмінності спостерігались близько 200 мс ( $\Delta_{\max} 1,4$  мкВ,  $p < 0,05$ ) та 300 мс

( $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$ ), причому в обох випадках чоловікам була притаманна більша негативність потенціалу.

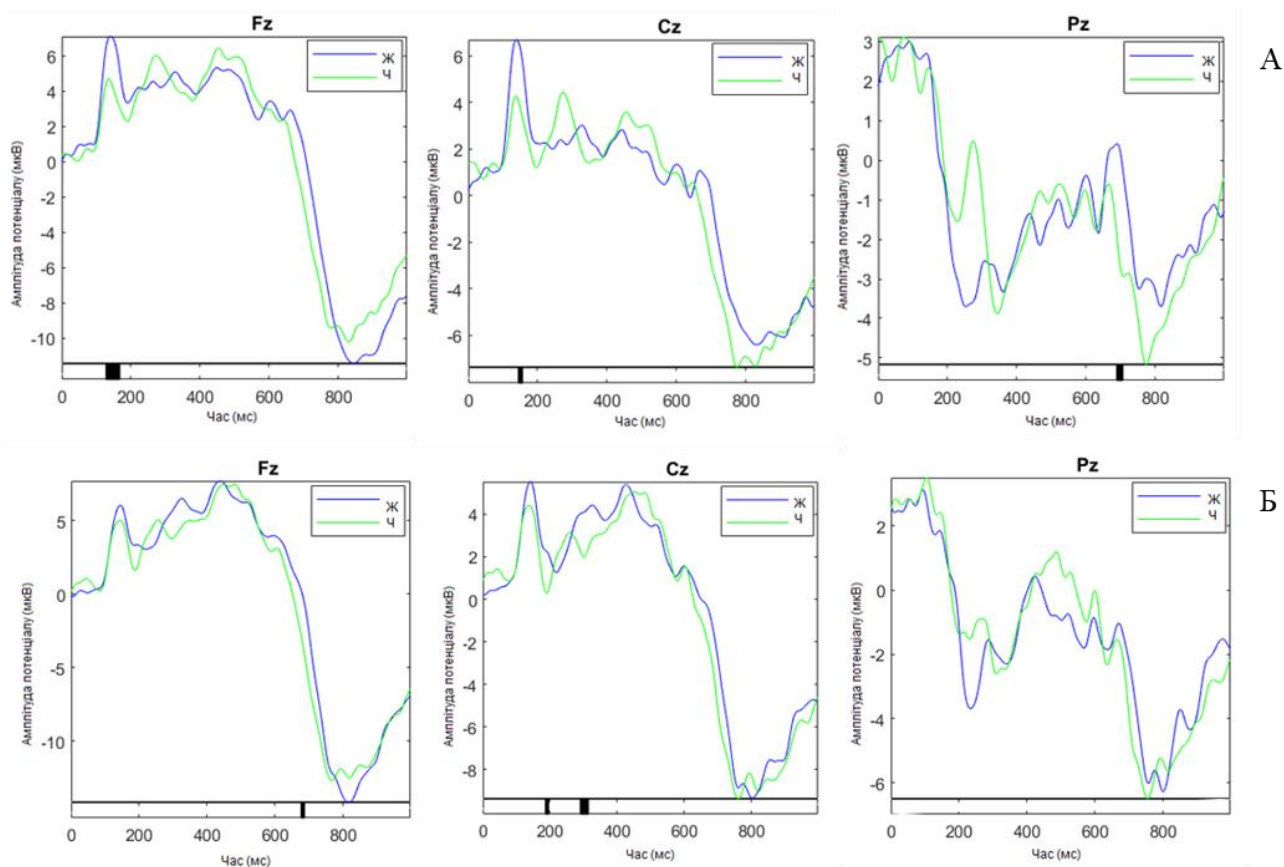


Рис. 3.25 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=22$ ) до початку повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрровольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Звертає на себе увагу, практична відсутність ділянок значущих відмінностей між чоловічою та жіночою групами за умов пред'явлення рідкісних нейтральних стимулів (перемішаних – рис. 3.26, А, невидозмінених – рис. 3.26, Б) у середовищі негативних

подразників. Для добірки із нейтральними перемішаними стимулами можна відмітити тільки часовий проміжок 150-180 мс кривої Fz, який позначився більшим значенням потенціалу піку для жіночої групи ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, для даної серії можна також відзначити відмінністю в динаміці пізнього потенціалу (600-800 мс) у тім'яному відведенні, із більш вираженою негативністю для чоловічої групи ( $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Зрештою, для послідовності із зображеннями нейтральних невидозмінених облич у якості рідкісних стимулів (рис. 3.26, Б) ділянка значущої відмінності для груп обстежуваних знаходилась в проміжку 250-300 мс кривої у тім'яному відведенні ( $\Delta_{\max}$  1,4 мкВ,  $p < 0,05$ ), із більш вираженою негативністю для чоловічої групи.

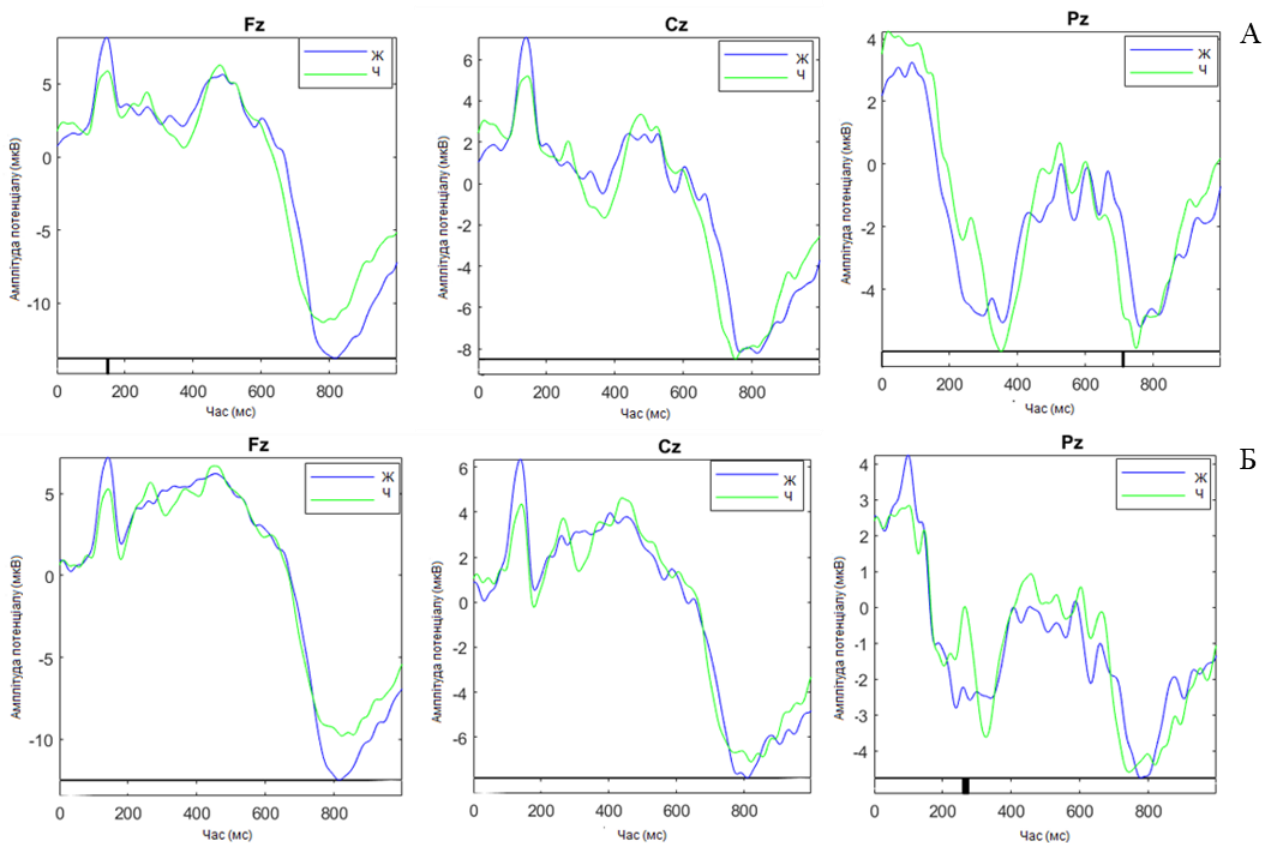


Рис. 3.26 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=22$ ) до початку повномасштабного

вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтях (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Відмінна картина спостерігалась в умовах перегляду рідкісних нейтральних зображень (перемішаних – рис. 3.27, А та невидозмінених – рис. 3.27, Б) серед позитивних облич. Так, для перемішаних рідкісних стимулів можна відзначити присутність у всіх відведеннях значущих відмінностей в ділянці 250-300 мс (Fz  $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  5 мкВ,  $p < 0,05$ ), із більшою амплітудою потенціалу для чоловічої групи. Окрім цього, в період 400-600 мс у лобовому відведенні також спостерігався більш позитивний потенціал для представників чоловічої групи ( $\Delta_{\max}$  3,2 мкВ,  $p < 0,05$ ). Для центральної та тім'яної областей кори також було відзначено регіон значущих відмінностей груп із більш вираженою негативністю для чоловічої групи пізньої латентності (Cz  $\Delta_{\max}$  3,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Демонстрація серії із нейтральними природними обличчями (рис. 3.27, Б) у всіх відведеннях супроводжувалась більш вираженою негативністю потенціалу для чоловічої групи на пізніх латентностях (після 600 мс) (Fz  $\Delta_{\max}$  4 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, у лобовій кортикальній області спостерігалась більша амплітуда потенціалу для жіночої групи близько 300 мс ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ). У тім'яному відведенні можна відзначити відмінності у ранньому компоненті (до 200 мс,  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та компоненті середньої латентності (400-600 мс,  $\Delta_{\max}$  3,2 мкВ,  $p < 0,05$ ), із більшою негативністю потенціалу для жіночої групи.

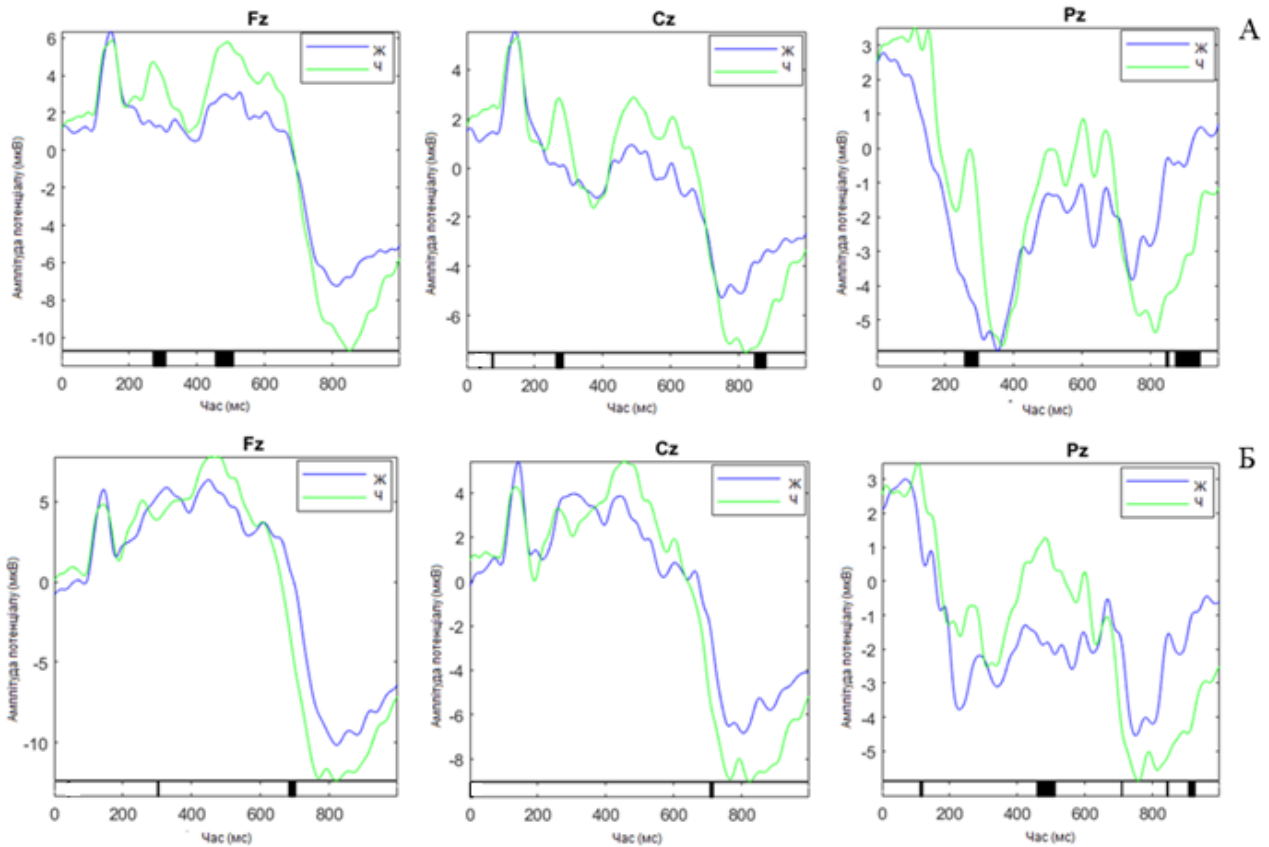


Рис. 3.27 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=21$ ) та жінок (Ж,  $n=22$ ) до початку повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

На рисунку 3.28 зображено криві потенціалу, пов'язаного з подією, що відповідали пред'явленню набору зображень із позитивними обличчями (рис.3. 28, А – перемішаними, рис.3.28, Б – природними) у якості рідкісних стимулів у нейтральному середовищі. У випадку перемішаних рідкісних стимулів (рис. 3.28, А) більша амплітуда потенціалу відмічалась для жіночої групи близько 100-150 мс від

моменту подачі стимулу в лобових ( $\Delta_{\max}$  2,1 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центральних ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведеннях. Також можна зазначити більшу негативність пізнього потенціалу (600-800 мс) для чоловічої групи у центральних ( $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) та тім'яних ( $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведеннях.

Водночас варто відмітити, що пред'явлення невидозмінених позитивних облич у якості рідкісних стимулів (рис. 3.28, Б) супроводжувалося стабільно вищими значеннями потенціалу для чоловічої групи на латентності 400-600 мс у всіх взятих до розгляду відведень (Fz  $\Delta_{\max}$  2,9 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz  $\Delta_{\max}$  3 мкВ,  $p < 0,05$ ). Більша негативність також спостерігалась для чоловічої групи у лобовій області кори в період близько 200 мс ( $\Delta_{\max}$  3,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та в тім'яному відведенні на пізніх латентностях ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ).

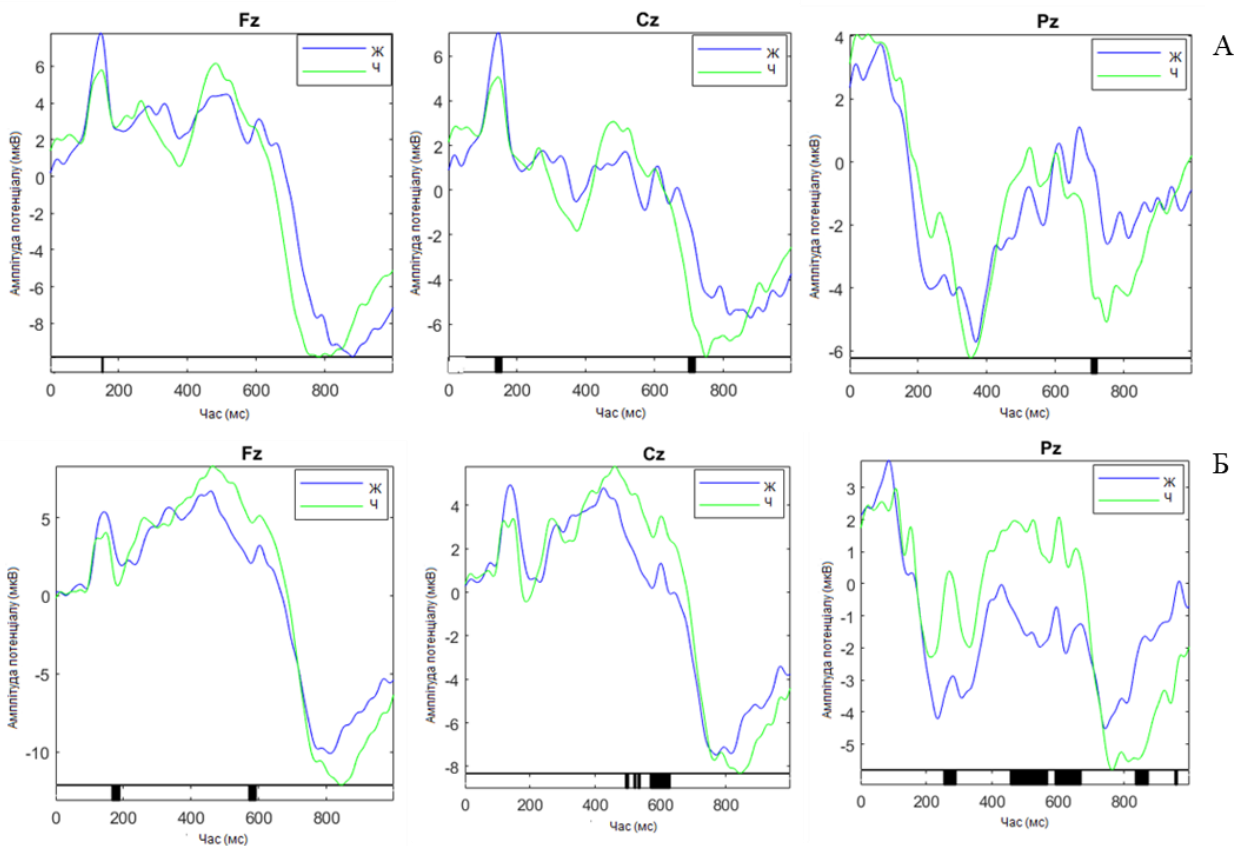


Рис. 3.28 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у

групах чоловіків (Ч, n=21) та жінок (Ж, n=22) до початку повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтях (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Найбільшу кількість значущих відмінностей було отримано для серій, що містила комбінації позитивних та нейтральних облич. Причому в усіх випадках чоловіча група означалася більшим значенням позитивних піків для середньолатентних компонентів, та меншим значенням пізнього позитивного потенціалу, що вказувало на посилення процесів емоційної регуляції.

### **3.2.3.2 Дослідження результатів, отриманих під час повномасштабного вторгнення**

Перегляд серії із негативними рідкісними стимулами (рис. 3.29, А – перемішаними, рис. 3.29, Б – невидозміненими), представленими у середовищі нейтральних облич, в період повномасштабного вторгнення не супроводжувався настільки промовистими змінами, як ті, що спостерігались для попередніх експериментальних серій.

На рис.3.29, А можна побачити криві ППП, отримані під час пред'явлення серії із негативними перемішаними рідкісними стимулами. Так, значущі відмінності спостерігалися лише для ранніх компонентів кривої у лобовому (з точки зору латентності) та центральному ( $\Delta_{\max} 1,5$  мкВ,  $p < 0,05$ ) відведеннях. При цьому, чоловіча група характеризувалась більшим значенням амплітуди потенціалу.

Водночас, в умовах пред'явлення невидозмінених рідкісних негативних стимулів, аналогічні відмінності спостерігались уже в усіх відведеннях, що підлягали аналізу (Fz, 200 мс  $\Delta_{\max} 2$  мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz 200 мс  $\Delta_{\max} 2,2$  мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz 200 мс  $\Delta_{\max} 2,3$  мкВ,  $p < 0,05$ ) (рис.3.29, Б). Окрім цього, було визначено статистично значущу

відмінність для піків середньої латентності (400-600 мс) у центральному відведенні ( $\Delta_{\max}$  1,5 мкВ,  $p < 0,05$ ), із вищими значеннями потенціалу для жіночої групи.

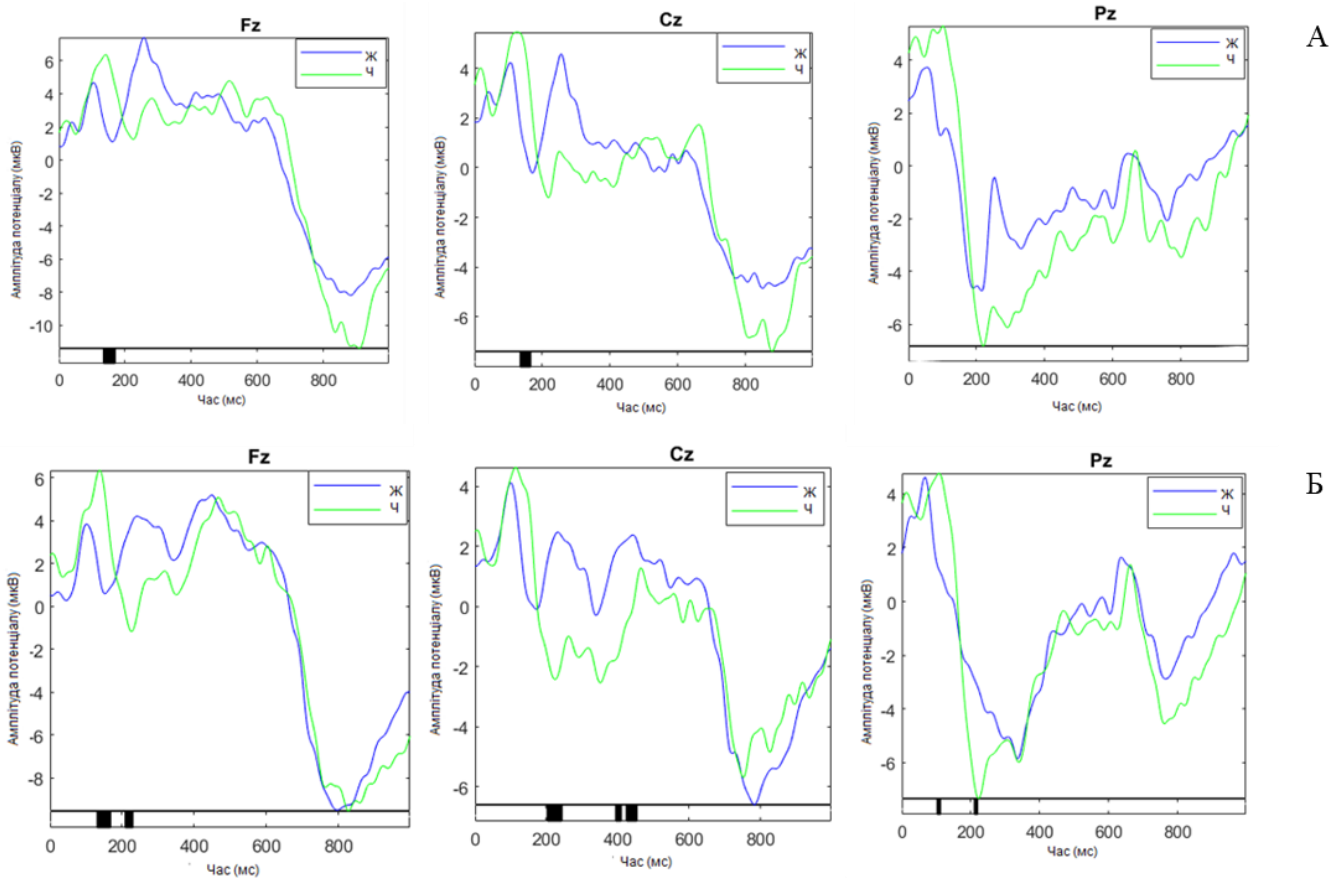


Рис. 3.29 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) негативними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) негативними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=19$ ) та жінок (Ж,  $n=21$ ) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтях (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

У випадку демонстрації серії із нейтральними перемішаними обличчями, представленими у середовищі нейтральних (рис. 3.30, А) значущі відмінності для ранніх компонентів кривої було визначено для центрального (200 мс,  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,

$p < 0,05$ ) та тім'яного (100 мс,  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведень. Окрім цього, жіночій групі притаманні були вищі значення амплітуди потенціалу в часовому проміжку 200-400 мс у лобовому ( $\Delta_{\max}$  2,3 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центральному ( $\Delta_{\max}$  3,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведеннях. На латентності 600-800 мс спостерігалася відмінна динаміка поведінки кривої, із більшою вираженістю позитивного потенціалу для чоловічої групи ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Під час перегляду серії із нейтральними природними обличчями, представленими серед негативних перемішаних (рис. 3.30, Б) для лобового відведення значущі відмінності спостерігалися на латентності 200-400 мс ( $\Delta_{\max}$  4,1 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, у центральній ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) та тім'яній ( $\Delta_{\max}$  3,8 мкВ,  $p < 0,05$ ) областях кори реєструвалися значущі відмінності в амплітудах пізніх компонентів кривої. Зрештою, для центрального відведення також були відмічені відмінності в динаміці компонентів на ранніх латентностях графіку.

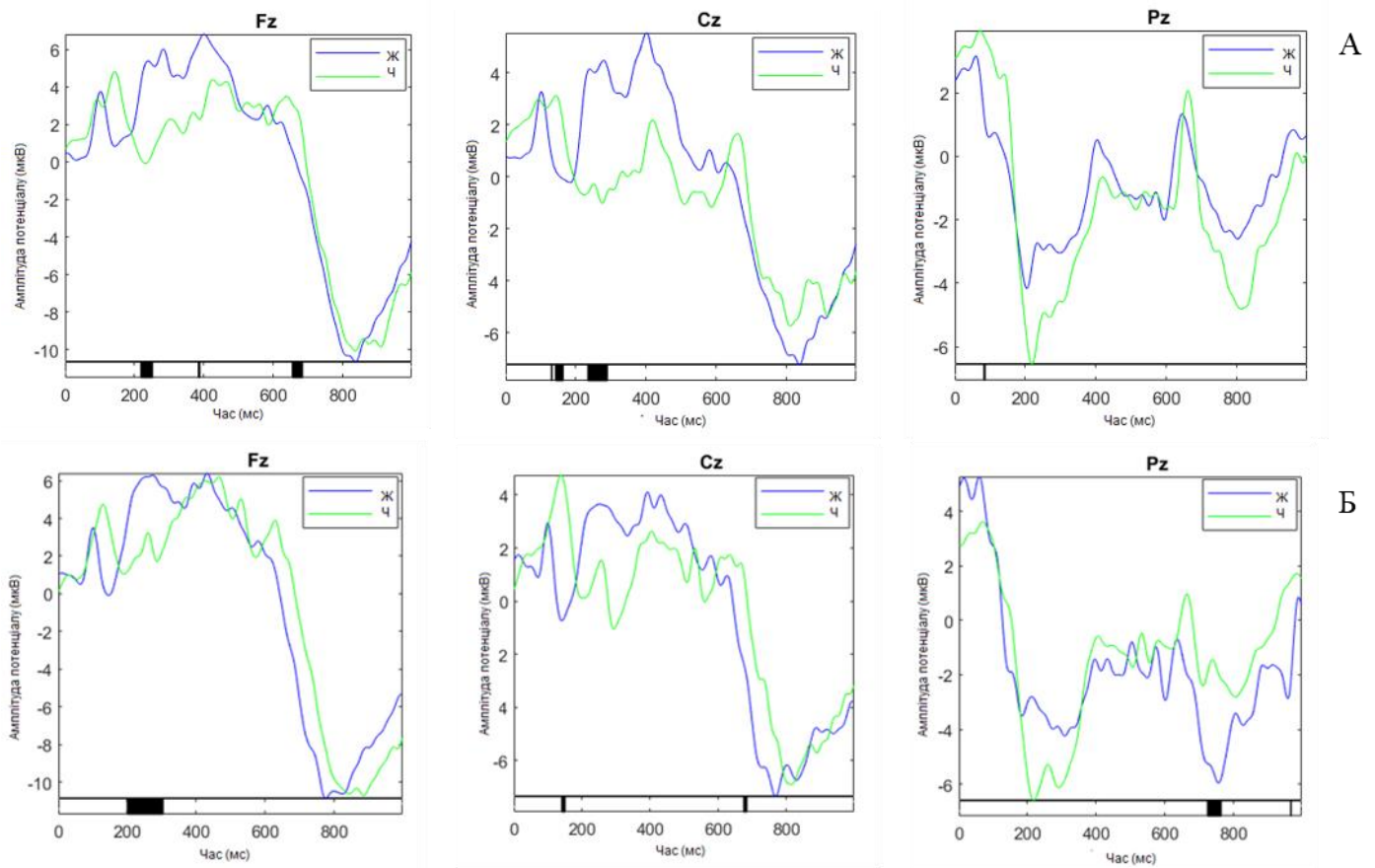


Рис. 3.30 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними

обличчями (рідкісні стимули) і негативними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і негативними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч, n=19) та жінок (Ж, n=21) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтях (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

На рисунку 3.31, А представлено візуалізацію кривої ППП для серії із представленням нейтральних перемішаних облич як рідкісних стимулів у середовищі позитивних невидозмінених зображень. Можна відмітити присутність статистично значущих відмінностей для ранніх компонентів кривої (до 200 мс) (Fz, 200 мс  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz 200 мс  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Pz 200 мс  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, спостерігались міжгрупові відмінності для пізніх латентностей потенціалу (більше 600 мс) у лобовому ( $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центральному ( $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведеннях. У лобовій області кори також було визначено відмінності в поведінці потенціалу у часовому вікні 400-600 мс ( $\Delta_{\max}$  1,8 мкВ,  $p < 0,05$ ) .

В той же час, варто зазначити, що за умов сприйняття нейтральних невидозмінених стимулів на фоні нейтральних перемішаних облич (рис. 3.31, Б) для лобового (400-600 мс  $\Delta_{\max}$  1,6 мкВ,  $p < 0,05$ ; після 600 мс  $\Delta_{\max}$  2 мкВ,  $p < 0,05$ ) та центрального (до 200 мс  $\Delta_{\max}$  1,1 мкВ,  $p < 0,05$ ; після 600 мс  $\Delta_{\max}$  1,9 мкВ,  $p < 0,05$ ) відведень спостерігався набір відмінностей, аналогічний до описаного для попередньої проби. У тім'яному відведенні статистично значущих відмінностей зафіксовано не було.

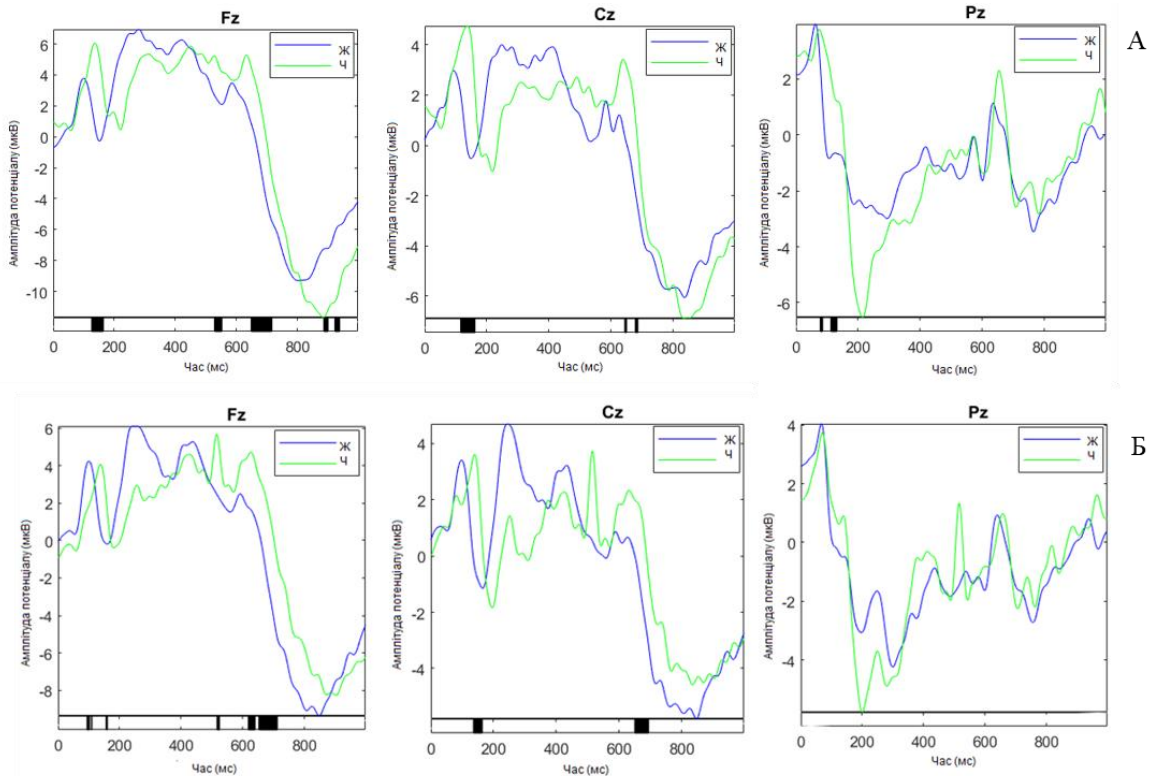


Рис. 3.31 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) нейтральними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і позитивними обличчями (часті стимули); та (Б) нейтральними (рідкісні стимули) і позитивними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=19$ ) та жінок (Ж,  $n=21$ ) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтгах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

У випадку демонстрації позитивних перемішаних зображень (рис. 3.32, А) серед нейтральних частих стимулів, можна було спостерігати ділянки статистично значущої відмінності для ранніх компонентів кривої (до 200 мс), із більшим значенням амплітуди потенціалу для чоловічої групи (Fz  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,054$  Cz  $\Delta_{\max}$  1,1 мкВ,  $p < 0,05$ ). Окрім цього, у лобовому відведенні також було визначено значущу відмінність в поведінці потенціалу на пізніх компонентах кривої ППП (600-800 мс,  $\Delta_{\max}$  2,2 мкВ,  $p < 0,05$ ).

Зрештою, можна побачити, що під час презентації позитивних невидозмінених зображень (рис. 3.32, Б) на фоні нейтральних перемішаних облич, особливість для всіх відведень збігалася із отриманою для попередньої проби (Fz, до 200 мс  $\Delta_{\max}$  1,2 мкВ,  $p < 0,05$ ; Fz, після 600 мс  $\Delta_{\max}$  2,5 мкВ,  $p < 0,05$ ; Cz  $\Delta_{\max}$  1,3 мкВ,  $p < 0,05$ ).

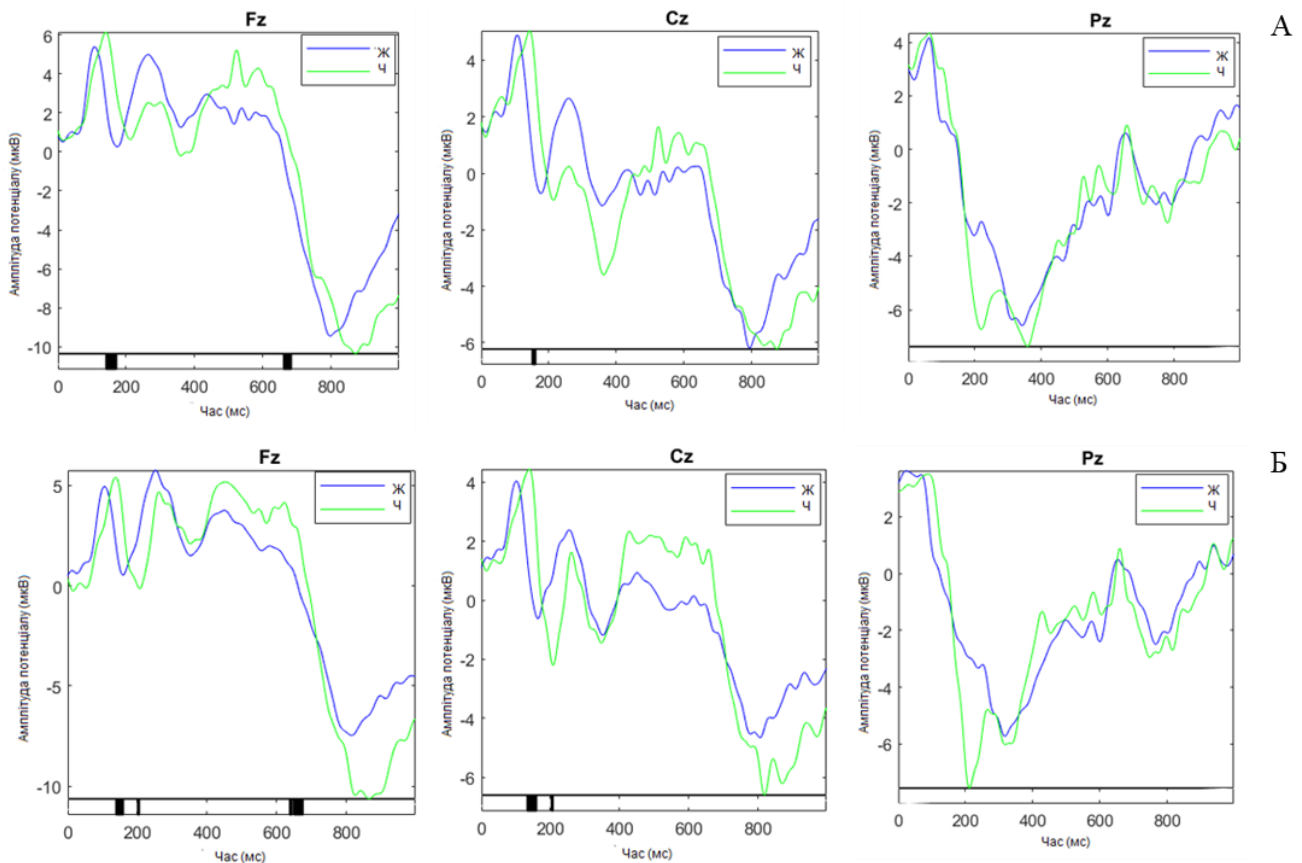


Рис. 3.32 Усереднені криві потенціалів, пов'язаних з подією, отримані від центрального лобового (Fz), центрального (Cz) та центрального тім'яного (Pz) відведень під час перегляду серії зображень із (А) позитивними перемішаними обличчями (рідкісні стимули) і нейтральними обличчями (часті стимули); та (Б) позитивними (рідкісні стимули) і нейтральними перемішаними (частими) стимулами у групах чоловіків (Ч,  $n=19$ ) та жінок (Ж,  $n=21$ ) під час повномасштабного вторгнення. Амплітуда потенціалу подається у мікрвольтах (мкВ). Момент часу нуль на графіку позначає початок демонстрації стимулу, а ділянки, що відповідають статистично значущим відмінностям в компонентах кривої ( $p < 0,05$ ) позначені чорними блоками на осі часу.

Таким чином, для серій із поєднанням негативних та нейтральних стимулів більша вираженість піків спостерігалась для жіночої групи (рис. 3.29, рис. 3.30). І навпаки – чоловічій групі були притаманні більші амплітуди компонентів, коли демонструвалися позитивні та нейтральні стимули в різних комбінаціях (рис. 3.31, рис. 3.32). У всіх пробах для обох груп яскраво виражений компонент P100 (рис. 3.29–3.32).

Найбільша кількість відмінностей спостерігалась для серії із нейтральними перемішаними зображеннями, що демонструвалися серед позитивних частих стимулів (рис. 3.31).

### **Висновки до розділу**

У першу чергу хотілося б відмітити, що порівняння даних, отриманих до та під час повномасштабного вторгнення, виявило більшу вираженість відмінностей для стимуляційних серій, що включали зображення розмитих облич порівняно із перемішаними стимулами.

При пред'явленні стимуляційних серій із зображеннями розмитих облич в обох групах можна було спостерігати значущі відмінності показників для чоловічої та жіночої груп у трьох основних часових проміжках епохи аналізу, що відображає запуск роботи механізмів, пов'язаних із сукупністю процесів когнітивної обробки стимульного матеріалу. Водночас, для зображень перемішаних облич подібних ефектів не спостерігалось – навпаки, ефекти комбінацій такого типу стимулів відображались переважно у змінах ранніх компонентів графіку, що пов'язані із швидким мимовільним позасвідомим реагуванням. Можна припустити, що дане явище ще раз свідчить на користь холистичної концепції сприйняття обличчя.

Окрім цього, хотілося б відмітити, що група жінок при проведенні міжгрупового порівняння демонструвала більші амплітуди компонентів кривої всіх трьох латентностей у випадку перегляду вибірок із розмитими подразниками. Водночас, для чоловічої групи можна відзначити збільшення амплітуди ранніх та середніх компонентів кривої ППП, що асоціюються в першу чергу із контролем направленої

уваги у відповідь на пред'явлення комбінацій із перемішаними обличчями (особливо у випадку серій із залученням позитивних та нейтральних зображень). Можна зробити припущення, що отримані результати таким чином ще раз ілюструють базові відмінності у стратегії розпізнавання обличчя, а саме здатність жінок ефективніше вирізняти та оцінювати емоційні вирази обличчя.

Так, велика кількість літературних даних свідчить про те, що жінки загалом демонструють кращі результати у розпізнаванні облич та зчитуванні емоцій. Попередні дослідження показали, що жінки демонструють вищі рівні емоційних реакцій, ніж чоловіки [181], що може пояснювати упередженість уваги до емоційних стимулів через вищий рівень пильності [182]. Це також відповідає твердженню про успішність жінок у розпізнаванні емоцій обличчя. Загалом жінки розпізнають емоційні обличчя швидше, ніж чоловіки [181]. Наприклад, при виконанні завдання з розпізнавання емоцій із реальними зображеннями виразу обличчя, Hampson та співавтори [183] виявили, що жінки швидше реагують на розпізнавання як позитивних, так і негативних емоційних облич, ніж чоловіки. Деякі дослідники виявили, що з дитинства дівчатка починають виявляти сильніший інтерес до облич, ніж хлопчики, витрачаючи більше часу на споглядання обличчя [184]. Дорослі жінки також мають більший інтерес до соціальних аспектів повсякденного життя, ніж чоловіки [185]. Цілком можливо, що перевагу жінок у пізнанні, пов'язаному з обличчям, можна частково пояснити різницею в соціальній залученості жінок і чоловіків [186]. Використовуючи фМРТ, дослідники виявили, що дівчата та жінки мають більші за площею ділянки кори веретеноподібної звивини, пов'язані з розпізнаванням обличчя (FFA), порівняно з хлопцями та чоловіками [187].

Було показано, що активний пошук невербальних сигналів у різних частинах обличчя збільшував розсіювання погляду жінки [188]. Крім того, є свідчення, що чоловіки демонстрували менший потяг до дослідження стимулу, ніж жінки, навіть коли досліджують візуальні сцени без будь-якого обличчя, такі як пейзажі чи мистецькі композиції [189]. Тому можна припустити, що в умовах, коли об'єктом уваги є перемішане обличчя, жоден з елементів якого не знаходиться в правильному положенні, що безумовно збільшує ступінь невизначеності, аналітична стратегія чоловічої групи

зводилась до швидкої оцінки подразника, його мотиваційної значущості, без подальшого розгорнутого аналізу емоційного наповнення.

При порівнянні даних, отриманих як під час пред'явлення серій із комбінаціями розмитих, так і перемішаних стимулів, було виявлено більшу вираженість внутрішньогрупових відмінностей між станами Д/В та П/В, аніж при проведенні міжгрупового порівняння. Можна припустити, що даний феномен пов'язаний із рівноцінним впливом хронічного стресу, опосередкованого війною, на базові механізми функціонування уваги, пам'яті та емоційної регуляції.

Зрештою, можна підкреслити значущу роль вертексних областей кори (центральної лобової, центральної та центральної тім'яної ділянок) у формуванні інтеграційного центру ефективної нейрональної мережі, пов'язаної зі сприйняттям облич. Спираючись на відомості про функціональну роль даних ділянок, а саме їхню значущість з точки зору аналізу, синтезу (об'єднання інформації різної модальності) та реалізації виконавчого контролю [190], можна було спостерігати відмінності в архітектурі ефективної нейрональної мережі, пов'язаної зі сприйняттям емоціогенних візуальних стимулів.

## **РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ НЕНАПРАВЛЕНОГО КОВЗНОГО СЕРЕДНЬОГО ТА ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ**

Перед початком розгорнутого аналізу теплових мап, отриманих із використанням алгоритму ненаправленого ковзного середнього (НКС), варто описати базові характеристики різних значень показника масштабування  $\alpha$  відносно властивостей і динаміки структури біоелектричної активності кори головного мозку та процесів, що її визначають. Першочергово це необхідно для того, щоб структурувати отримані дані, оскільки різні піддіпазони електричної активності демонструють подібні патерни поведінки для різних проб.

Алгоритм НКС широко використовувався в кількох варіантах для характеристики довгострокових кореляцій випадкових сигналів і наборів даних (одновимірних послідовностей або високовимірних масивів) у часі чи просторі [191]. При цьому, із використанням послідовності перетворень, описаних в Розділі 2 роботи, для мультिकанального ЕЕГ-запису у різних піддіпазонах активності визначається величина показника масштабування  $\alpha$ . Отримані значення порівнюють із такими, що описують ряд аналітичних коливальних процесів, що дозволяють судити про динаміку електричної активності. Розглянемо ряд стандартних значень коефіцієнту  $\alpha$ .

При  $\alpha < 1/2$  діапазоні колювання демонструють антикорельовану поведінку, а це означає, що за збільшенням амплітуди сигналу в один момент часу, ймовірно, слідує зменшення амплітуди сигналу в більш пізній час. Це може свідчити про чергування процесів активації та вигальмовування або про швидке переключення між різними когнітивними станами [192].

У випадку, якщо  $\alpha = 1/2$  сигнал має випадкову некорельовану структуру, що відображає високий ступінь випадковості в основі нейронної активності, або відсутності скоординованої активності. Водночас показник  $\alpha > 1/2$  відповідає корельованому сигналу, тобто для збільшення (або зменшення) амплітуди в один момент часу, ймовірно, наслідком буде аналогічне збільшення (або зменшення) в більш

пізній час. Це говорить про те, що нейронна активність в основі сигналу є більш організованою і когерентною [193].

При  $\alpha > 1$  сигнал стає нестационарним, що вказує на те, що коливання сигналу з часом стають все більш непередбачуваними і нерегулярними. Разом з тим, при  $\alpha = 3/2$  сигнал ЕЕГ демонструє властивості Броунівського шуму, який характеризується випадковою блукаючою структурою. Цей тип шуму часто пов'язаний з кумулятивними процесами або інтеграцією білого шуму. Присутність броунівських шумів в сигналах ЕЕГ може свідчити про процеси, пов'язані з повільним накопиченням нейронної активності (накопичування «інформації») [194].

При  $\alpha = 1$  біоелектричний сигнал демонструє властивості  $1/f$  шуму, також відомого як рожевий шум. Цей тип шуму характеризується спектром потужності, який обернено пропорційний частоті. Таким чином формується припущення, що сигнал містить інформацію в кількох часових масштабах. Рожевий шум (або шум «мерехтіння») спостерігається в багатьох природних системах і розглядається як основа механізму самоорганізації, оскільки стабільні стани систем можуть виникати лише тоді, коли шум має здатність нескінченно поширюватися [195]. У контексті ЕЕГ це може відображати складність та ієрархічну природу організації процесів.

Аналіз параметрів ЕЕГ-сигналу, отриманих під час стану спокою як із закритими, так і з відкритими очима, продемонстрував ряд закономірностей, які будуть описувати всі наступні експериментальні проби. Так, зокрема, можна зазначити, що параметри активності в  $\theta$ -1,  $\alpha$ -3 та обох  $\beta$  піддіапазонах будуть демонструвати переважно корельовану поведінку. Водночас  $\theta$ -2,  $\alpha$ -1,2 піддіапазони будуть описуватись переважно нестационарною динамікою поведінки сигналу.

Окрім цього, можна відзначити, що  $\alpha$ -2 піддіапазон електричної активності, порівняно із іншими піддіапазонами, буде найчастіше характеризуватися формуванням тенденцій до Броунівського шуму. Подібну поведінку можна пояснити з точки зору ролі даного піддіапазону в регуляції уваги за рахунок функціонального інгібування нерелевантних кіркових ділянок, що може характеризуватися необхідністю до поступового накопичення інформації. Одночасно із цими, обидва піддіапазони  $\beta$ -коливань були єдиними, що виявляли здатність до набуття властивостей

антикорельованості. Даний феномен можна пов'язати із природою генерації даного ритму (спалахи бета, beta bursting) та його функціональними особливостями (виконавчий контроль, тонке регулювання візуальної уваги та оперативної пам'яті) [196]. Решта діапазонів характеризувалася зміною патернів корельованості/нестационарності поведінки сигналу в залежності від параметрів подразника.

#### 4.1 Аналіз стану спокою

У стані спокою із закритими очима для чоловічої та жіночої груп до та після початку повномасштабного вторгнення (рис.4.1, А, Б) порівняння станів П/В та Д/В для чоловіків виявило осередок падіння значення коефіцієнта  $\alpha$  в центральній потиличній ділянці кори від рівня нестационарного до корельованого сигналу ( $z=-2,843$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 4.1, А). Даний феномен, тобто збільшення впорядкованості сигналу в  $\alpha$ -1 діапазоні активності, можна пов'язати із наростанням активності в таламо-кортикальній системі, що опосередковує процеси моніторингу середовища і функціонування системи уваги [197]. В той же час, можна також відмітити значуще підвищення значення показника масштабування  $\alpha$  в передньо- та задньолобових областях кори лівої півкулі в  $\beta$ -1 піддіапазоні – наростання нестационарності ( $z=1,667$ ,  $p<0,05$ ). Можна припустити, що даний процес пов'язаний із більш активним функціонуванням механізмів зовнішньо направленої уваги та посилення когнітивного контролю у чоловіків в стані П/В. Подібні результати цілком узгоджуються із наявними літературними даними [198].

В жіночій групі в станах до та після початку повномасштабного вторгнення ділянок статистично значущих відмінностей в поведінці сигналу виявлено не було. Втім, можна відмітити, що загальний патерн активності у жінок в групі Д/В характеризувався генералізованими по скальпу осередками значень коефіцієнту  $\alpha$  в діапазоні значень Броунівського шуму в  $\alpha$ 2-піддіапазоні активності, що не відмічаються в групі П/В ( рис.4.1, Б). Також можна відмітити відмінність в  $\beta$ -1 діапазоні, локалізовану в центральній тім'яній області кортексу – так, в групі Д/В у

жінок у вищезгаданому регіоні відмічено осередок антикорельованого сигналу, що не спостерігається в групі П/В.

Зрештою, не було відмічено ділянок із статистично значущими відмінностями у поведінці ЕЕГ-сигналу при проведенні порівняння між групами чоловіків та жінок до та після початку повномасштабного вторгнення (рис. 4.2).

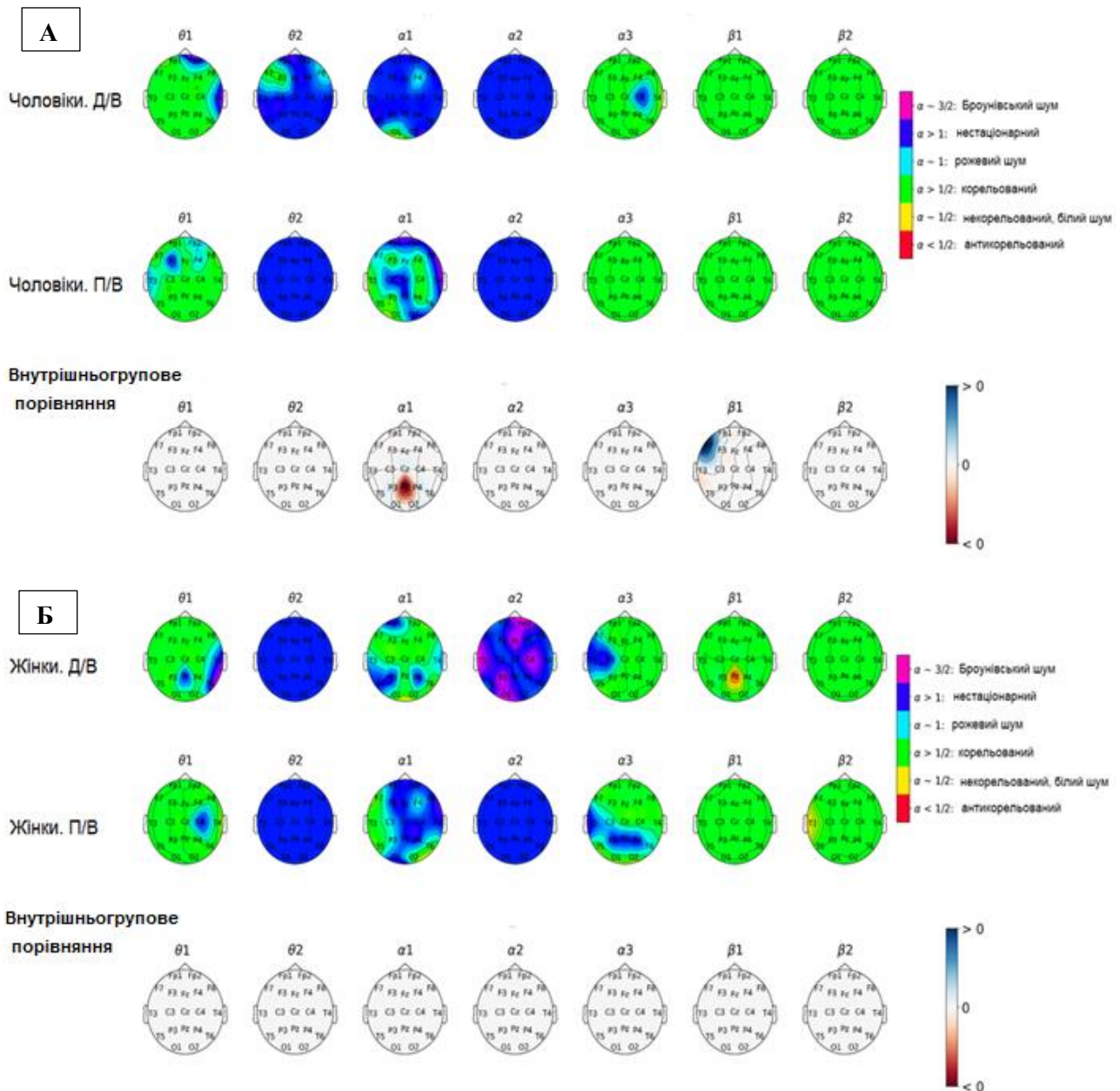


Рис. 4.1 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку у стані спокою із закритими очима у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

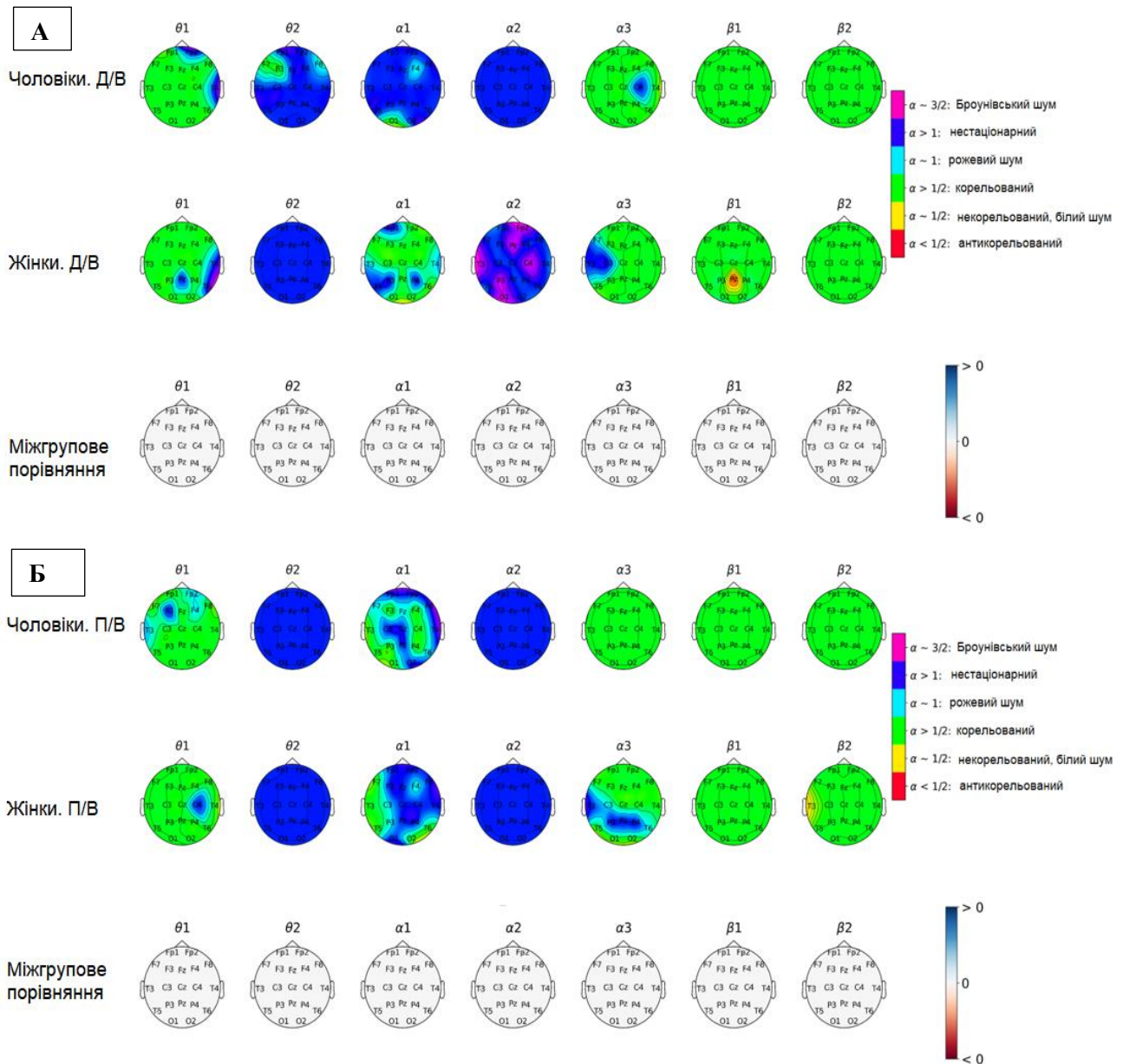


Рис. 4.2 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку у стані спокою із закритими очима (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Дослідження стану спокою із відкритими очима виявило відмінну динаміку перебігу процесів в неокортексі (рис. 4.3). Так, порівняння станів Д/В та П/В у групі чоловіків виявило локуси вираженого зниження значення показника масштабування  $\alpha$  у стані П/В відносно стану Д/В. Даний феномен було зареєстровано для  $\theta$ -1,-2 та  $\alpha$ -1 піддіапазонів активності у передніх лобових ділянках кори зліва для  $\theta$ -1 ( $z=3,801$ ,  $p<0,05$ ), справа – для  $\theta$ -2 ( $z=3,788$ ,  $p<0,05$ ). Окрім цього, така ж особливість спостерігалася у передньолобових і скронево-тім'яних ділянках кори лівої півкулі та центральнійтім'яній області кори в  $\alpha$ -1 піддіапазоні активності ( $z=2,828$ ,  $p<0,05$ ). Сукупно два ці явища доповнюють одне одного: наростання впорядкованості в  $\theta$ -1,2 та  $\alpha$ -1 піддіапазонах активності посилення підкірково-кіркових взаємодій (таламічних та гіпокампальних), для реалізації функції уваги та пам'яті в стані П/В [199].

Можна відмітити зникнення в пробі П/В осередку антикорельованого сигналу, локалізованого в лівій потиличній області кори в  $\beta$ -2 піддіапазоні, а також формування патерну сигналу за параметрами Броунівського шуму утім'яних ділянках кори у  $\alpha$ -2 діапазоні активності.

Водночас із цим, порівняння станів до та під час повномасштабного вторгнення для жіночої групи значущих відмінностей не виявило. Можна відмітити перехід структури сигналу від значень антикорельованого до корельованого сигналу в обох  $\beta$ -піддіапазонах активності, а також зникнення осередків нестационарності у лобово-скроневих ділянках кори правої півкулі та центральній області у  $\theta$ -1 піддіапазоні ( $z=-1,757$ ,  $p<0,05$ ) в стані П/В порівняно із станом Д/В.

Співставлення топографічних розподілів патернів коливань у чоловічій та жіночій групах Д/В (рис. 4.4, А) виявило вищі значення показника масштабування  $\alpha$  у передніх та задніх лобових ділянках кори правої півкулі в групі жінок. В той же час, в записах, отриманих після початку війни (рис. 4.4, Б), статистично значущих відмінностей виявлено не було.

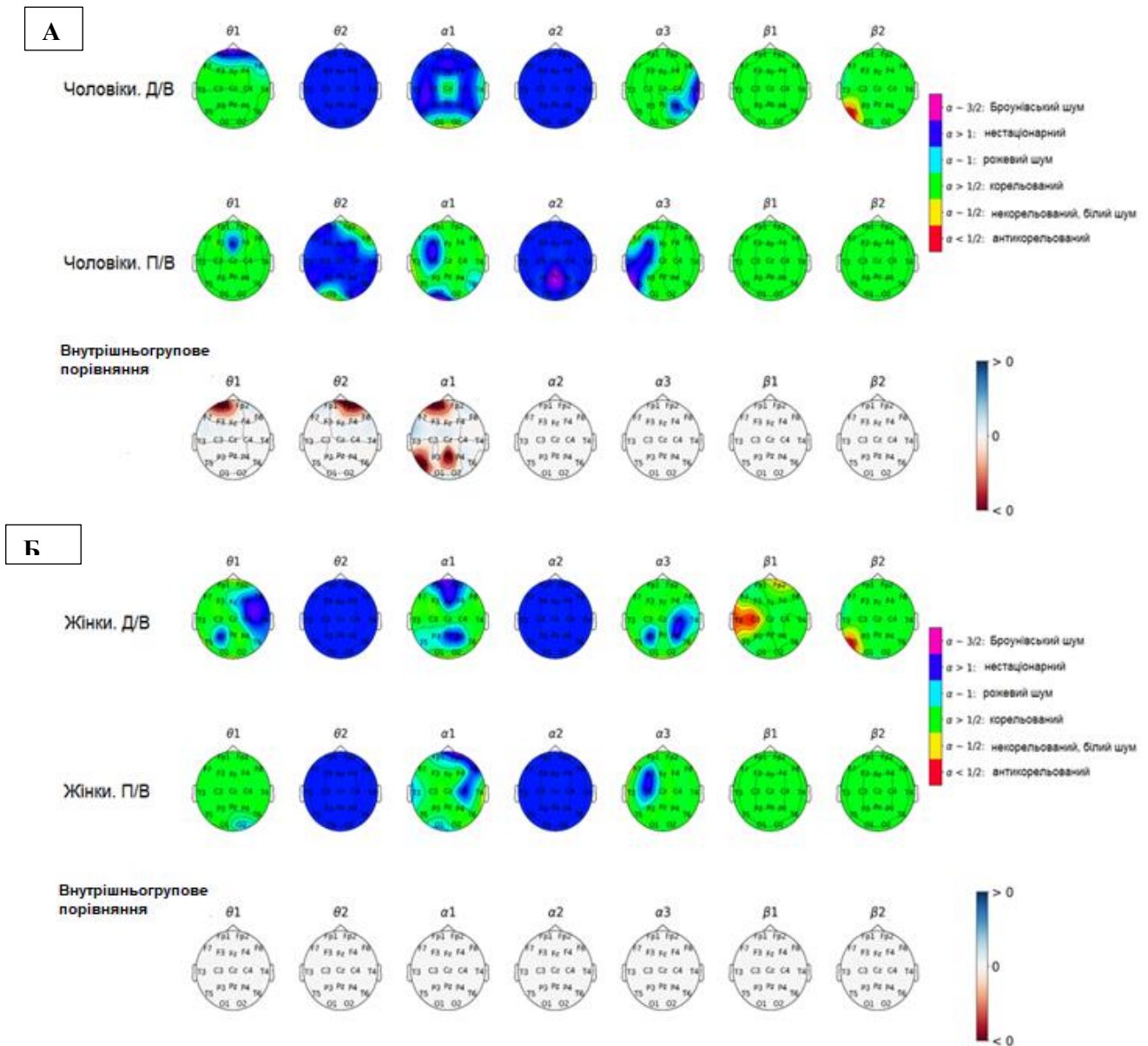


Рис. 4.3 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку у (А) групі чоловіків до у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення у стані спокою із відкритими очима. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

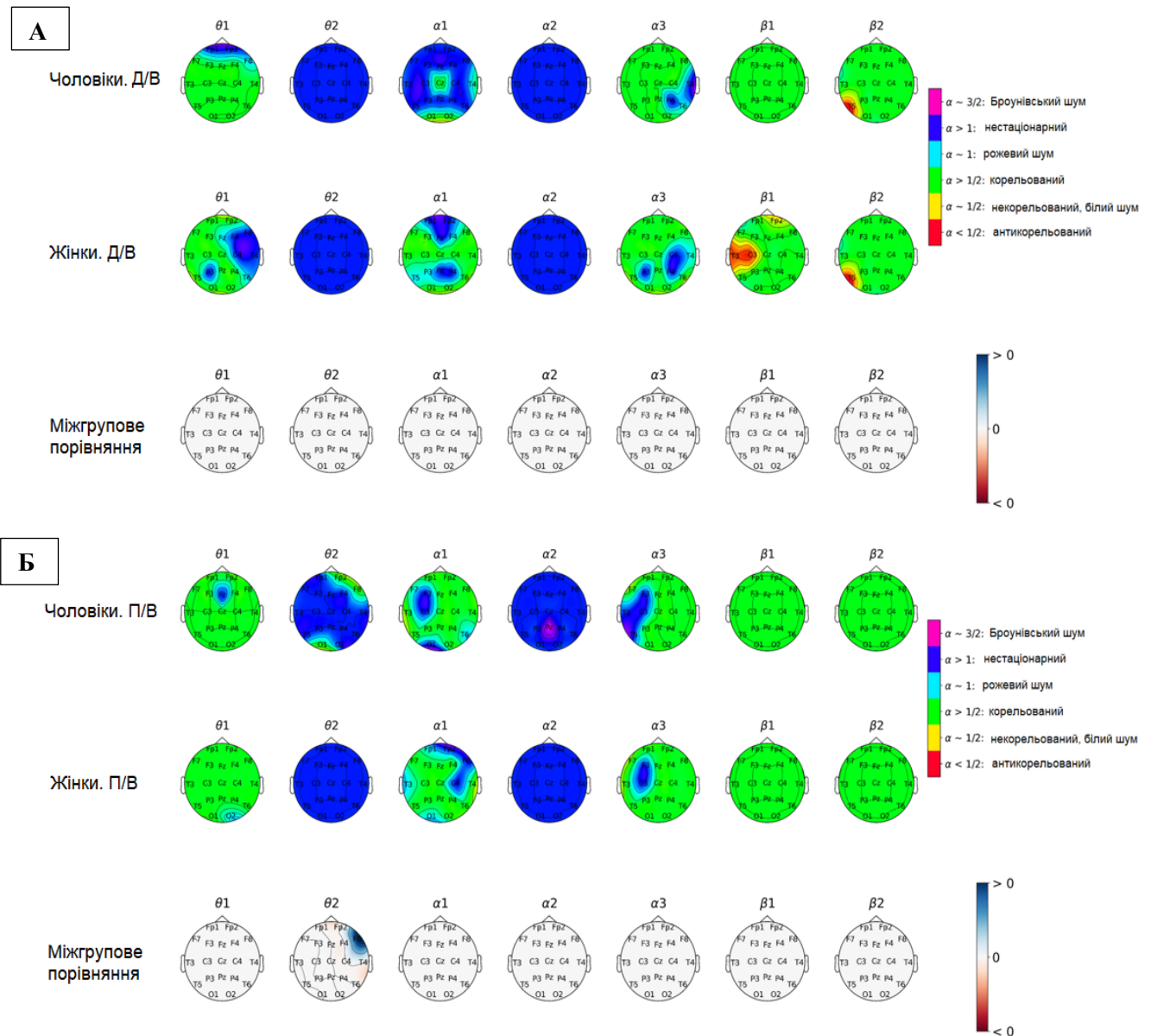


Рис. 4.4 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку у (А) групі чоловіків до у стані спокою із відкритими очима (Д/В) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Отже, можна відмітити, що для обох груп обстежуваних спостерігалось наростання корельованості ЕЕГ-сигналу (зменшення площі ділянок нестационарного сигналу, зникнення осередків антикорельованих коливань). Разом з тим, статистично значущі відмінності між станами Д/В та П/В спостерігались у чоловічій групі (рис. 4.1, рис. 4.3), що, з урахуванням функціонального значення відповідних ділянок кори, можна пов'язати із стійкістю функціонування системи зовнішньо направленої уваги.

#### 4.2 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями

Теплові мапи з ЕЕГ-даних, отриманих під час перегляду негативних розмитих рідкісних стимулів на фоні нейтральних зображень, характеризувалися рядом цікавих особливостей. Зокрема, можна відмітити, що для чоловіків характерним було виникнення осередку антикорельованого сигналу на фоні загалом високого ступеню корельованості коливань генералізовано по скальпу у групі П/В. В той же час, серед жінок-обстежуваних можна було спостерігати зворотнє: наявні осередки антикорельованого сигналу, відмічені в передньолобових ділянках кори в обох  $\beta$ -діапазонах активності у групі Д/В, не були спостерігались в групі після початку повномасштабного вторгнення.

З іншого боку, подібний патерн активності між групами спостерігався для  $\alpha$ -2 піддіапазону коливань як для чоловіків, так і для жінок. А саме, відмічалось формування осередків Броунівського шуму, розподілених переважно в прецентральных зонах кори.

Зрештою, можна відмітити присутність локусів нестационарності в передньолобових ділянках кори лівої півкулі як у чоловіків, так і у жінок в довоєнних обстеженнях. На противагу цим результатам виступають дані, отримані під час повномасштабного вторгнення: в чоловічій групі спостерігалось зміщення даного локуса у відповідну ділянку правої півкулі, а в жіночій- повне його зникнення, з генералізованим поширенням корельованого сигналу.

Ділянок із статистично значущими відмінностями, втім, не було відмічено в жодному із варіантів групового порівняння (рис. 4.5, рис. 4.6). Загалом розподіл

коефіцієнту  $\alpha$  позначав співвідношення процесів, що опосередковують роботу механізмів, відповідальних за сприйняття візуальних стимулів.

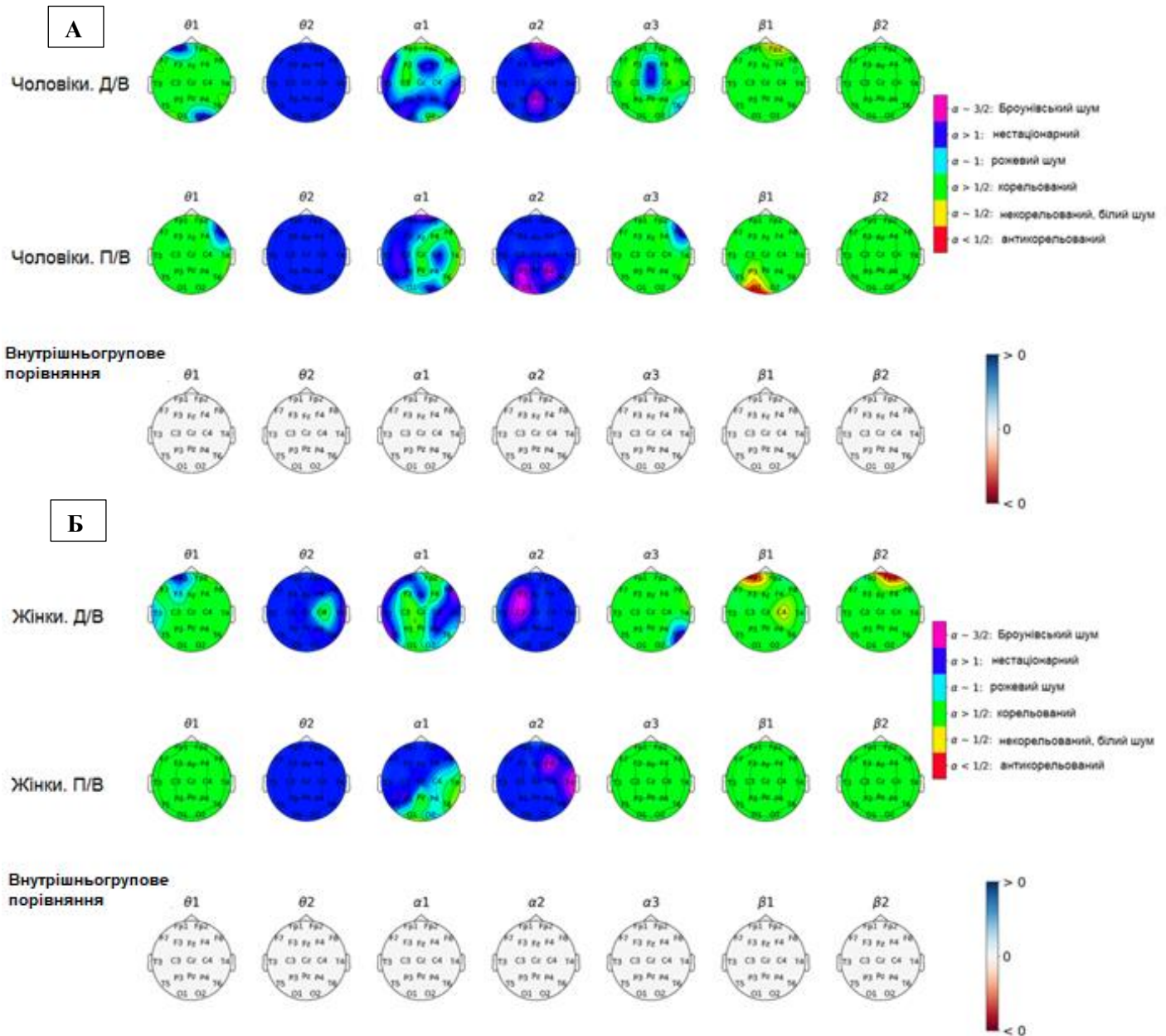


Рис. 4.5 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними розмитими (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння».

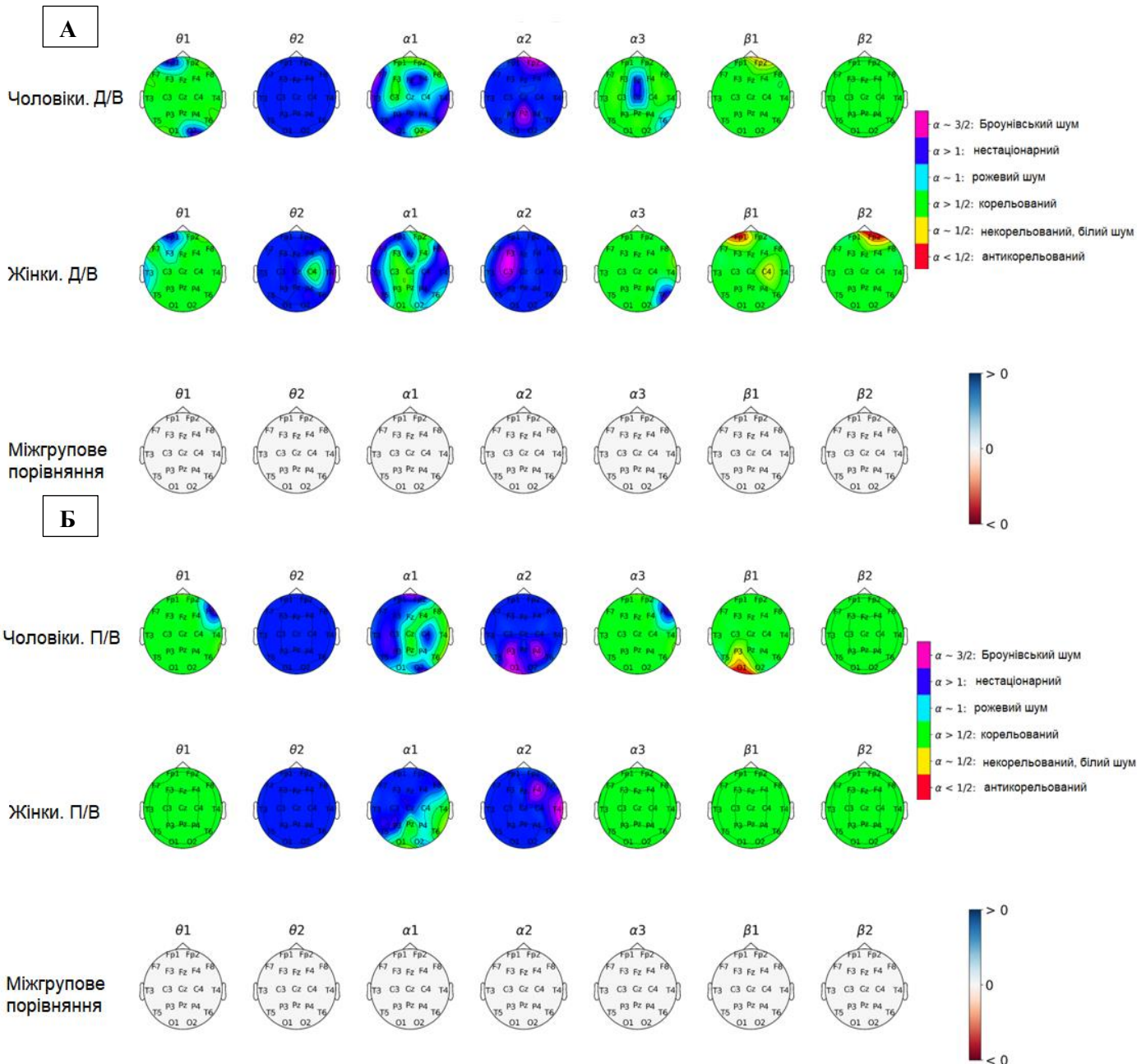


Рис. 4.6 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними розмитими (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння».

За умов демонстрації рідкісних негативних зображень при праймінгу нейтральними розмитими стимулами у випадку чоловічої групи можна відмітити появу осередків нестационарності в передньолобових відведеннях правої півкулі та лівій скроневій області в  $\theta$ -1 піддіапазоні активності (рис. 4.7, А), а також зникнення патерну Броунівського шуму в лобових ділянках кори. Поряд з цим, можна зазначити відмінності динаміки електричної активності в  $\beta$ -2 піддіапазоні: у наборі даних до початку повномасштабного вторгнення спостерігається присутність локусів антикорельованого сигналу в задніх ділянках кори (тім'яній області лівої півкулі та потиличній ділянці правої півкулі), в той час як вибірка, отримана під час війни, характеризувалася утворенням вогнищ антикорельованості у передніх ділянках кори обох півкуль. Проте статистично значущих відмінностей у даному випадку виявлено не було.

У ЕЕГ-даних жіночої групи до повномасштабного вторгнення (рис. 4.7, Б) в  $\theta$ -1 піддіапазоні коливань відмічалася розлога мережа розповсюдження патерну нестационарності в центральних,тім'яних, потиличних, а також скроневих областях кори в лівій півкулі. В той же час, вищеописана мережа у вибірці П/В заміщувалась коливаннями в діапазоні, що відповідали за медіанними значеннями корельованому сигналу, генералізовано в корі. Ділянка статистично значущого падіння значення коефіцієнта  $\alpha$  відмічалася у центральній лобовій області кори ( $z=-2,065$ ,  $p<0,05$ ), тобто сигнал в  $\theta$ -1 піддіапазоні набував властивостей впорядкованості, що може знаменувати нестабільність формування та реалізацію аналітичної стратегії сприйняття вхідної інформації в стані П/В [200]. У  $\theta$ -2 піддіапазоні коливань патерн нестационарної динаміки коливань, що охоплював передньолобові, лобові, потиличні, а також передньо- та задньоскроневі області неокортексу у вибірці Д/В, в пулі даних стану П/В розповсюджувався генералізовано по скальпу. Значущо відрізнялись між собою набори даних в  $\theta$ -2 ( $z=-1.986$ ,  $p<0,05$ ) піддіапазоні активності, отримані від лівоготім'яного відведення (Д/В<П/В), що може позначати зміни емоційного фону когнітивної діяльності [201]. У  $\alpha$ -2 піддіапазоні коливань спостерігалось поєднання переважаючої нестационарності сигналу у поєднанні із вогнищами Броунівського шуму. Значущо відрізнялись коливальні патерни, зареєстровані у центрально-тім'яних ділянках кори

лівої півкулі, із збільшенням значення показника  $\alpha$  в групі П/В ( $z=3,058$ ,  $p<0,05$ ). Таким чином, можна заключити, що спостерігалась виражена робота механізмів, відповідальних за накопичення та інтеграції вхідної сенсорної інформації, очікування надходження стимулу [202], активізувались процесу пошуку, пригадування та моніторингу зовнішнього середовища. На підтвердження висунутого припущення виступає активність в  $\beta$ -2 піддіапазоні активності, що позначилася значущим наростанням корельованості сигналу в центральних і лобових ділянках кори ( $z=-2,005$ ,  $p<0,05$ ) в групі П/В порівняно з Д/В. Таким чином, стабільних характеристик набував процес обробки вхідної сенсорної інформації, евристичне мислення та емоційне регулювання [203].

Порівняння груп, виділених на основі статі, для наборів Д/В та П/В ділянок статистично значущих відмінностей патерну коливань не виявило (рис. 4.8).

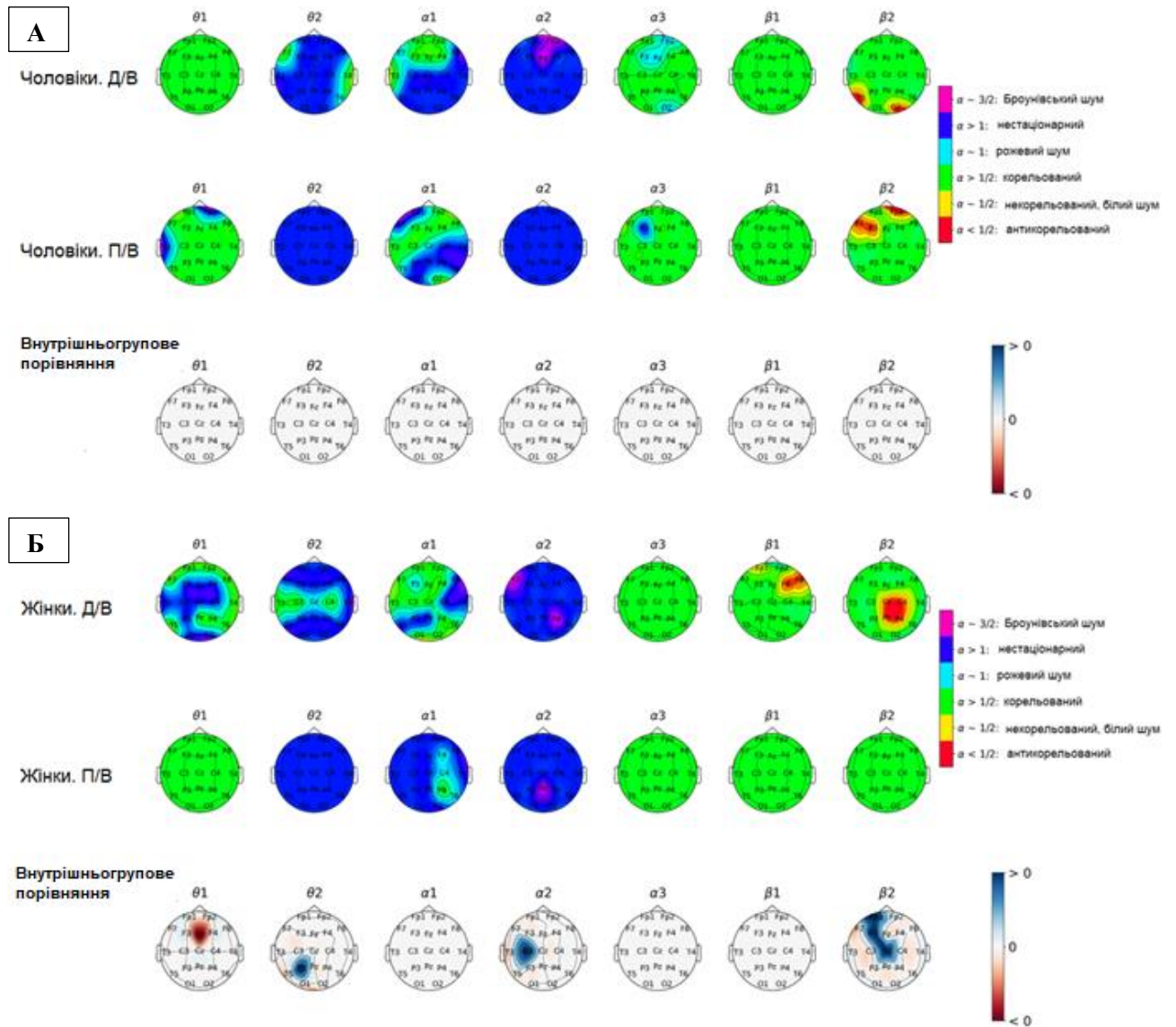


Рис. 4.7 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними (рідкісними) та нейтральними розмитими (частими) стимулами у (А) групі до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

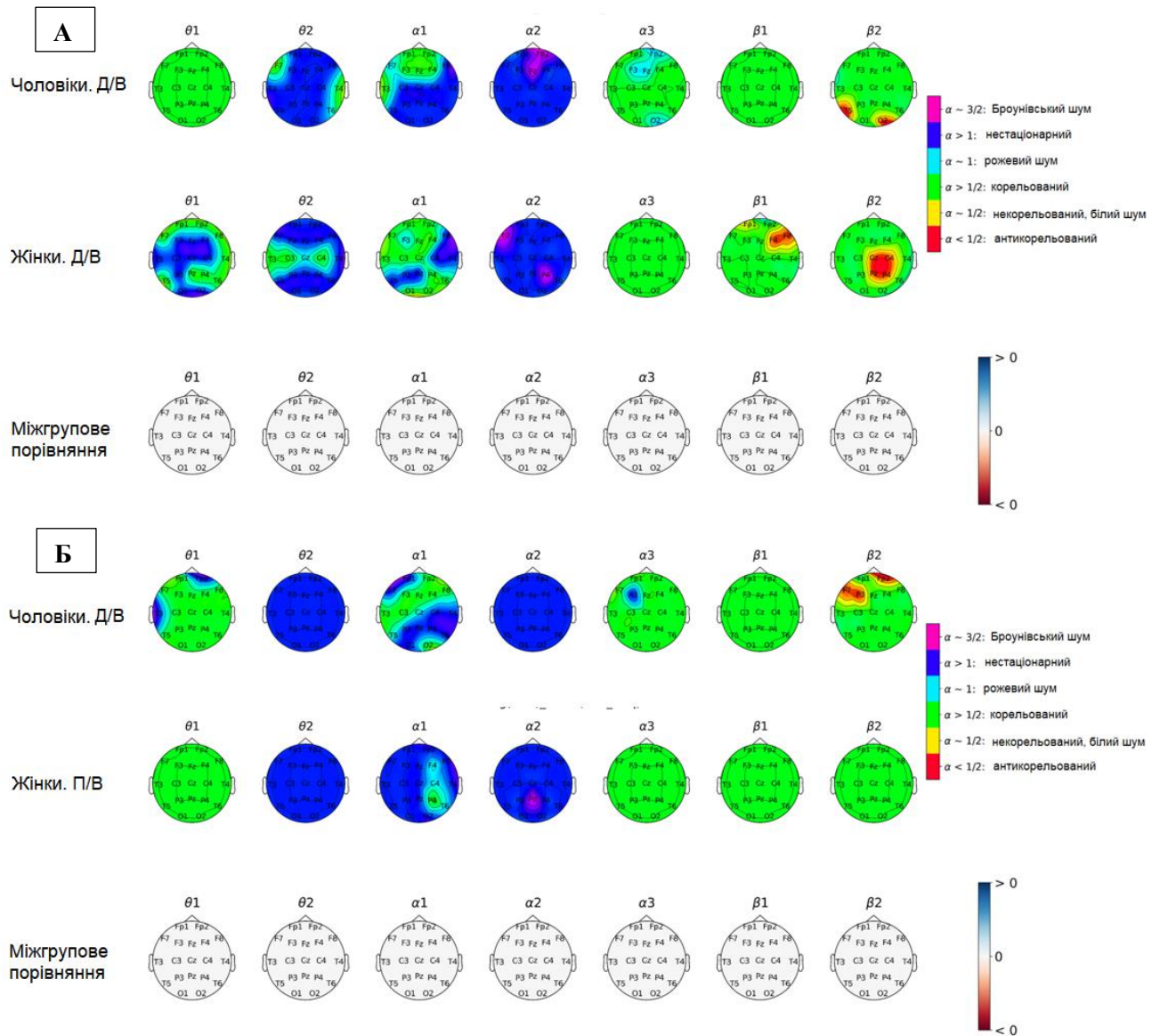


Рис. 4.8 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду із негативними (рідкісними) та нейтральними розмитими (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Статистично значущі відмінності під час сприйняття серії із представленням нейтральних рідкісних стимулів серед нейтральних розмитих негативних супроводжувалося найбільш промовистими змінами в  $\alpha$ -1 ( $z=-2,456$ ,  $p<0,05$ ) коливальному піддіапазоні (рис. 4.9). Так, дані чоловічої групи характеризувалась падінням значенням показника масштабування  $\alpha$  у скроневої ділянці кори у вибірці П/В порівняно із Д/В, із асоційованим стійким наростанням впорядкованості сигналу. Дане явище може позначати процес активного гальмування очевидних або сильних асоціацій, оскільки це відбувається при вигальмовуванні впливу інших внутрішніх або зовнішні дистракторів. Потужність коливань в  $\alpha$ -діапазоні, особливо із правосторонньою латералізацією, збільшується під час дивергентного (здатності продукувати значну кількість оригінальних ідей) і конвергентного (тобто здатність підібрати єдине правильне рішення) процесів творчого мислення через наростання необхідності у зосередженні у внутрішньо направленої уваги [204].

В той же час, у тому ж піддіапазоні електричної активності в жіночій групі спостерігалось значуще підвищення ( $z=-2,673$ ,  $p<0,05$ ) значення коефіцієнта  $\alpha$  у  $\alpha$ -2 піддіапазоні, локалізоване в потиличній ділянці неокортексу у вибірці П/В відносно Д/В, що відповідало наростанню нестационарних властивостей сигналу. Вважається, що підвищена альфа-активність дозволяє ефективніше пригнічувати відволікаючі візуальні стимули поза полем спостереження [197]. Цей результат узгоджується з більш загальним спостереженням про те, що внутрішнє зміщення фокусу уваги в бік розумових операцій (як у завданнях розумового обертання, візуальних образів та інших завдань із високим навантаженням на робочу пам'ять) зазвичай супроводжується збільшенням  $\alpha$ -потужності в потиличних областях, тобто пригнічується сенсорна обробка та зменшується загальна здатність обробляти сенсорні події [205]. Відповідно, зменшення ступеню передбачуваності поведінки сигналу позначає падіння ефективності регуляції візуальної робочої пам'яті.

Більше того, можна зазначити, що стан П/В для жіночої групи характеризувалась наростанням значенням показника  $\alpha$  в потиличних зонах кори у  $\alpha$ -1 піддіапазоні ( $z=1,784$ ,  $z<0,05$ ) якщо проводити порівняння між ЕЕГ-даними чоловічої та жіночої груп, отриманими після початку повномасштабного вторгнення (рис. 4.10), що можна

пов'язати із нижчою передбачуваністю роботи нейромережі уваги [199]. Окрім цього, співставлення розподілу показника масштабування у чоловіків та жінок Д/В виявило значущо вищі значення коефіцієнта  $\alpha$  ( $z=2,885$ ,  $p<0,05$ ) в  $\beta$ -2 піддіапазоні для жіночої групи, локалізоване в центрально-парієтальних ділянках кори з тяжінням до правосторонньої латералізації, що може позначати зниження низхідної емоційної регуляції [202].

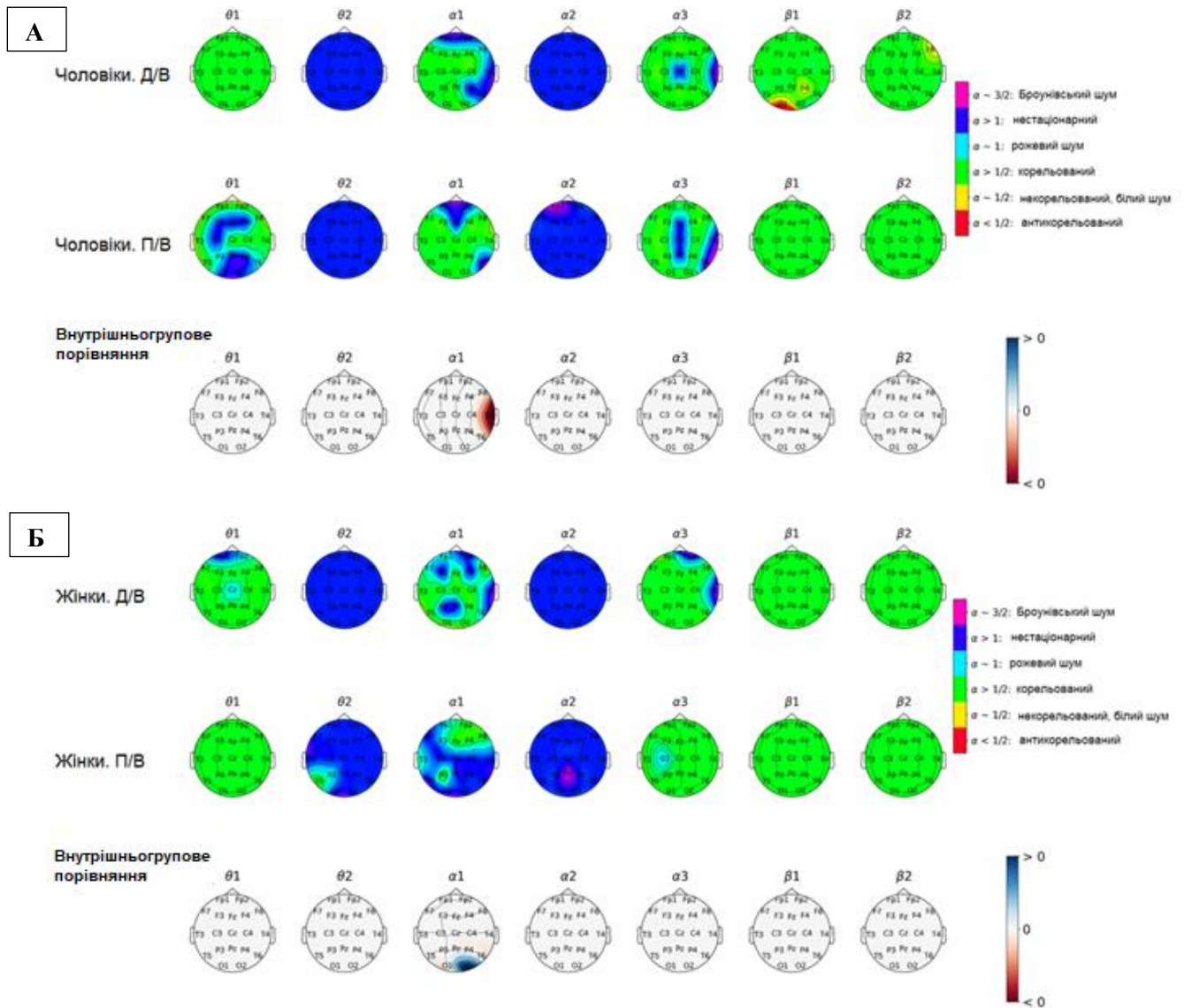


Рис. 4.9 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними розмитими (рідкісними) та негативними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

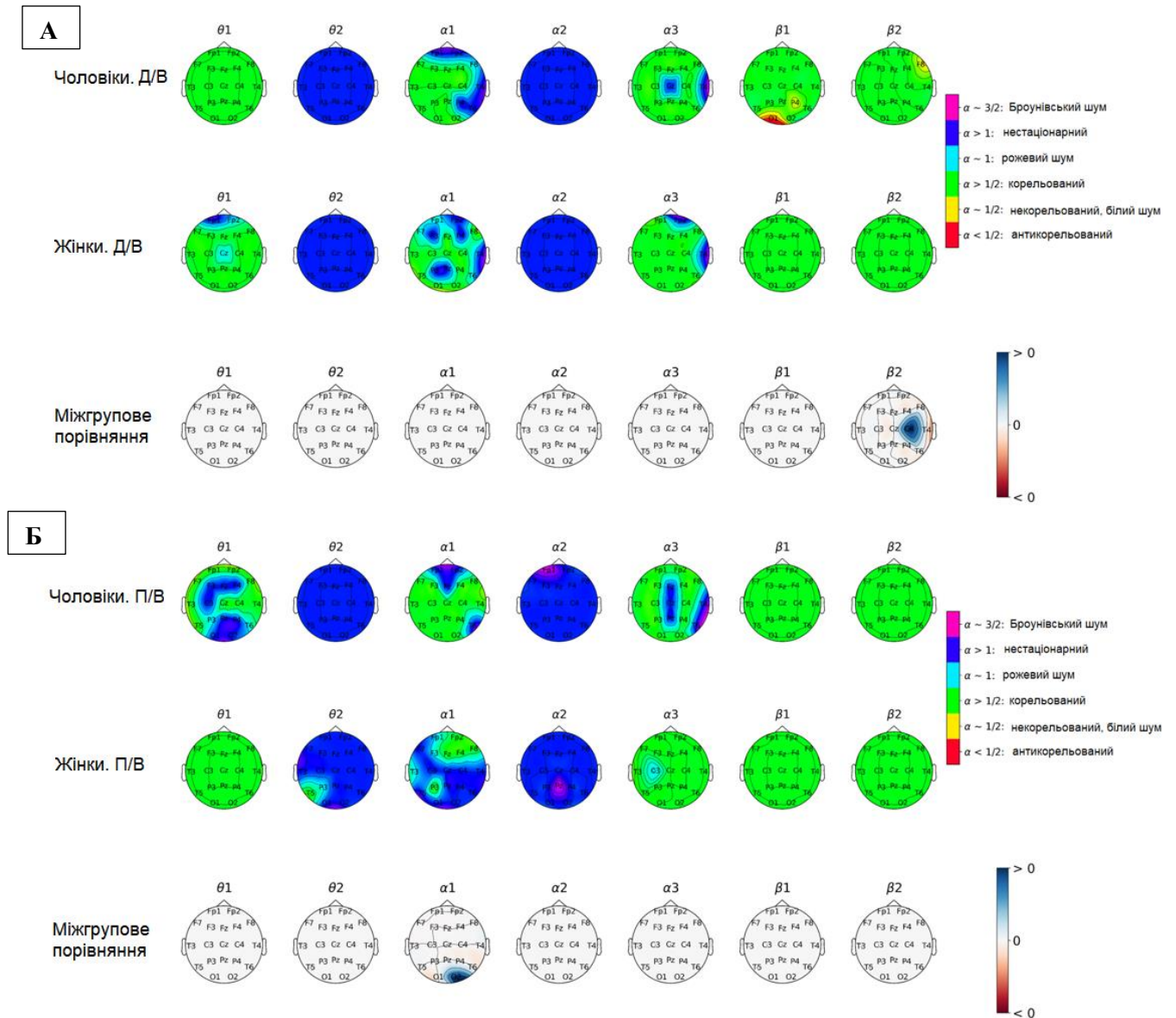


Рис. 4.10 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними розмитими (рідкісними) та негативними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Демонстрація нейтральних (рідкісних) стимулів на фоні розмитих негативних зображень, в свою чергу, супроводжувалась формуванням цілого ряду значущо відмінних ділянок (рис. 4.11). Так, порівняння груп Д/В і П/В для чоловіків виявило наростання значень показника масштабування  $\alpha$  в  $\beta$ -2 піддіапазоні активності, локалізоване в потиличному відведенні справа. Дане явище можна пов'язати із проявом активного виконавчого контролю під час виконання завдання із візуальним компонентом [206]. В той же час, подібне порівняння проведене для даних жіночої групи, виявило відмінності в  $\alpha$  та  $\theta$  діапазонах активності. Зокрема, в  $\theta$ -1 піддіапазоні було зареєстровано значуще падіння значення коефіцієнта  $\alpha$  в центральній ділянці кори ( $z=2,332$ ,  $p<0,05$ ), із набуттям сигналом властивостей корельованості, що позначає активну роботу системи внутрішньої уваги та підтримки емоційного фону виконання завдання [207]. У  $\alpha$ -3 піддіапазоні спостерігалось наростання нестационарності патернів коливань в задньолобових відведеннях кори справа в групі П/В ( $z=-1,998$ ,  $p<0,05$ ), тобто значення коефіцієнту  $\alpha$  зростало, що може виступати на позначення активного контролю над роботою оперативної пам'яті [201].

Порівняння довоєнних вибірок даних між групами чоловіків та жінок не виявило ділянок значущої відмінності (рис. 4.12). Втім, інша картина спостерігалася у випадку записів у період повномасштабного вторгнення. Із отриманих теплових карт можна виділити основні відмінності в розподілі показника масштабування в  $\alpha$ - та  $\beta$ - діапазонах активності. Так, в  $\alpha$ -1 діапазоні спостерігалось зростання значень коефіцієнту  $\alpha$  в жіночій групі, зосереджене в центральній тім'яній та правій задньолобовій ділянках кори ( $z=-2,113$ ,  $p<0,05$ ). Разом з тим, в  $\alpha$ -3 та  $\beta$ -2 піддіапазонах активності спостерігались протилежні зміни: патерн коливального процесу в каудальних ділянках кори тяжів до падіння значення  $\alpha$  в рамках генералізовано корельованої природи електричної активності ( $z=1,564$ ,  $z<0,05$  для  $\alpha$ -3 та  $z=1,748$ ,  $p<0,05$  для  $\beta$ -2 відповідно). Всі перелічені аспекти підкреслюють більш ефективну роботу системи уваги та оперативної пам'яті в жіночій групі в стані П/В [199, 202].

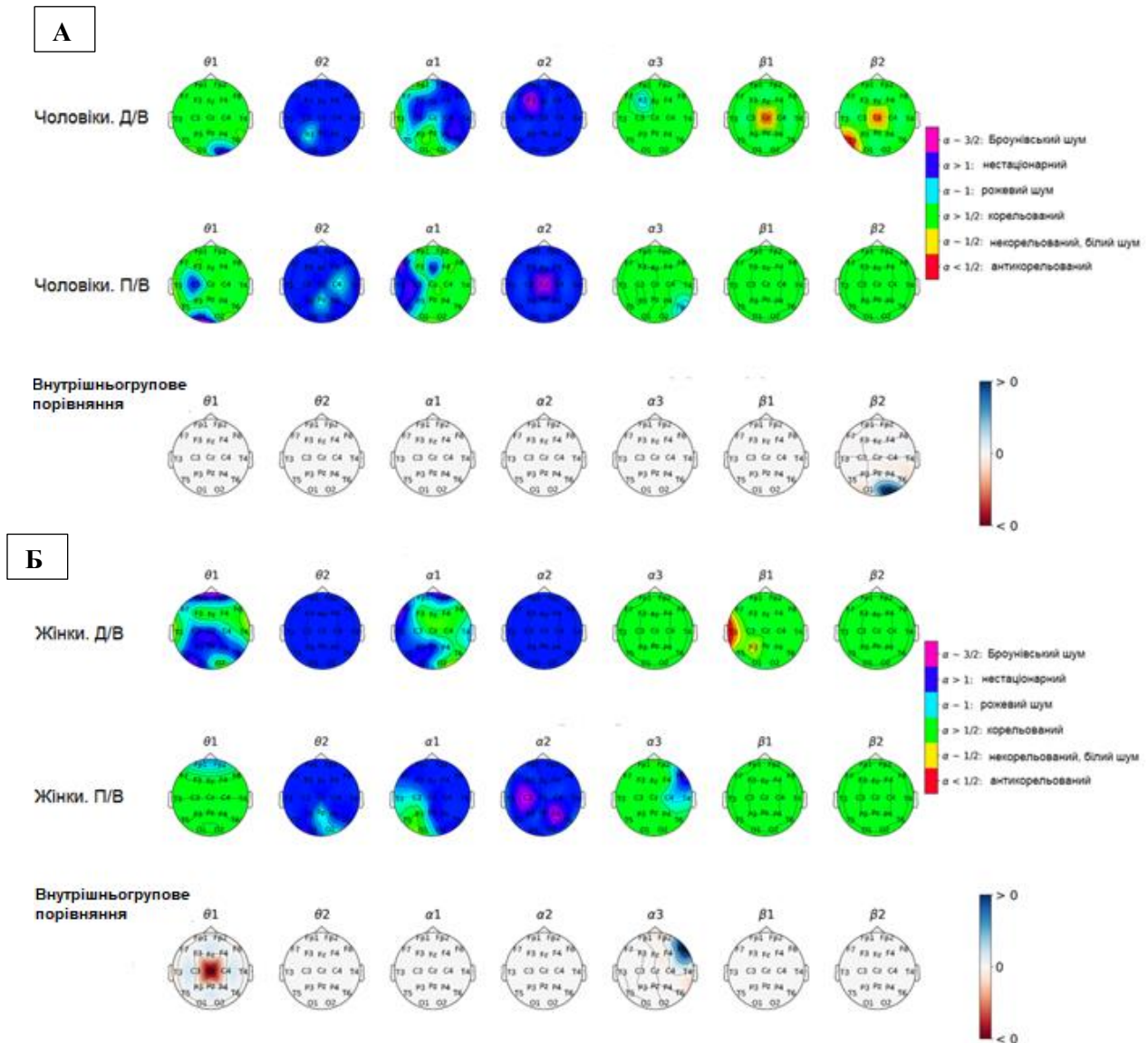


Рис. 4.11 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та негативними розмитими(частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

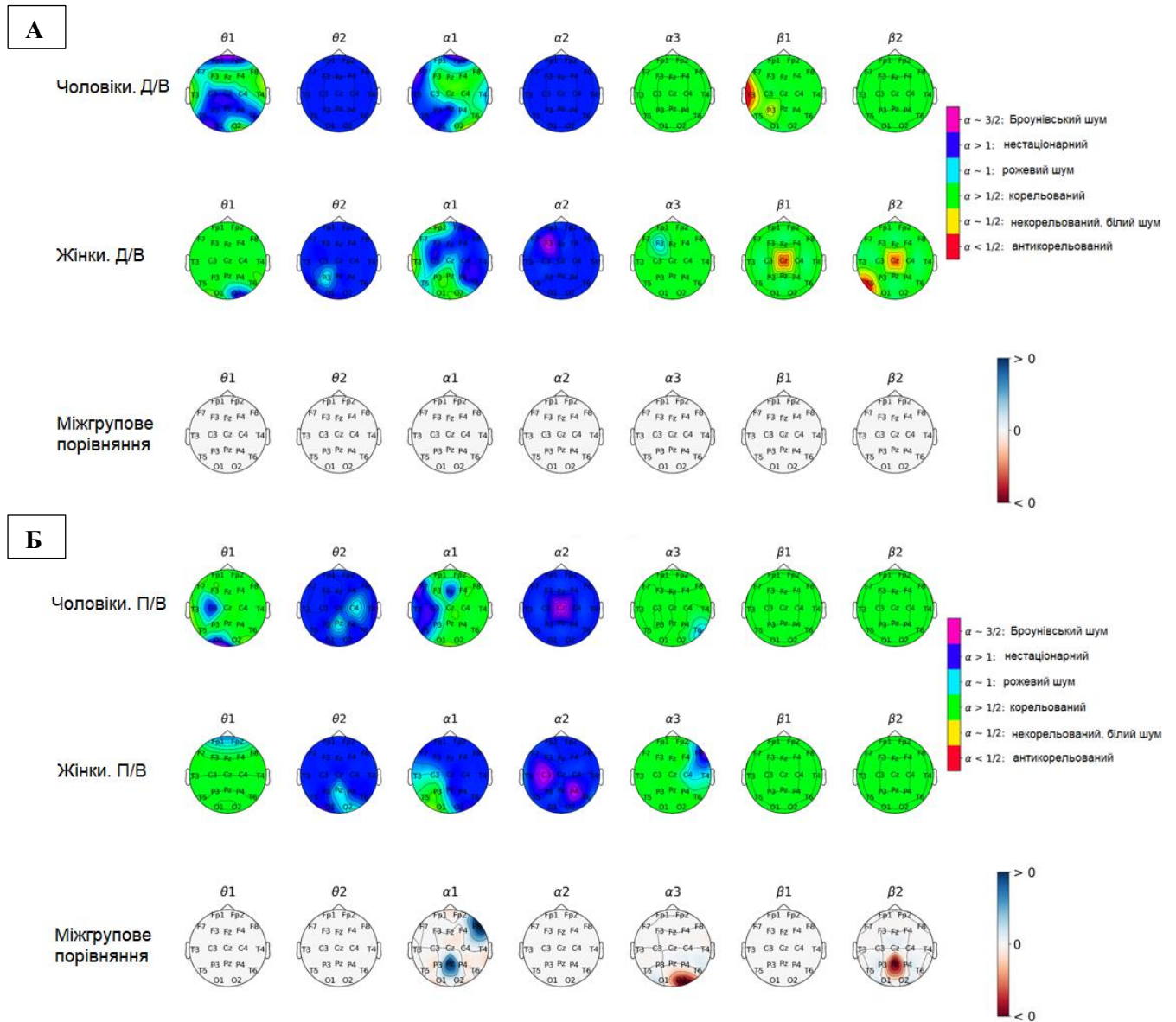


Рис. 4.12 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та негативними розмитими (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Теплові мапи топографічного розподілу показника  $\alpha$ , отримані для серії із рідкісними нейтральними розмитими і частими позитивними стимулами для чоловічої групи Д/В та П/В, не продемонстрували статистично значущих відмінностей (рис. 4.13). В жіночій групі натомість можна було спостерігати зростання значення показника  $\alpha$  в  $\beta$ -1,2 піддіапазонах для групи П/В ( $z=2,561$ ,  $p<0,05$  та  $z=2,543$ ,  $p<0,05$ , відповідно). Зокрема, для  $\beta$ -1 піддіапазону відмічався перехід від антикорельованого до корельованого патерну коливань в скроневій ділянці неокортексу з правосторонньою латералізацією. Також тенденцію до зростання показника масштабування можна було відмітити для  $\beta$ -2 піддіапазону активності в лобових ділянках кори обох півкуль та скронево-тім'яній області лівої півкулі. Як і у випадку попередньої стимуляційної серії, можна припустити, що група жінок в стані П/В (у даному випадку – відносно стану Д/В) позначалася посиленням роботи системи зовнішньо направленої уваги, top-down контролю та оперативної пам'яті [196].

На рисунку 4.14 можна помітити відсутність статистично значущих відмінностей між групами чоловіків та жінок як до, так і після початку повномасштабного військового вторгнення рф в Україну.

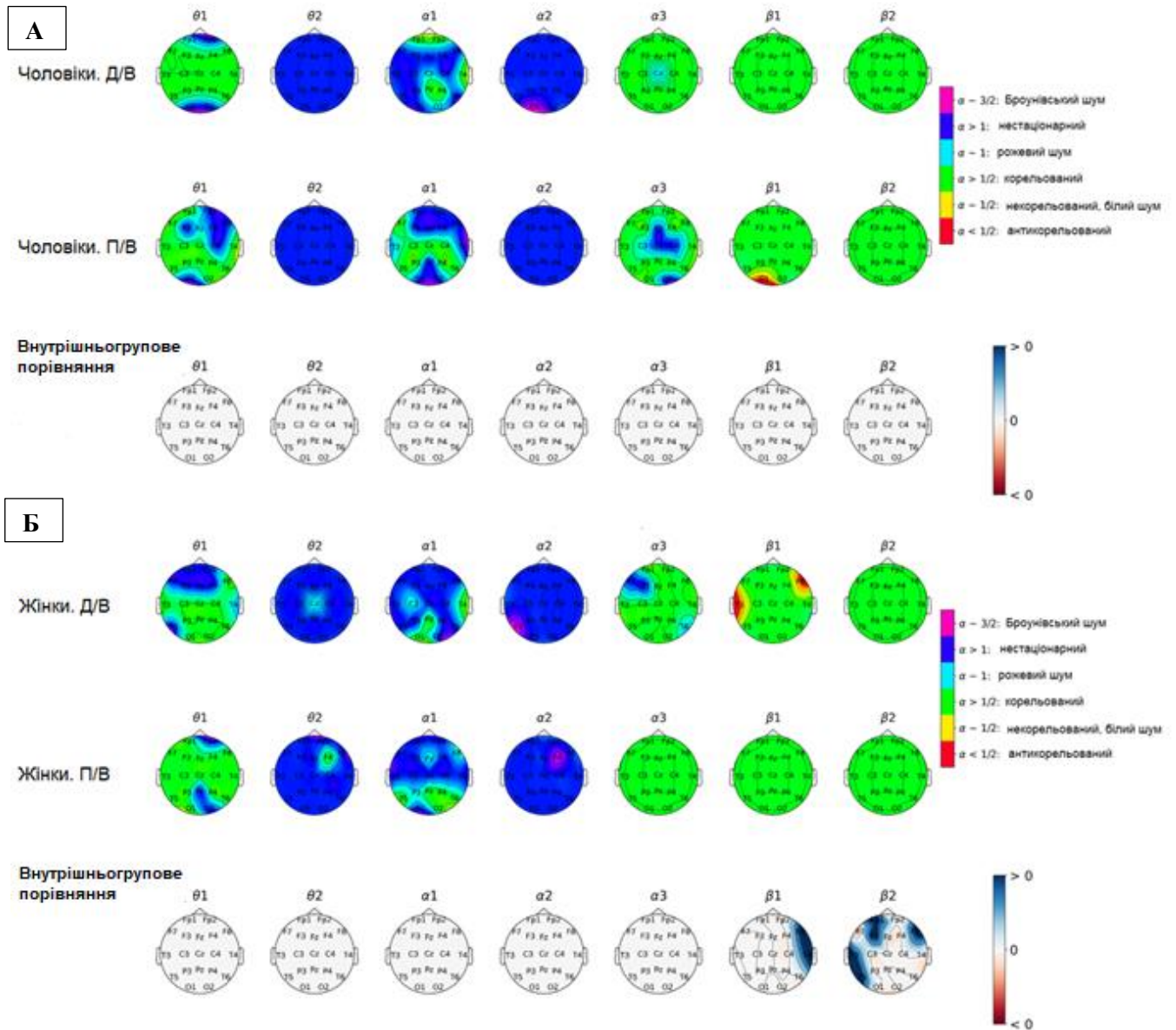


Рис. 4.13 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними розмитими (рідкісними) та позитивними (частими) стимулами у (А) групі (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

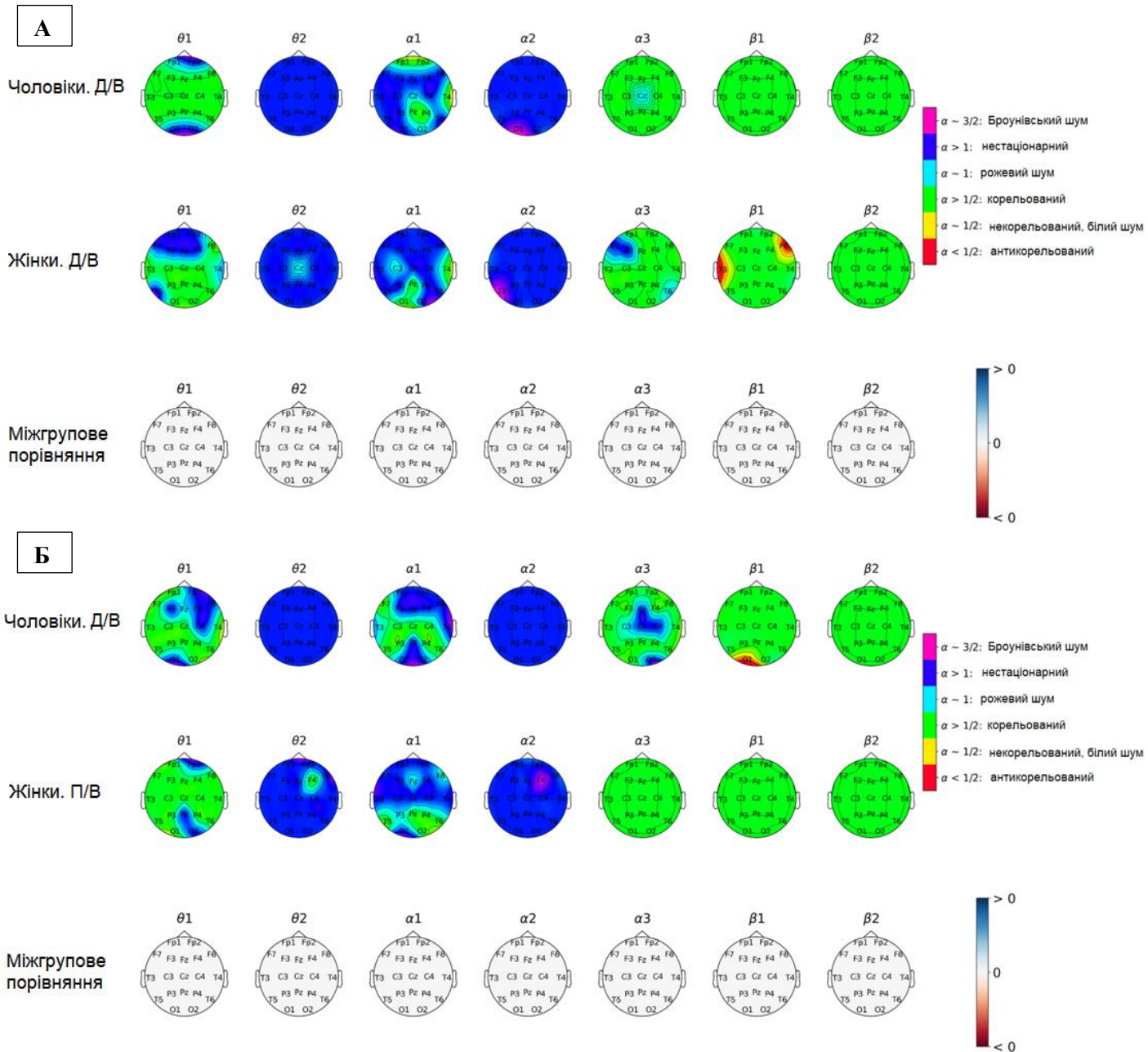


Рис. 4.14 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними розмитими (рідкісними) та позитивними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння».

Вираженої різниці між варіантами топографічного розподілу показника  $\alpha$  в серії із демонстрацією нейтральних стимулів в якості рідкісних у середовищі розмитих позитивних зображень виявлено не було при порівнянні Д/В та П/В для чоловіків та жінок окремо (рис. 4.15). Втім, можна відмітити, наприклад, протилежну динаміку поведінки сигналу, зокрема, в групах Д/В та П/В у чоловіків в  $\beta$ -діапазоні електричної активності. Таким чином, в  $\beta$ -1 діапазоні активності у фронтальних ділянках кори осередок антикорельованості з'являється в пулі П/В, а в  $\beta$ -2 – зникає. Патерни активності в інших діапазонах та групах характеризувались переважно поєднанням нестационарності та корельованості. Проте, в групі жінок П/В можна відмітити певне тяжіння до проявів активності в броунівській частині спектра, локалізоване в лобових ділянках кори у  $\alpha$ -2 коливальному діапазоні.

У випадку проведення порівняння муж групами обстежуваних чоловіків та жінок Д/В (рис. 4.16) відмічалось нижче значення показника масштабування  $\alpha$  в тім'яній корі лівої півкулі у жінок ( $z=2,136$ ,  $p<0,05$ ), в  $\alpha$ -2 піддіапазоні позначаючи тенденцію переходу від броунівського шуму до сигналу нестационарної природи. Таким чином, можна припустити посилення функціонування ворітного механізму уваги [201]. Окрім цього, порівняння чоловіків та жінок П/В продемонструвало значущо вище значення коефіцієнта масштабування  $\alpha$  в жіночій групі ( $z=-1,998$ ,  $p<0,05$ ), локалізоване в центральних і центрально-тім'яних, а також лівій скроневій корі лівої півкулі, – таким чином, поведінка сигналу в даних кортикальних областях відповідала параметрам нестационарного сигналу у жінок, корельованого сигналу – у чоловіків. Тобто, чоловіча група характеризувалася більшою стабільністю та прогнозованістю роботи систем уваги та пам'яті, реалізації когнітивних функцій через кортико-гіпокампальні взаємодії та інтегративною з точки зору функціональних зв'язків між різними кірковими та підкірковими структурами [199].

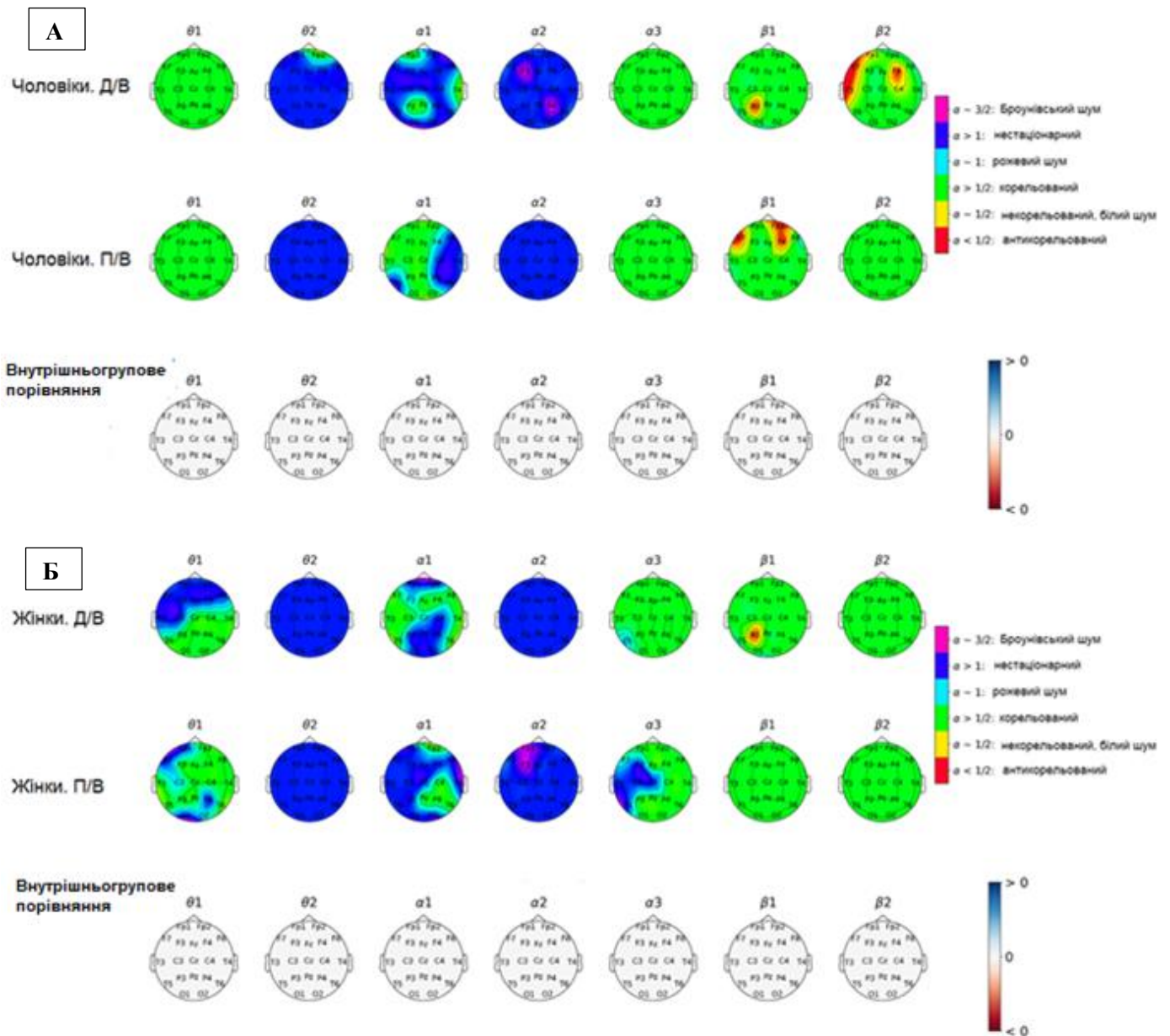


Рис. 4.15 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та позитивними розмитими (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння».

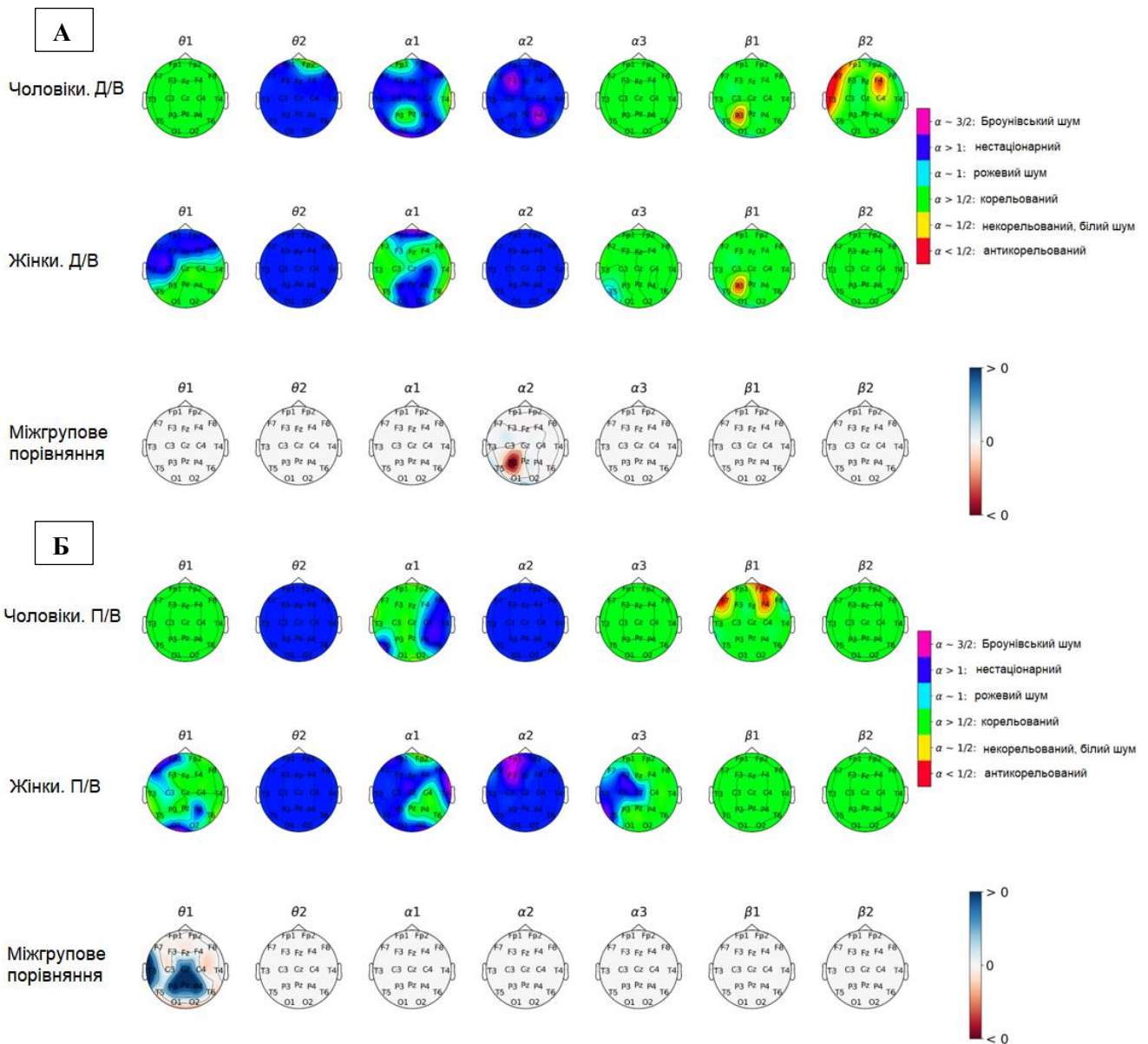


Рис. 4.16 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та позитивними розмитими (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Особливості поведінки ЕЕГ-сигналу під час перегляду серії із рідкісними розмитими позитивними обличчями, представленими серед частих нейтральних (рис. 4.17), в основному збігалися з описаними для попереднього набору даних (рис. 4.15). Разом з тим, спостерігалися відмінності в поведінці сигналу в  $\beta$ -2 піддіапазоні активності. Так, ЕЕГ-дані чоловіків П/В характеризувалися зростанням значення показника масштабування  $\alpha$  порівняно з Д/В у центральних та задніх лівих тім'яних областях кори ( $z = -2,067$ ,  $p < 0,05$ ). Таким чином, коливання переходили від антикорельованої частини спектра до корельованої, що може відображати більшу прогностичну стабільність процесів, пов'язаних із top-down контролем, нестійкість процесів обробки та інтеграції вхідної інформації [204].

Окрім цього, можна зазначити відмінність у параметрах коливань в  $\theta$ -2 діапазоні електричної активності при порівнянні груп чоловіків та жінок П/В (рис. 4.18, Б). Жіноча група П/В характеризувалась зростанням значень коефіцієнта  $\alpha$  ( $z = 1,651$ ,  $p < 0,05$ ) у лобових відведеннях так, що сигнал генералізовано переходив за параметрами в діапазон нестаціонарності, що може відображати зниження прогнозованості функціонування зовнішньо направленої довільної уваги [207].

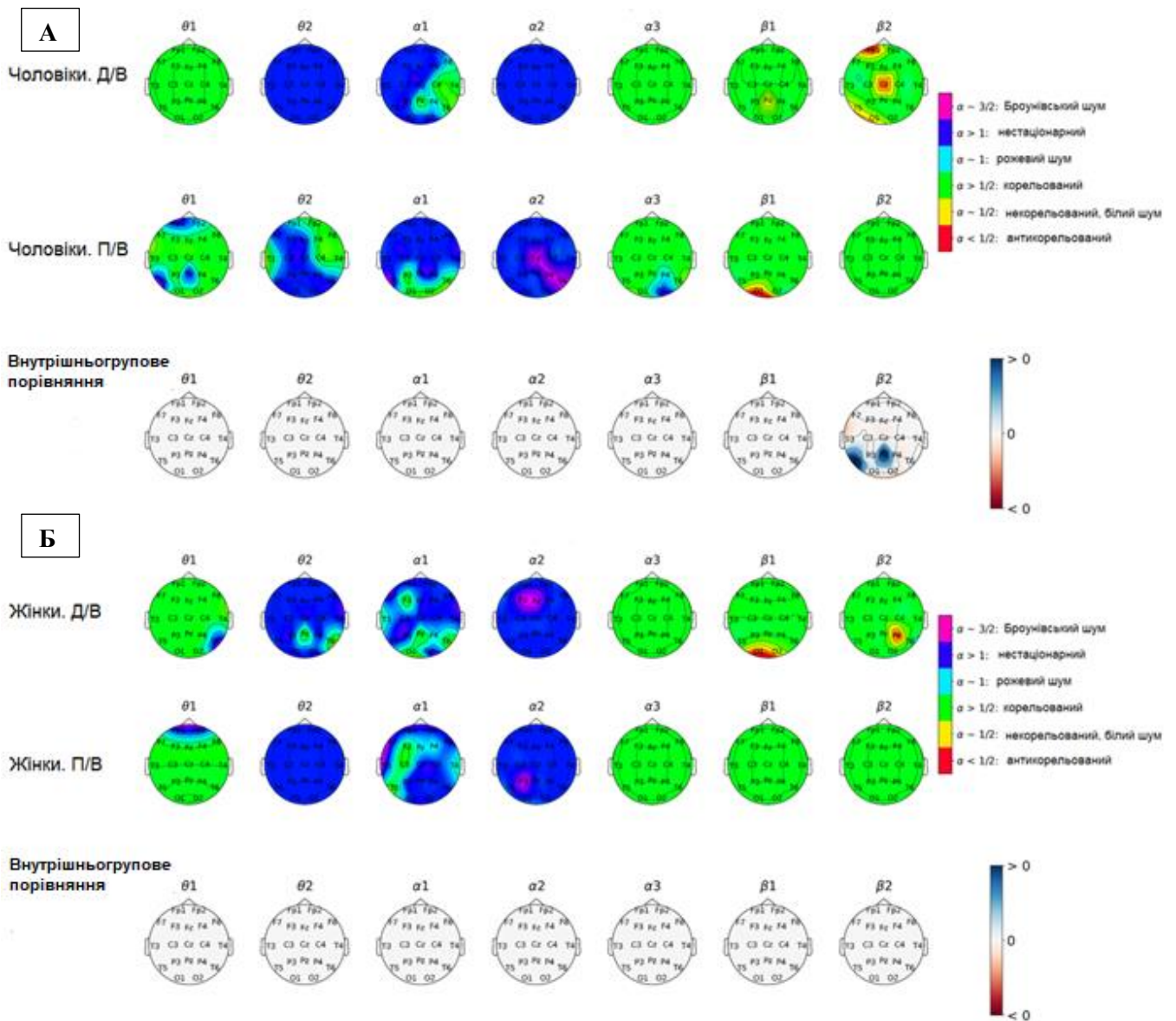


Рис. 4.17 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними розмитими (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

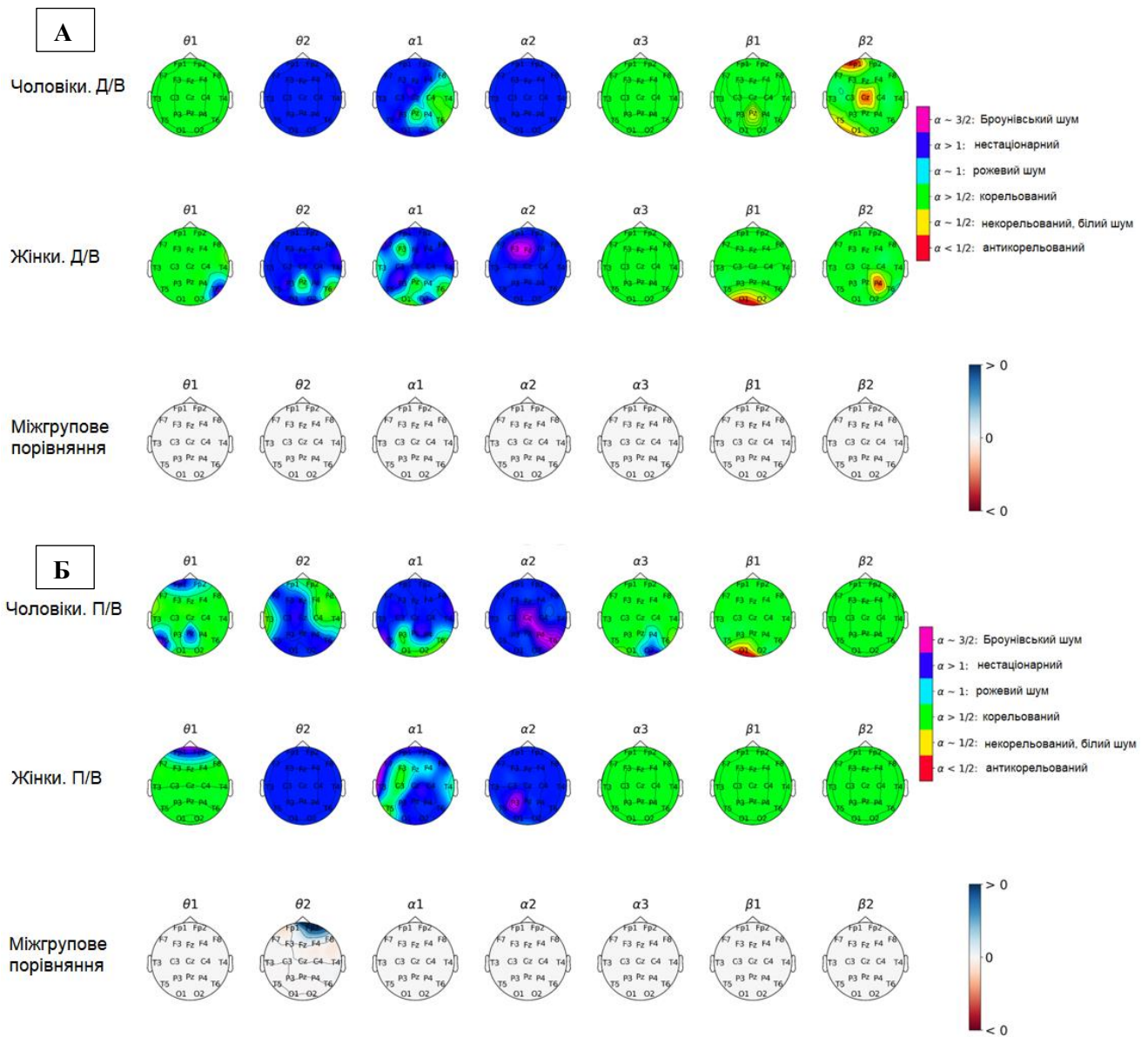


Рис. 4.18 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними розмитими (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Зрештою, серія із демонстрацією позитивних облич серед частих розмитих нейтральних стимулів супроводжувалася цілим рядом особливостей у патерні ЕЕГ-сигналу. По-перше, варто відмітити співставність патернів поведінки сигналу у групах чоловіків Д/В і П/В та жінок Д/В і П/В (рис. 4.19, А, Б) в  $\alpha$ -1 піддіапазоні активності. Було виявлено, що і чоловіки, і жінки у вибірці, сформованій до початку повномасштабного вторгнення, демонстрували вищі значення показника  $\alpha$  у центральній лобовій ділянці неокортексу ( $z=2,341$ ,  $p<0,05$  та  $z=2,881$ ,  $p<0,05$ , відповідно), а біоелектрична активність за своїми параметрами відносилась до нестационарного сигналу. Водночас з цим, в обох групах після початку війни спостерігався перехід сигналу до показників корельованого сигналу. Дане явище, пов'язане із повільним фронтальним  $\alpha$ -ритмом, може бути пов'язаним із залученням та оптимізацією більших ресурсів для обробки сенсорної інформації [199].

Проведення порівняння даних, отриманих до війни, у чоловічій та жіночій групі (рис. 4.20, А) виявив ряд достовірних відмінностей в  $\alpha$  та  $\beta$  діапазонах активності. Так, жіноча група характеризувалась значущо вищими значеннями показника  $\alpha$ , розташованими скроневій ділянці кори правої півкулі в  $\alpha$ -1 піддіапазоні ( $z=2,823$ ,  $p<0,05$ ), відображаючи тяжіння патерну біоелектричної активності до параметрів нестационарності, що загалом може позначати менш прогнозовану поведінку активності з точки зору функціонального інгібування даної ділянки кори. Окрім цього, в обох піддіапазонах  $\beta$ -коливання в групі жінок спостерігалось оформлення локусів антикорельованого сигналу в каудальних областях кори (в центральній-тім'яній – для  $\beta$ -1  $z=3,157$ ,  $p<0,05$ ; в лівійтім'яній – для  $\beta$ -2,  $z=2,778$ ,  $p<0,05$ ) на фоні генералізованого стійкого корельованого сигналу. Сукупність наведених відмінностей зниження прогнозованості та більшу лабільність функціонування систем уваги та пам'яті [200, 202].

Порівняння активності в чоловічій та жіночій групах П/В продемонструвало присутність ділянки статистично значущої різниці між значеннями коефіцієнту  $\alpha$  в  $\alpha$ -3 піддіапазоні активності ( $z=2,656$ ,  $p<0,05$ ) втім'яній області кори лівої півкулі. Тут ЕЕГ-дані жіночої групи відповідали за своїми параметрами до нестационарному сигналу, в той час як чоловіки характеризувались розповсюдженим по скальпу корельованим

сигналом в  $\alpha$ -3 піддіпазоні. Це може відобразити оптимізацію пам'ятного сліду в процесі роботи уваги, сканування середовища та антиципацію наступного стимулу [201].

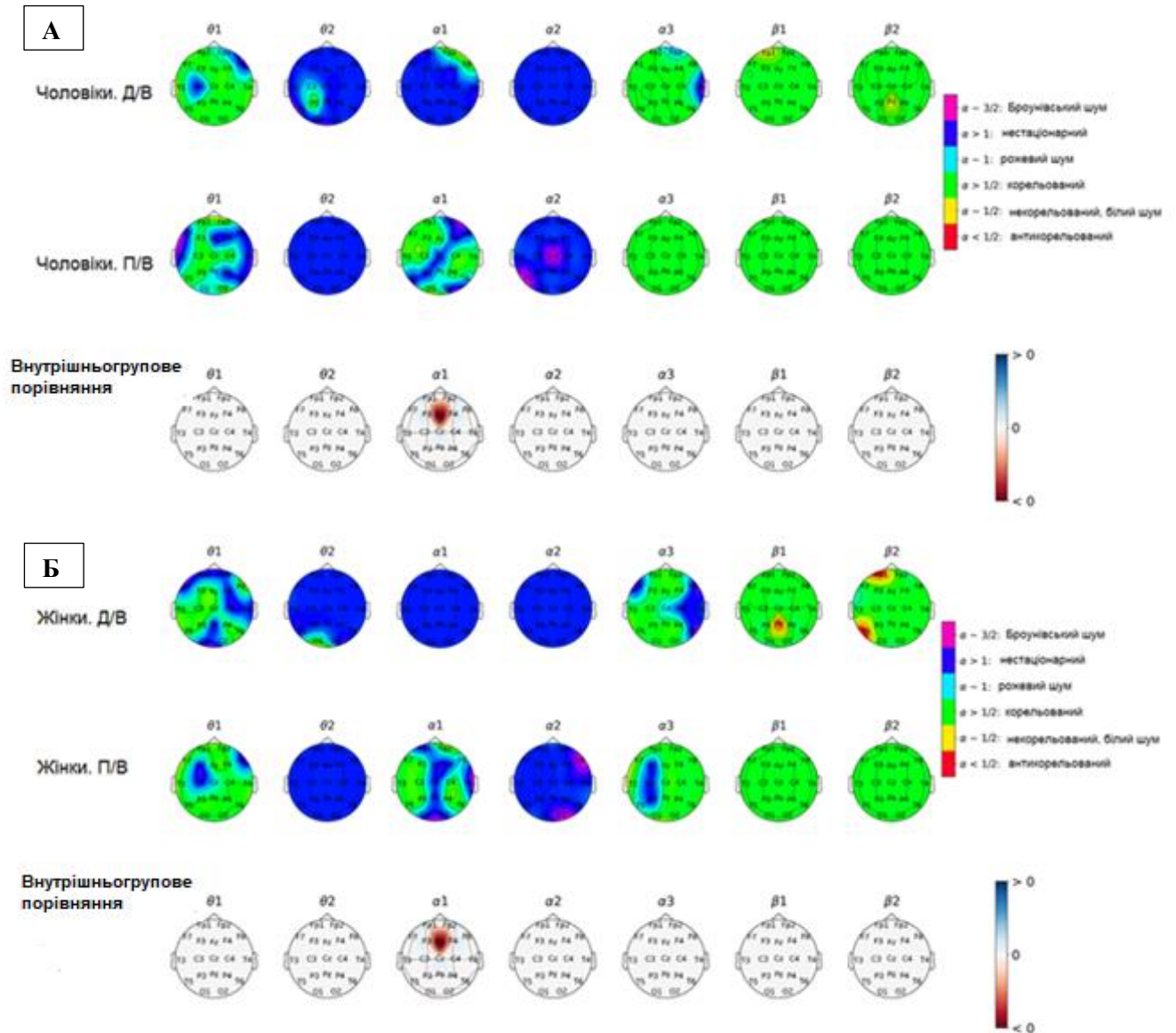


Рис. 4.19 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними (рідкісними) та нейтральними розмитими (частими) стимулами у (А) групі до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

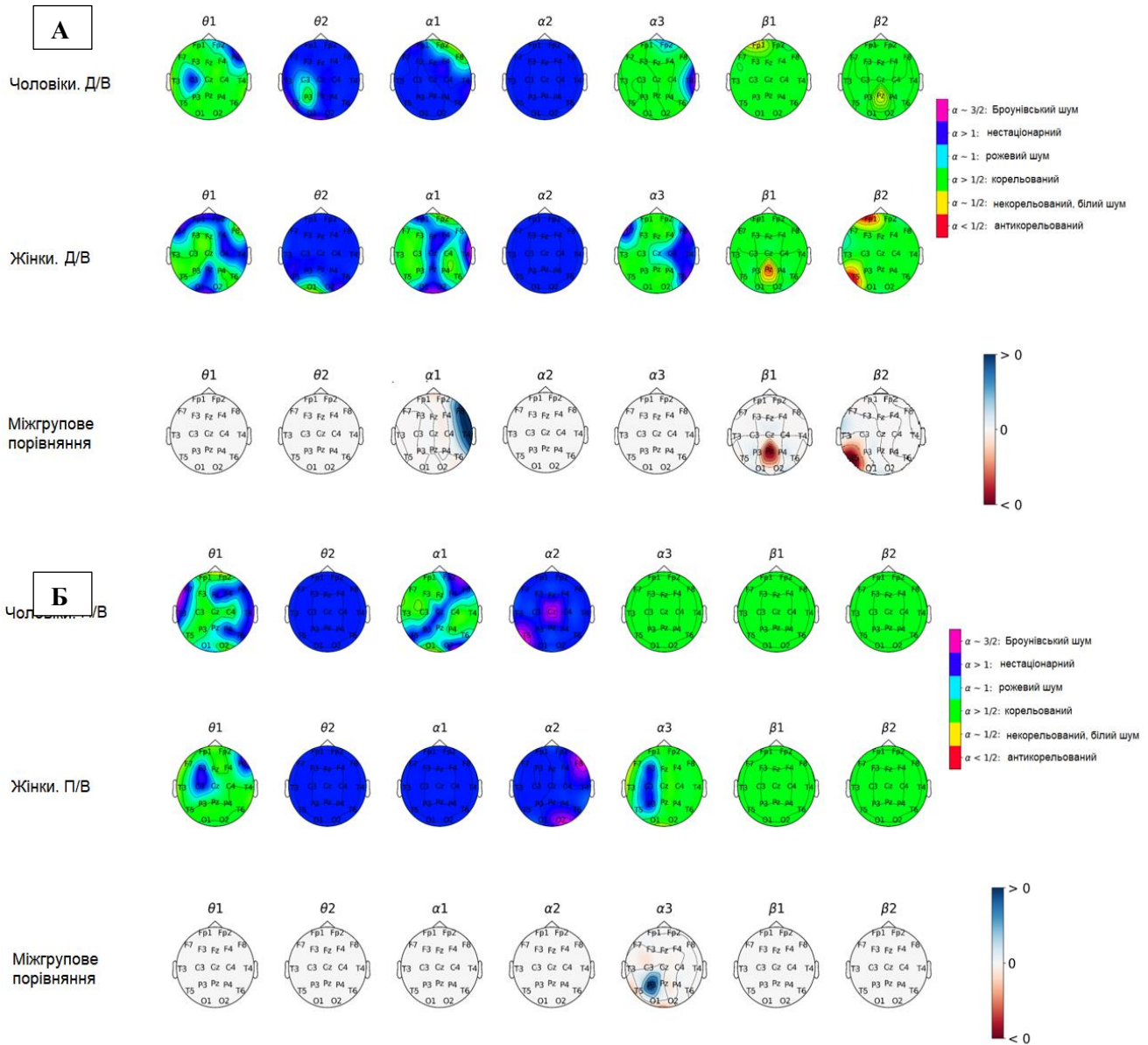


Рис. 4.20 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними (рідкісними) та нейтральними розмитими (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Отже, можна відмітити, що при використанні алгоритму НКС можна було спостерігати ефект, описаний для і для третього розділу дослідження: результати міжгрупового порівняння у станах Д/В та П/В характеризувалось менш значущими відмінностями, аніж внутрішньогрупове порівняння для даних, отриманих до та під час війни. Окрім цього, жіноча група позначалася більшою реактивністю для комбінацій із негативними зображеннями (рис. 4.12), в той час як сприйняття серій із позитивними зображеннями характеризувалось більшою стійкістю роботи систем уваги та пам'яті для чоловічої групи (рис. 4.20). Також можна відмітити, що жіноча група в стані П/В (рис. 4.7-4.12) характеризувалася посиленою регуляцією роботи систем уваги та оперативної пам'яті, посиленням скануванням зовнішнього середовища та оперування візуальними образами.

### **4.3 Дослідження експериментальної серії із перемішаними обличчями**

Пред'явлення негативних перемішаних облич серед нейтральних у якості нейтральних стимулів (рис.4.21) не характеризувалось присутністю значущих відмінностей між вибірками Д/В та П/В в групі чоловіків. Водночас, жіноча група позначалася відмінностями в динаміці патерну коливального процесу в  $\beta$ -2 піддіапазоні активності ( $z=2,137$ ,  $p<0,05$ ). Так, ЕЕГ-дані отримані до початку повномасштабного вторгнення тяжіли до антикорельованості в задньолобовій ділянці кори правої півкулі, проте в даних воєнного періоду сигнал демонстрував властивості корельованості генералізовано по скальпу. Таким чином, можна припустити, що стабілізація і впорядкування поведінки сигналу в  $\beta$ -2 піддіапазоні відображає посилення процесів, пов'язаних із оцінкою значущості стимулу, контроль над функціями уваги та пам'яті, інтеграцією вхідної сенсорної інформації [202].

Міжгрупове порівняння для обстежуваних чоловічої та жіночої статей ділянок статистичної значущості не виявило (рис.4.22).

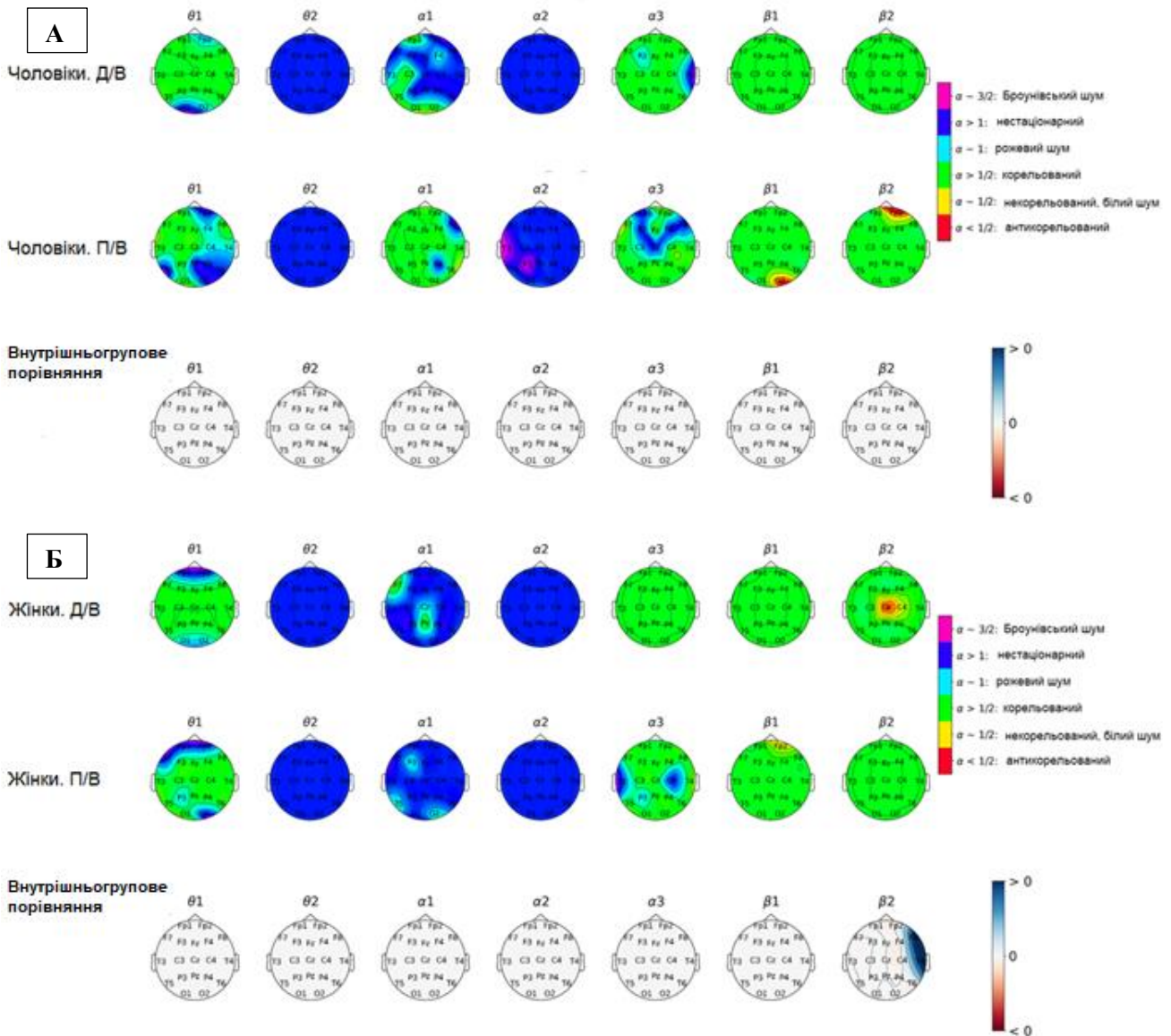


Рис. 4.21 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними перемішаними (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

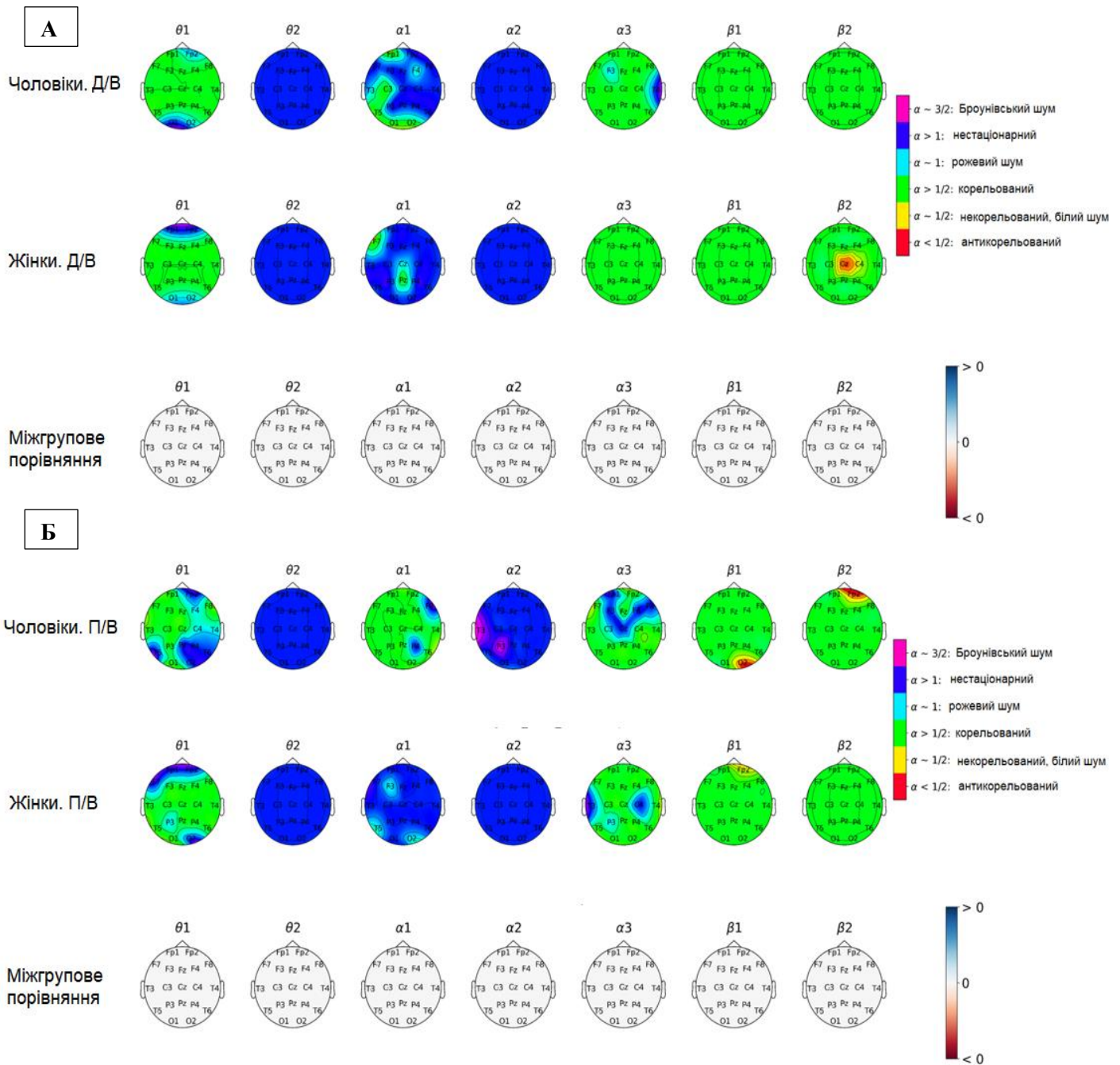


Рис. 4.22 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними перемішаними (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння».

На рисунку 4.23 відображено розподіл значень показника масштабування  $\alpha$  при перегляді серії із рідкісними негативними обличчями, представленими серед частих перемішаних зображень. Можна відмітити, що в жіночій групі статистично значущі відмінності у значенні  $\alpha$  спостерігалися в  $\alpha$ -2 піддіапазоні електричної активності ( $z=2,669$ ,  $p<0,05$ ). У даних, отриманих в групі під час повномасштабного вторгнення, відмічено утворення осередку зростання показника масштабування  $\alpha$  в правій тім'яній області неокортексу, при генералізовано нестаціонарному патерні сигналу в корі.

Разом з тим порівняння чоловічої та жіночої групи Д/В (рис. 4.24) виявило вогнище падіння значення коефіцієнту  $\alpha$  в жіночій групі у  $\alpha$ -2 піддіапазоні ( $z=2,554$ ,  $p<0,05$ ), так само локалізоване в правосторонньому тім'яному відведенні на фоні неспецифічного розповсюдження по скальпу нестаціонарного сигналу, що можна пов'язати із підсиленням роботи ворітного механізму уваги – локалізація  $\alpha$ -активності спрямована на підсилення обробки релевантної інформації і вигальмовування вхідної інформації, що не стосується виконання завдання, активне функціональне переключення [201].

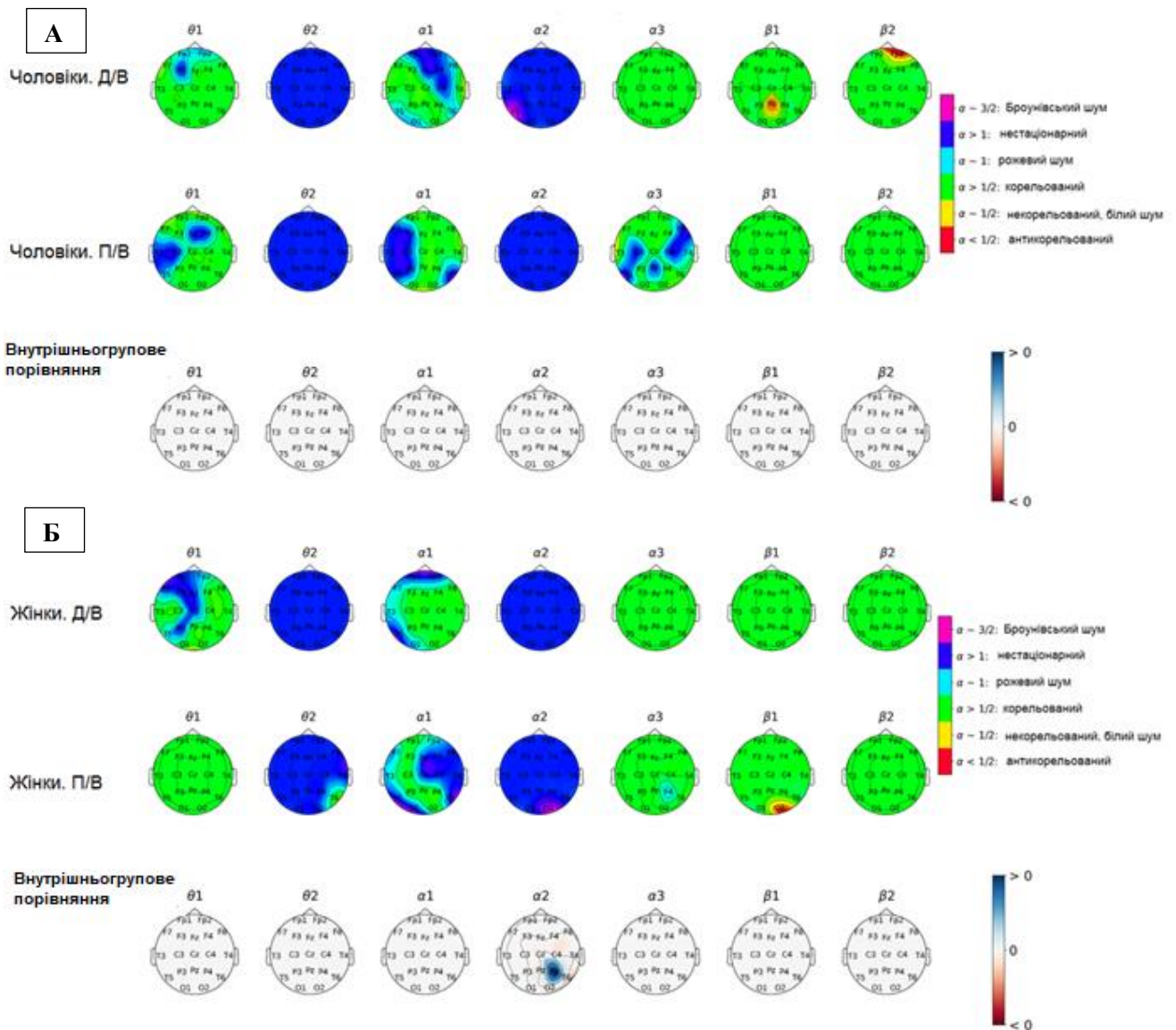


Рис. 4.23 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із негативними (рідкісними) та нейтральними перемішаними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та його відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

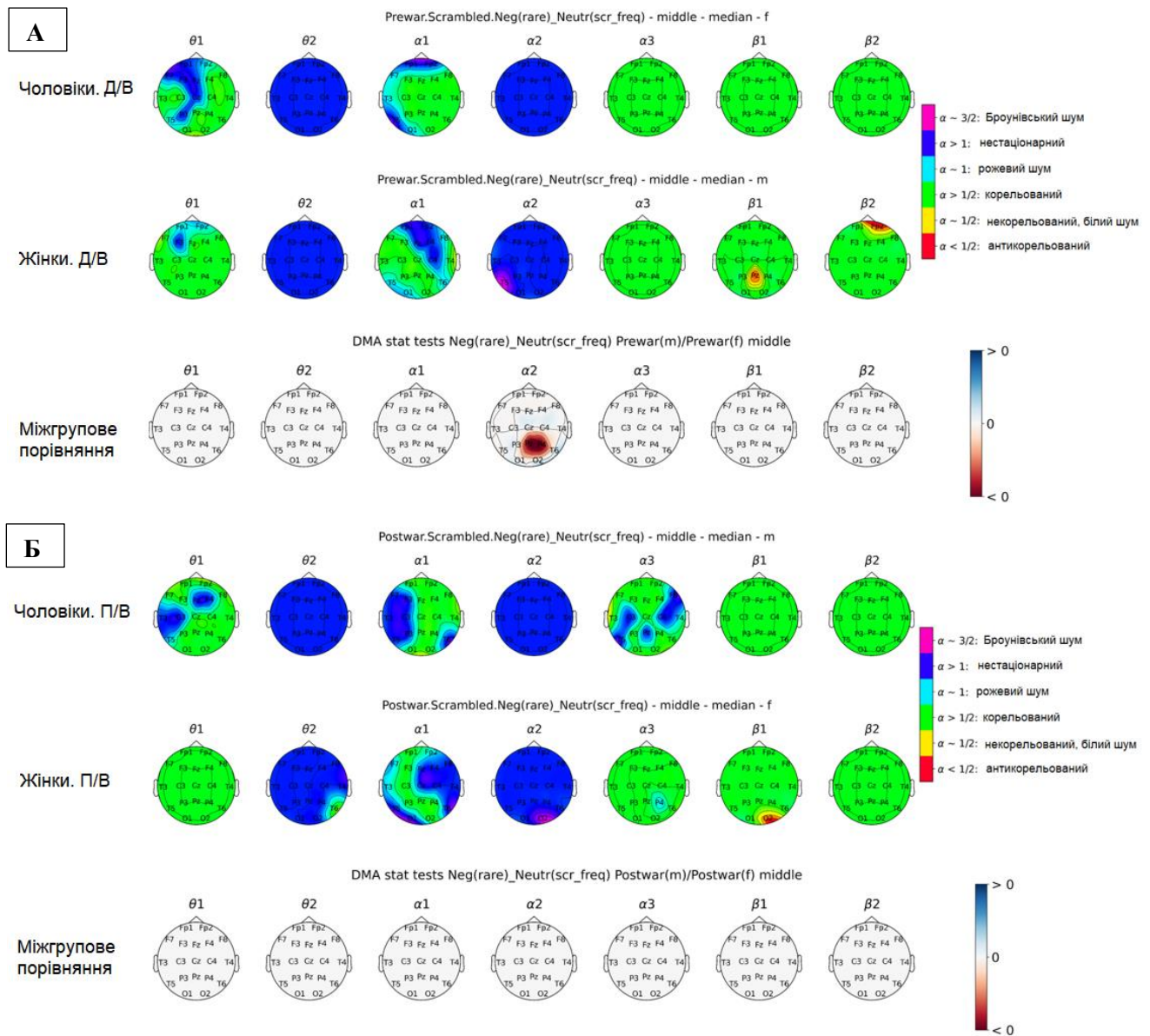


Рис. 4.24 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду із негативними (рідкісними) та нейтральними перемішаними (частими) стимулами (А) у чоловічій (n=21) і жіночій (n=22) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій (n=19) і жіночій (n=21) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Теплові мапи, отримані під час аналізу серії пред'явлень нейтральних перемішаних облич серед негативних частих (рис. 4.25, 4.26), виявили ряд значущих відмінностей як при міжгруповому, так і при внутрішньогруповому аналізі.

При внутрішньогруповому порівнянні результатів обстеження для чоловіків Д/В і П/В (рис. 4.25, А) було відмічено наростання нестационарності нейродинаміки в правій тім'янопо-тиличній ділянці кори в стані П/В у  $\theta$ -1 піддіапазоні коливань ( $z=-2,965$ ,  $p<0,05$ ), одночасно із падінням значення коефіцієнта  $\alpha$  в лівій передньоскроневої області кори у  $\alpha$ -3 піддіапазоні (в рамках параметрів корельованого сигналу,  $z=1,345$ ,  $p<0,05$ ), що може відображати нестабільність роботи мережі, пов'язаної із розлогим когнітивним аналізом інформації та її усвідомленням [200]. Дане припущення узгоджується із результатами, отриманими для значення коефіцієнту  $\alpha$  в лівій задньолобовій ділянці кори; так, дані чоловічої групи, отримані під час повномасштабного вторгнення, демонстрували значуще зниження коефіцієнта  $\alpha$  у вищезгаданій ділянці в  $\alpha$ -3 піддіапазоні, що може відображати її активне функціональне вигальмовування і результувати у зниження ефективності когнітивної діяльності [199].

Разом з тим, жіноча група (рис.4.25, Б) характеризувалась формуванням осередку падіння показника масштабування  $\alpha$  ( $z=3,021$ ,  $p<0,05$ ) в центральному відведенні у стані П/В в  $\beta$ -2 піддіапазоні (на позначення заміщення вогнища антикорельованого сигналу корельованим), що може відобразитися у підсиленні виконання інтеграції та обробки вхідної інформації [207].

Зрештою, при проведенні міжгрупового порівняння в стані П/В для  $\alpha$ -3 піддіапазоні спостерігалось наростання значення показника масштабування у задньолобових і скроневих ділянках кори лівої півкулі в рамках генералізовано корельованої природи сигналу. Тобто, можна бачити тяжіння до наростання непрогнозованості поведінки сигналу в даному частотному діапазоні, а враховуючи локалізацію відмінностей- нестабільність роботи семантичної пам'яті та регуляції роботи системи уваги [199].

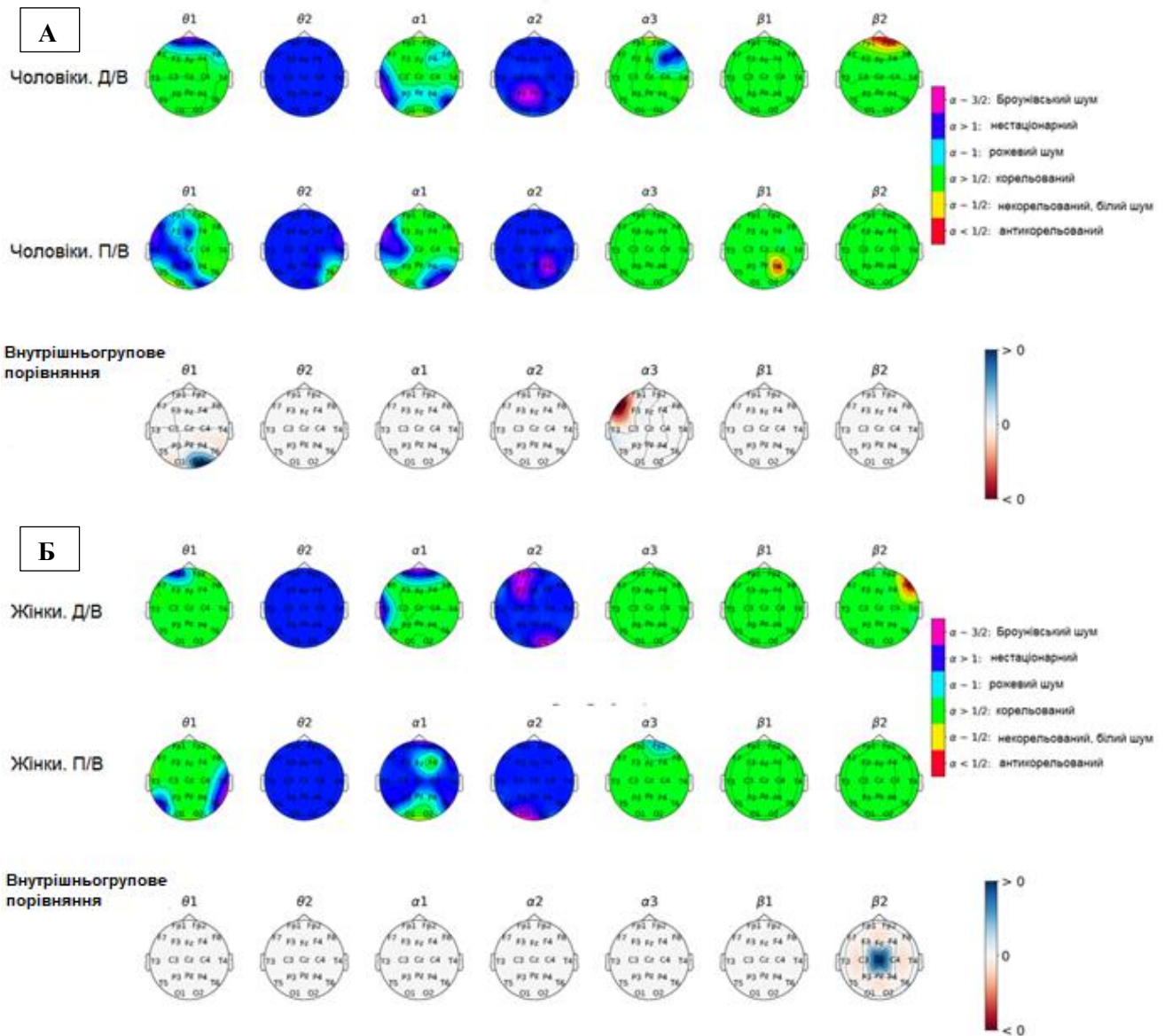


Рис. 4.25 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними перемішаними (рідкісними) та негативними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

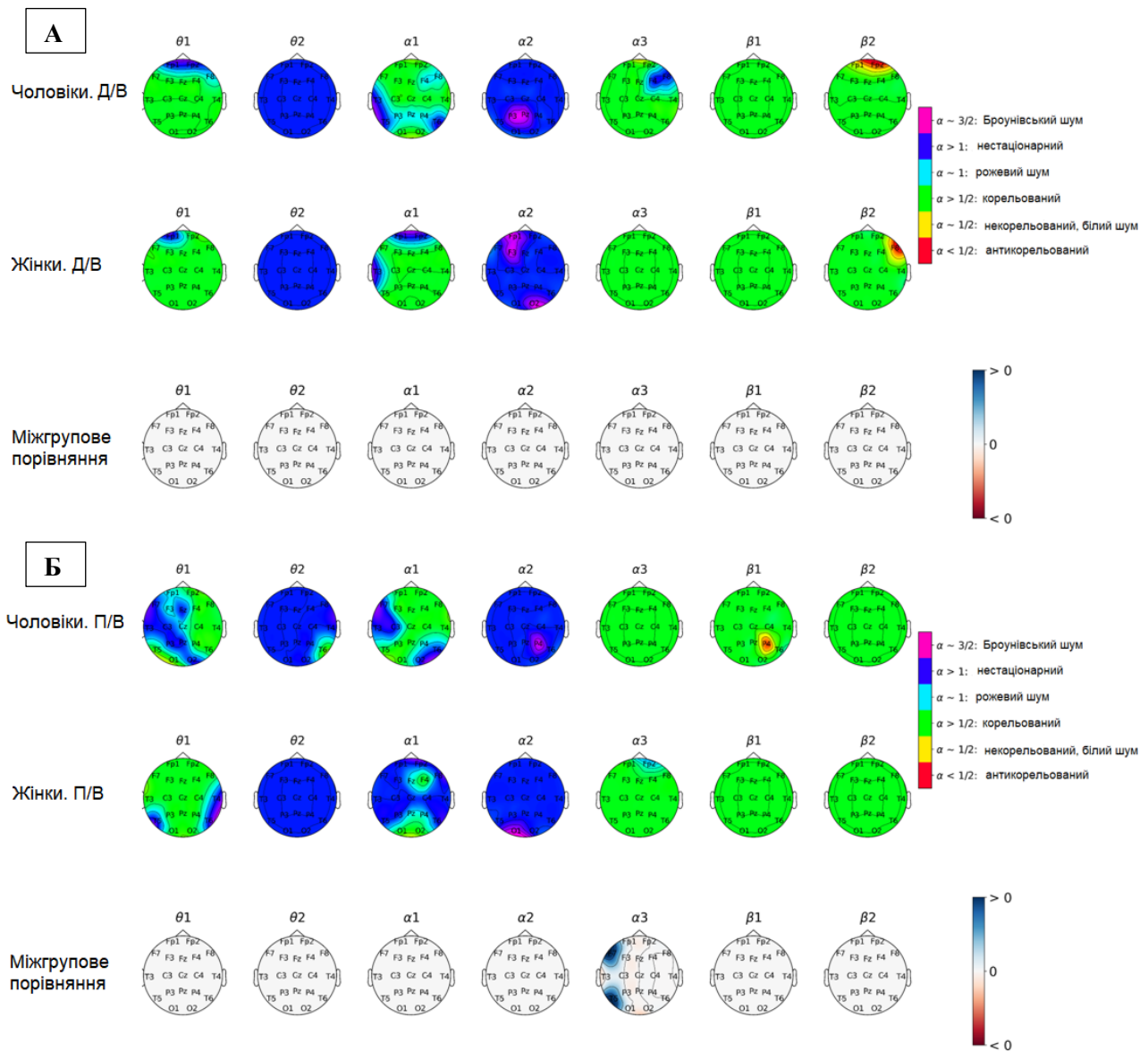


Рис. 4.26 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними перемішаними (рідкісними) та негативними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Порівняння теплових мап, отриманих із ЕЕГ-даних, зареєстрованих під час експозиції нейтральних облич в контексті негативних перемішаних стимулів, не виявило значущих відмінностей при внутрішньогруповому аналізі в станах Д/В та П/В як для чоловіків, так і для жінок (рис. 4.27).

Разом з тим, необхідно зазначити, що міжгруповий аналіз в стані П/В продемонстрував формування осередку значущо вищих значень коефіцієнту  $\alpha$  для жіночої групи, локалізованого у задньолобовій ділянці кори лівої півкулі в межах  $\beta$ -1 діапазону ( $z=-2,243$ ,  $p<0,05$ ) електричної активності (рис. 4.28, Б). Тобто, для жіночої групи характерними були більш стабільні просторова увага та контроль над поточним психоемоційним станом [198].

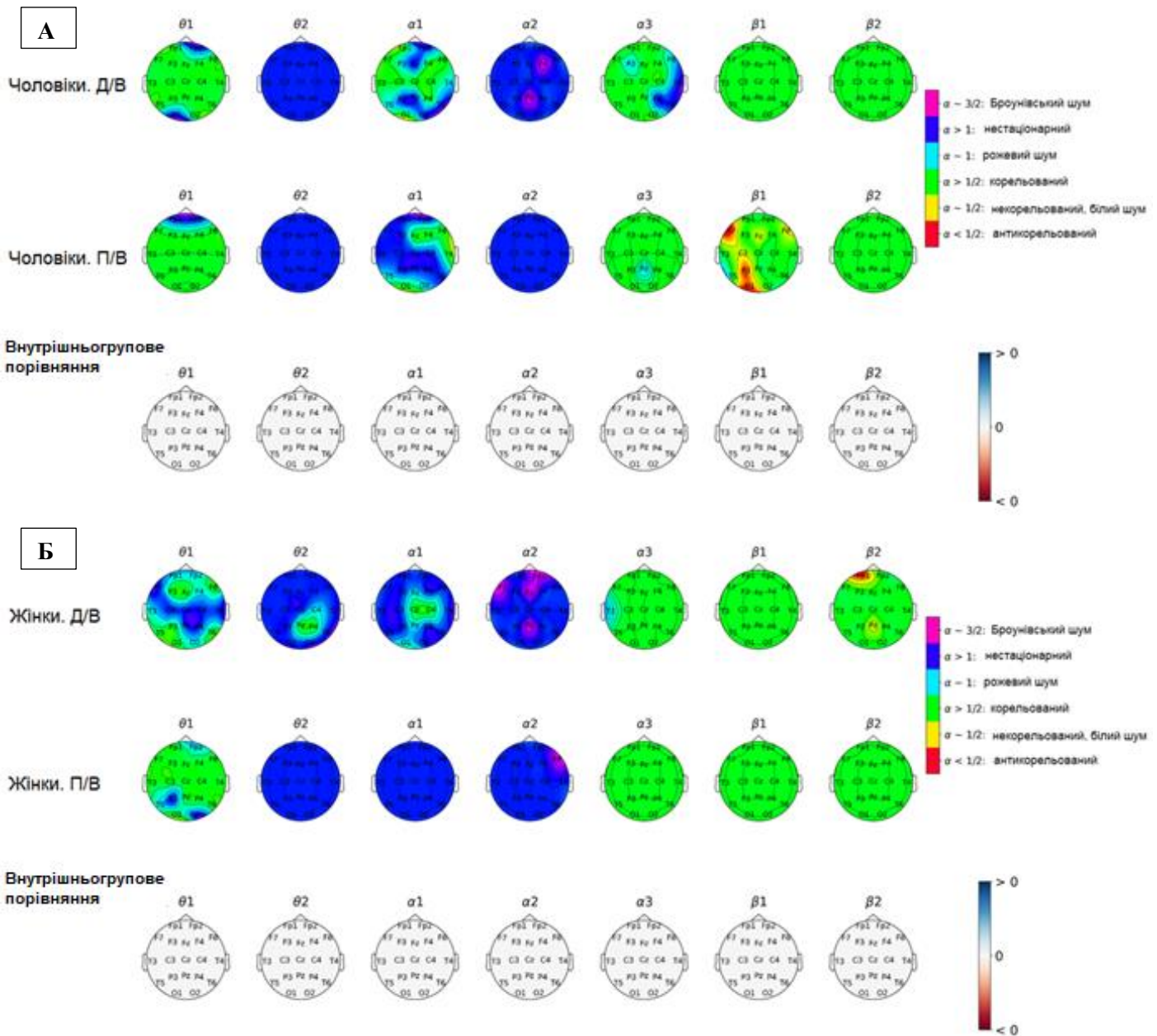


Рис. 4.27 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та негативними перемішаними(частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння».

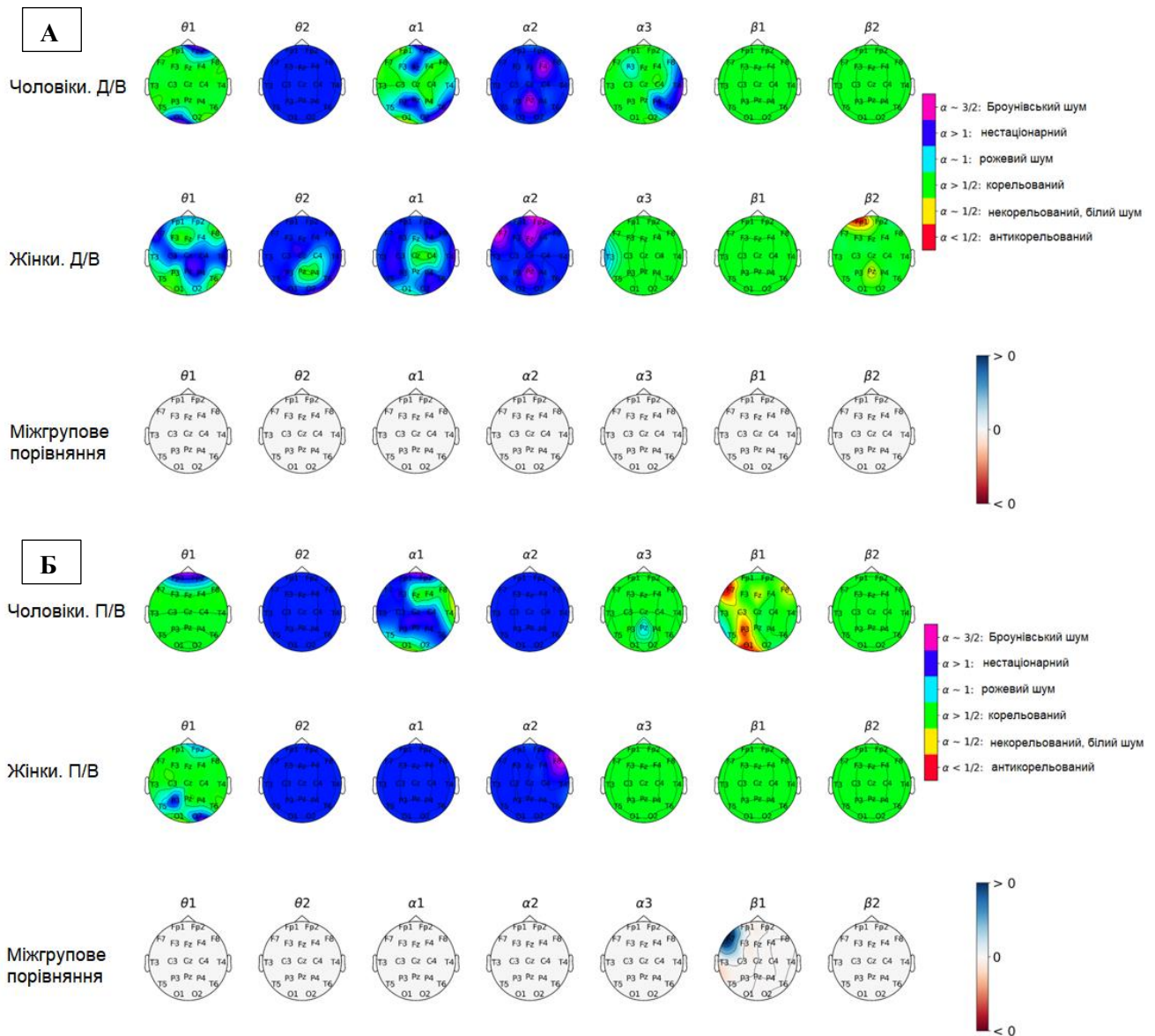


Рис. 4.28 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та негативними перемішаними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

Співставлення мап топографічного розподілу показника масштабування  $\alpha$ , отриманих в серії із нейтральними перемішаними рідкісними стимулами, що подавалися серед нейтральних облич, виявило ряд значущих відмінностей як на внутрішньогруповому, так і на міжгруповому рівні (рис. 4.29, рис. 4.30). Так, в групі чоловіків (стан П/В відносно Д/В) спостерігався ріст  $\alpha$ -коефіцієнта в діапазоні  $\theta$ -1 ( $z=3,232$ ,  $p<0,05$ ), з розташуванням осередку значущих відмінностей в правому тім'яному відведенні. Тобто, відмічено перехід від корельованості патерну сигналу до нестаціонарності, що може проявлятися у нестабільності стратегії обробки вхідної інформації [206]. Разом з тим, жіноча група (стан П/В відносно Д/В) характеризувалася значущим падінням значення показника масштабування у піддіапазоні  $\theta$ -2 ( $z=-2,633$ ,  $p<0,05$ ) в передніх лобових ділянках правої півкулі, проте в рамках нестаціонарності коливального процесу.

При міжгруповому порівнянні в стані Д/В (рис. 4.30, А) для жіночої групи було відмічено значущо більше значення показника  $\alpha$  у  $\theta$ -2 та  $\alpha$ -3 піддіапазонах в лобових та лобово-скроневих ділянках кори, відповідно. Причому в  $\alpha$ -3 піддіапазоні ( $z=3,334$ ,  $p<0,05$ ) ( $z=1,112$ ,  $p<0,05$ ) простежувався перехід патерну від корельованості до нестаціонарності, в той час як процеси в  $\theta$ -2 діапазоні залишалися в рамках нестаціонарності. Відмінностей при міжгруповому порівнянні в стані П/В виявлено не було. Таким чином, засновуючись на існуючих літературних даних, можна припустити, що жіноча група демонструвала тяжіння до меншої стабільності емоційного фону, асоційованого з поточною діяльністю, та лабільну поведінку системи вибіркової активації віддалених концептуальних або семантичних мереж мозку шляхом гальмування ланцюгів, які зберігають семантичну інформацію [199, 205].

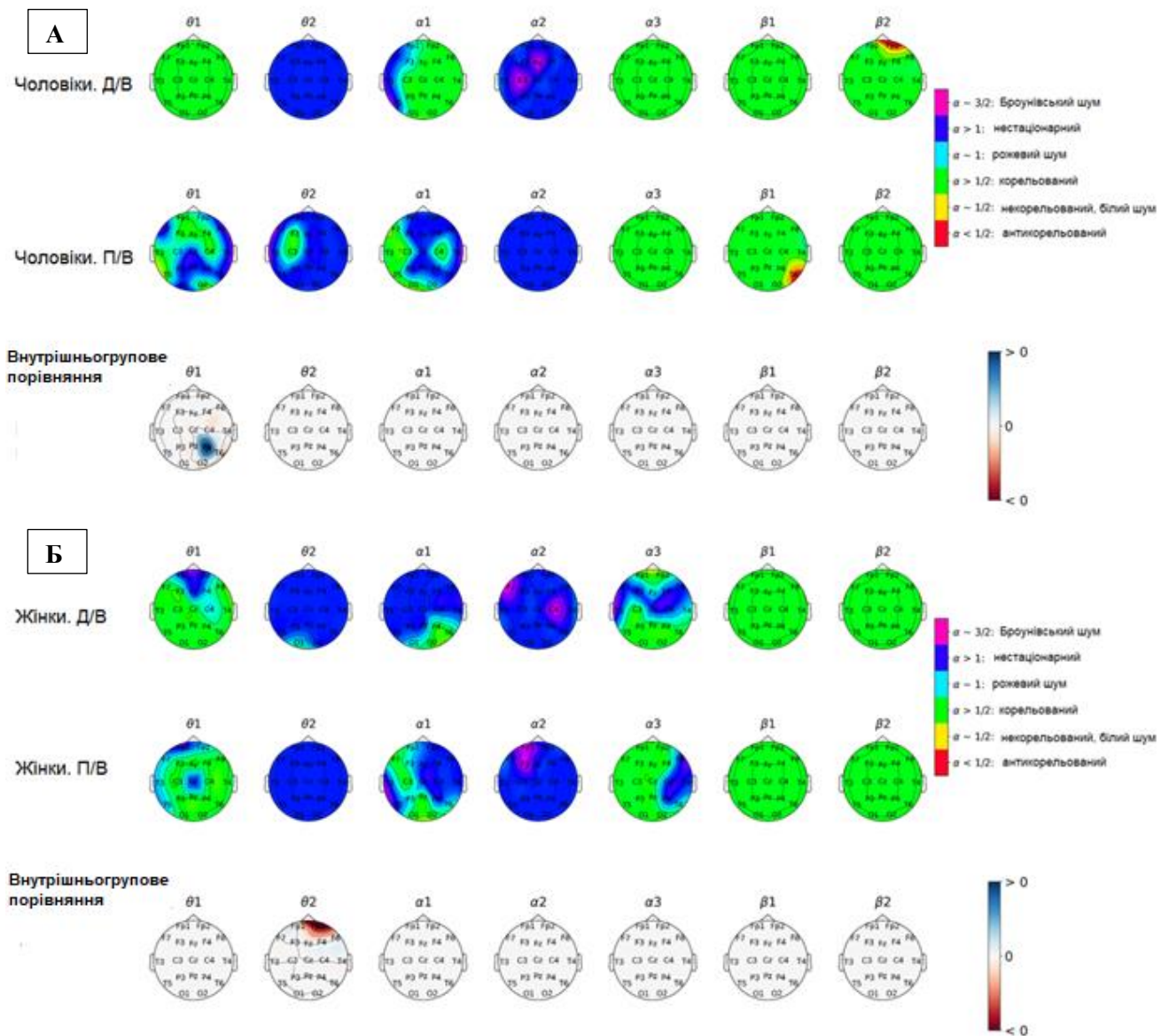


Рис. 4.29 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними перемішаними (рідкісними) та позитивними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

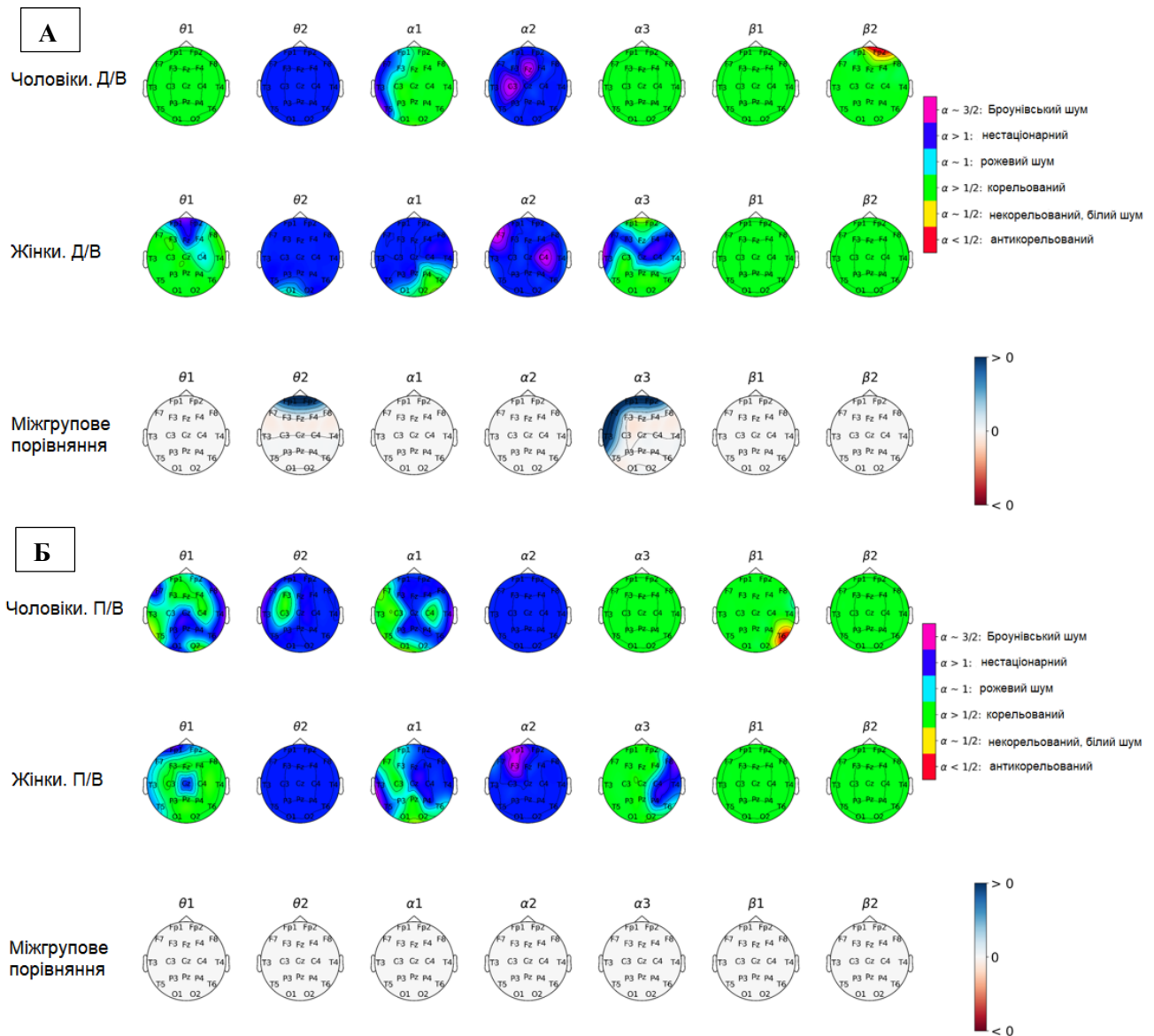


Рис. 4.30 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними перемішаними (рідкісними) та позитивними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

При внутрішньогруповому порівнянні даних, отриманих під час демонстрації серії із нейтральними рідкісними стимулами із частими позитивними, було зареєстровано ряд значущих відмінностей як для чоловічої, так і для жіночої групи (рис. 4.31). По-перше, можна зазначити більше значення показника масштабування  $\alpha$  у прецентральної зоні лобової ділянки неокортексу лівої півкулі в  $\beta$ -2 піддіапазоні ( $z=2,882$ ,  $p<0,05$ ) активності для чоловічої групи в стані П/В. Таким чином, порівняно із ЕЕГ-даними до початку вторгнення, спостерігається тяжіння структури сигналу до корельованості на противагу антикорельованості в стані Д/В, що позначає збільшення ступеню прогнозованості роботи системи моніторингу внутрішнього стану [207]. Окрім цього, значущі відмінності спостерігалися для жіночої групи в  $\theta$ -2 та  $\alpha$ -2 піддіапазонах. У  $\theta$ -2 піддіапазоні активності жіноча група характеризувалася тенденцією до падіння ( $z=2,598$ ,  $p<0,05$ ) значення коефіцієнту  $\alpha$  у передніх лобових ділянках кори у стані П/В порівняно із станом Д/В. Незважаючи на це, характер активності в даній кірковій ділянці все одно підпадав під параметри нестационарного сигналу. У  $\alpha$ -2 піддіапазоні навпаки було відмічено формування осередків підвищених ( $z=1,897$ ,  $p<0,05$ ) значень показника масштабування в прецентральної ділянках кори правої півкулі та прецентральної областей кори лівої півкулі. Означені зміни відображали тенденцію до переходу сигналу від нестационарності до параметрів Броунівського шуму. Виходячи із існуючих на тепер літературних даних, можна припустити, що поведінка біоелектричного сигналу в жіночій групі демонструвала тяжіння до поступового накопичення інформації про новизну на фоні дестабілізації роботи ворітного механізму уваги [201].

Проведення міжгрупового порівняння для станів Д/В та П/В також виявило декілька нюансів у формуванні специфічної ефективної нейромережі, призначеної для обробки серії зображень із нейтральними рідкісними стимулами, що подавались серед зображень позитивних перемішаних облич (рис. 4.32). Порівняння наборів даних, отриманих до війни, виявило значущо менші значення показника масштабування  $\alpha$  для жіночої групи в стані Д/В, у порівнянні з чоловічою групою, з осередком в тім'яній ділянці кори з правою латералізацією. Таким чином, патерн електричної активності в даній області кори в жіночій групі відповідав антикорельованому сигналу, проти

корельованого в чоловічій групі; тобто чоловіча група демонструвала значно стабільніше функціонування механізмів підтримання *status quo* – сталого рівня когнітивного контролю та функціонування механізмів уваги. Окрім цього, в стані П/В жіноча група характеризувалась значущо більшими значеннями показника масштабування в лівій задньолобовій ділянці кори в  $\alpha$ -1 піддіапазоні активності. Тобто, коливальний процес в жіночій групі мав ознаки нестационарності, проти корельованого сигналу, що спостерігався в чоловічій групі. Таким чином, у стані П/В спостерігалось наростання непрогнозованості роботи механізмів регуляції механізмів актуалізації семантичної інформації.

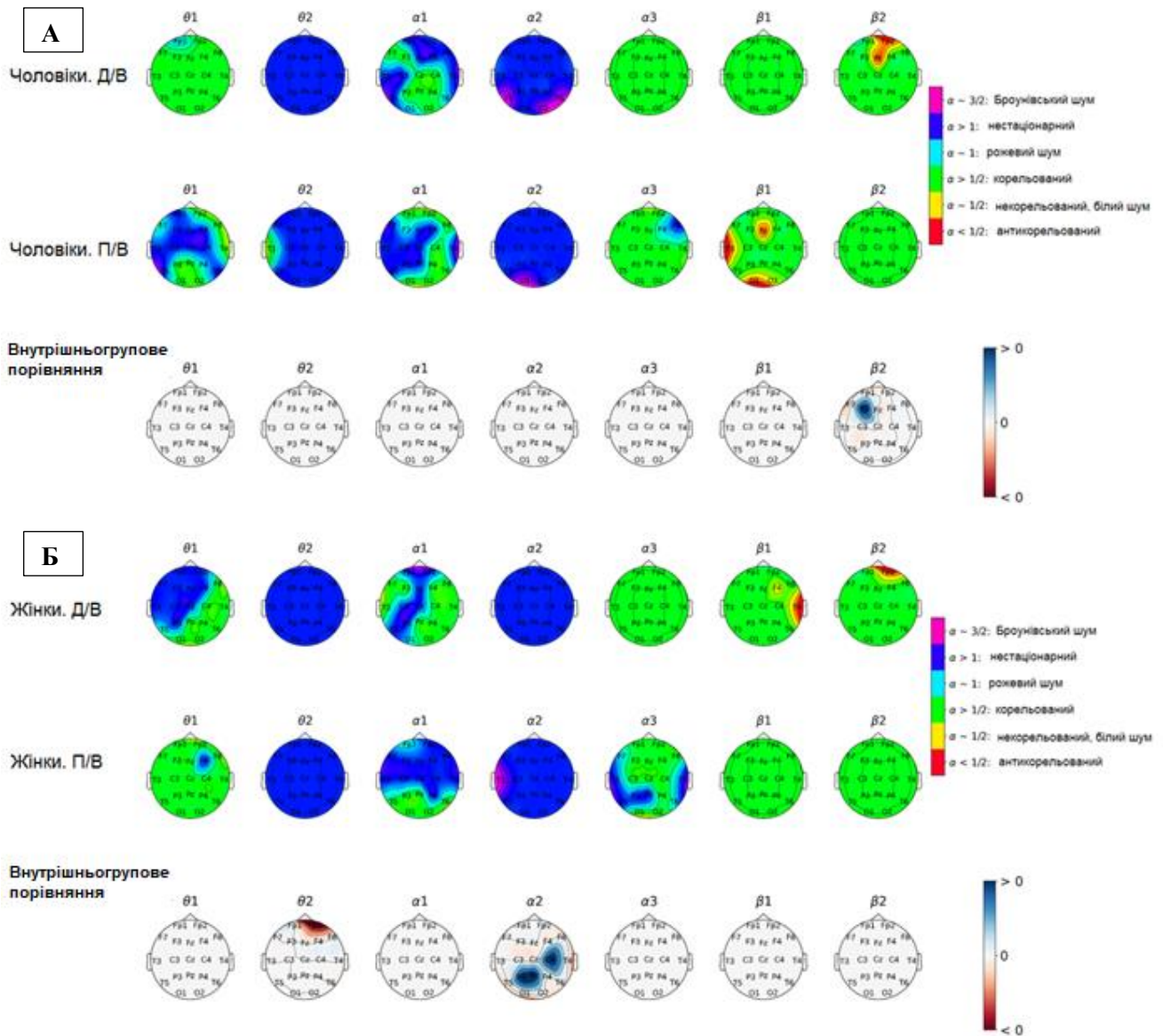


Рис. 4.31 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та позитивними перемішаними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

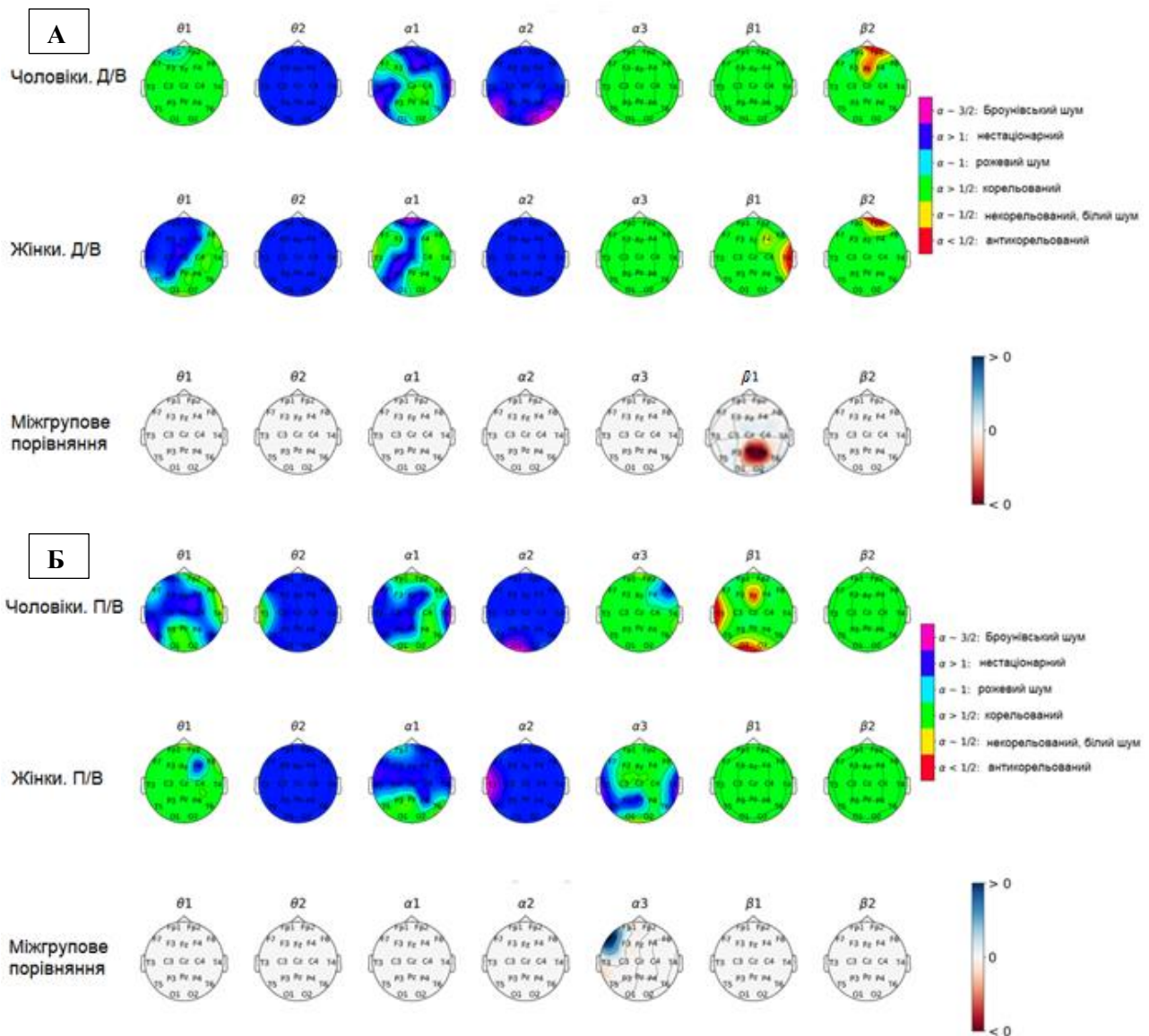


Рис. 4.32 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із нейтральними (рідкісними) та позитивними перемішаними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння»; синій колір позначає збільшення значення коефіцієнта  $\alpha$ , червоний колір позначає зменшення значення коефіцієнта  $\alpha$ .

На рисунках 4.33-4.36 можна побачити топографічний розподіл коефіцієнта  $\alpha$  у випадку пред'явлення позитивних перемішаних (рис. 4.33, рис. 4.34) та позитивних невидозмінених (рис. 4.35, рис. 4.36) облич у якості рідкісного стимулу. Можна стверджувати, що статистично значущих відмінностей при жодному із варіантів порівнянь наборів даних виявлено не було, а загальний патерн активності для двох проб виглядав загалом подібно.

Отже, перегляд протоколів із комбінаціями перемішаних зображень супроводжувався рядом особливостей. По-перше, можна відмітити, що обстежувані з обох груп демонстрували більш виражені відмінності між станами Д/В та П/В, аніж при проведенні міжгрупового порівняння в рамках окремого стану. Як і в попередніх підрозділах, у дослідженні сприйняття перемішаних облич можна було відмітити загальне зниження складності біоелектричної активності кори головного мозку. Жіночій групі притаманним була загалом посилена реакція на серії із негативними зображеннями (посилення процесів інтеграції вхідної інформації, рис. 4.21, контроль над рівнем уваги та посилення оцінювання значимості пред'явленого стимулу, рис. 4.23). Разом з тим, при перегляді серій із позитивними зображеннями можна було спостерігати зниження стабільності функціонування систем уваги та пам'яті для жіночої групи (рис. 4.31).

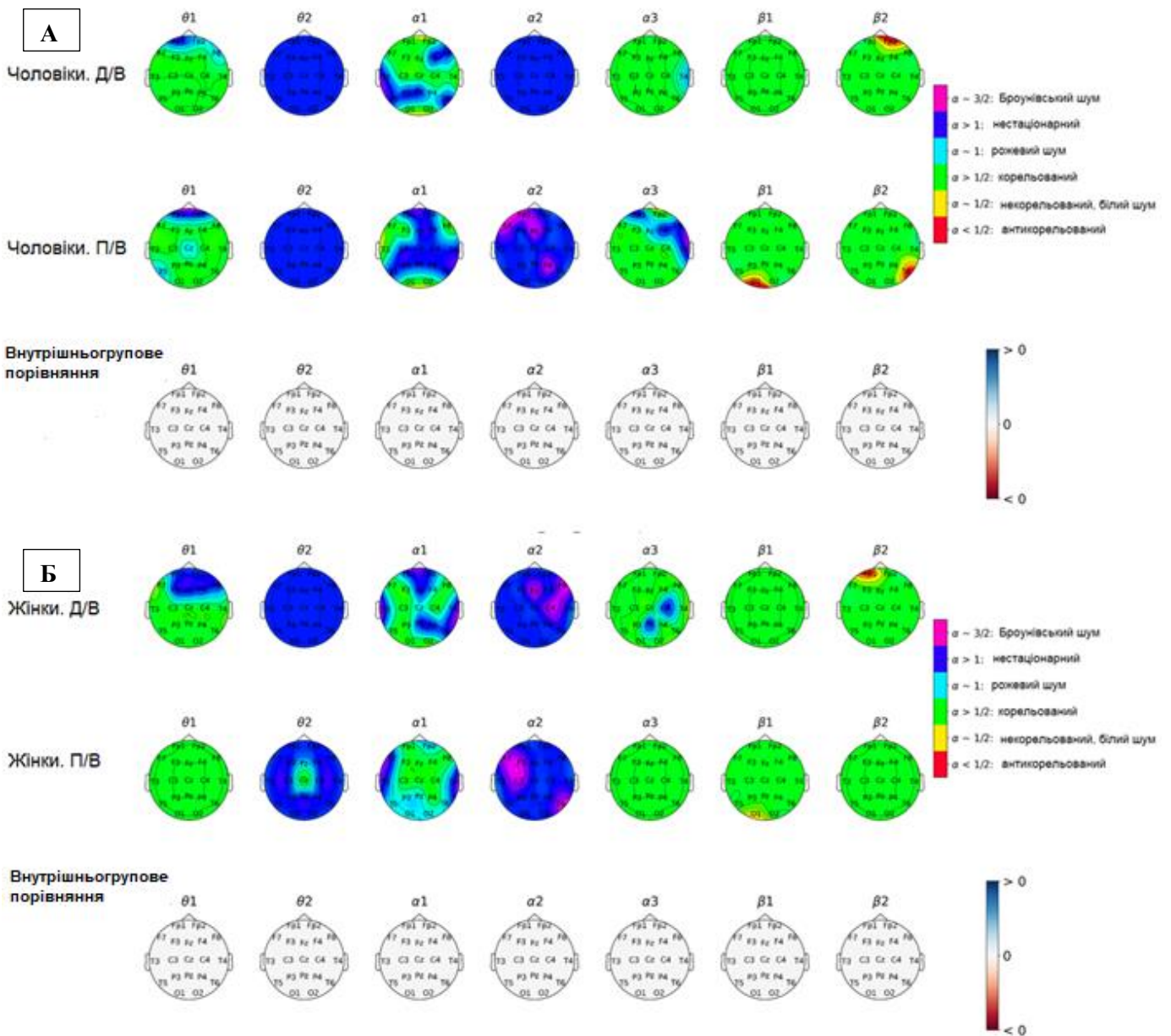


Рис. 4.33 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними перемішаними(рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння».

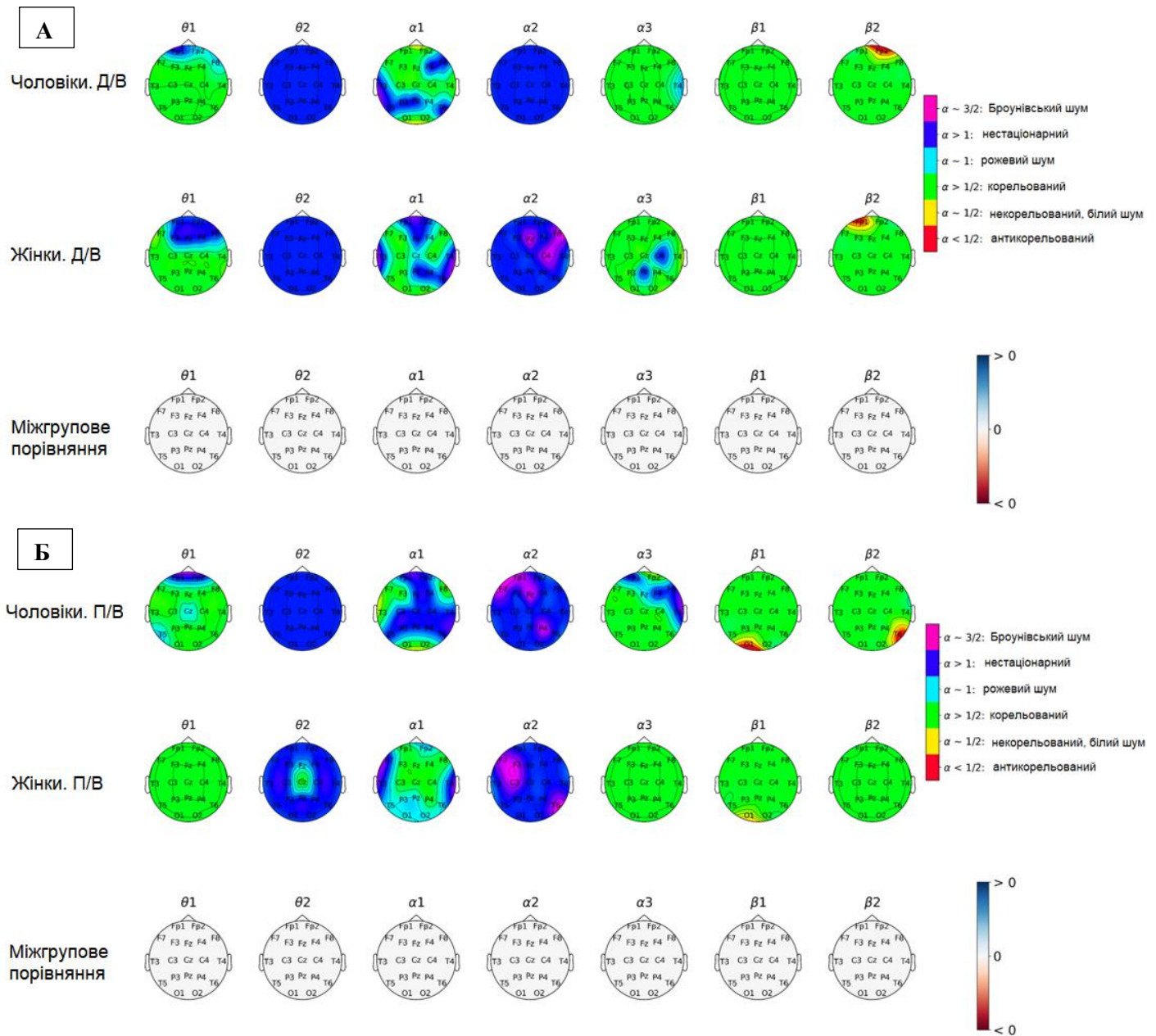


Рис. 4.34 Теплові мапи топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними перемішаними (рідкісними) та нейтральними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних мап «Міжгрупове порівняння».

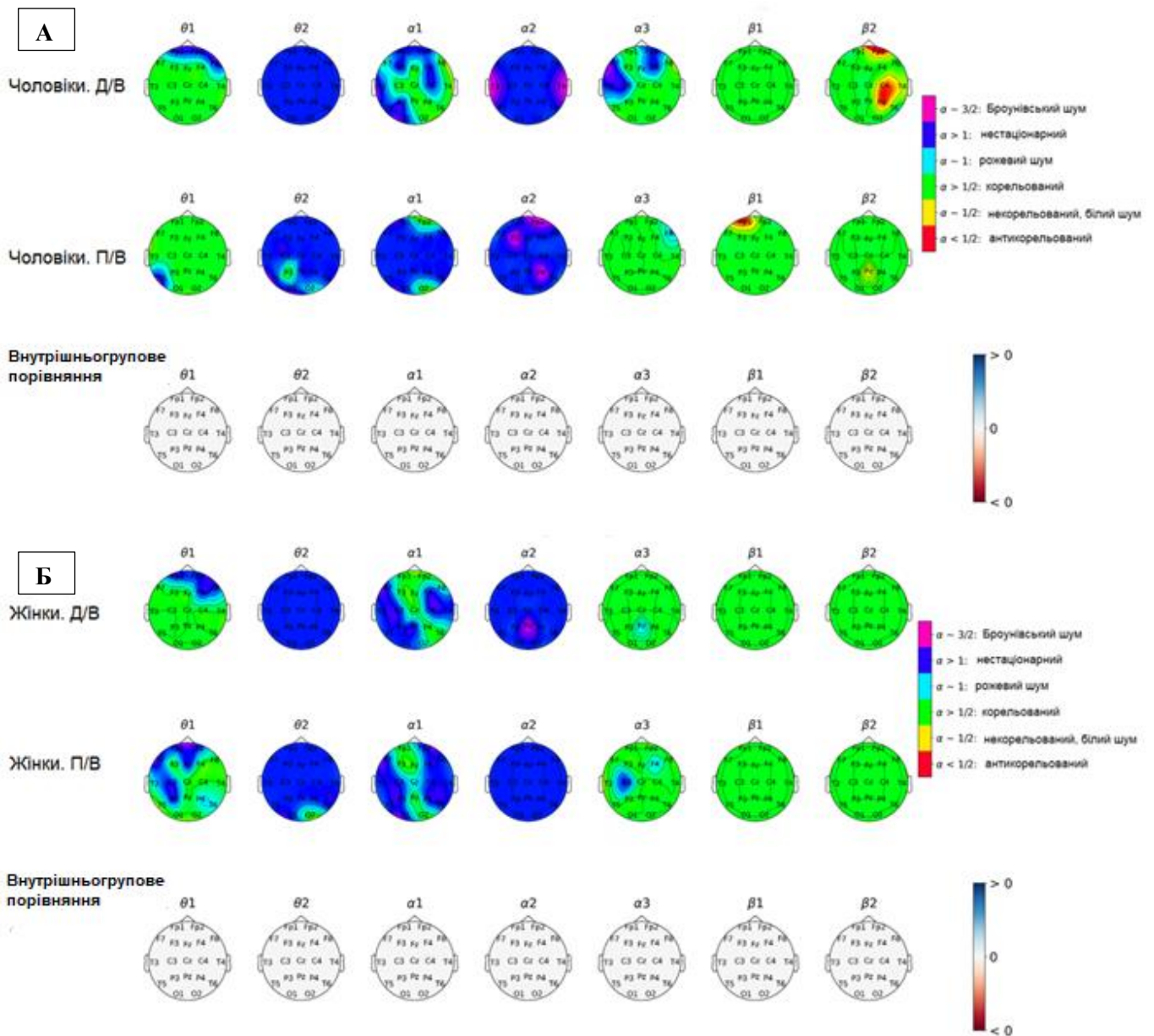


Рис. 4.35 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними (рідкісними) та нейтральними перемішаними (частими) стимулами у (А) групі чоловіків до (Д/В,  $n=21$ ) та під час (П/В,  $n=19$ ) повномасштабного вторгнення та (Б) групі жінок до (Д/В,  $n=22$ ) та під час (П/В,  $n=21$ ) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Внутрішньогрупове порівняння».

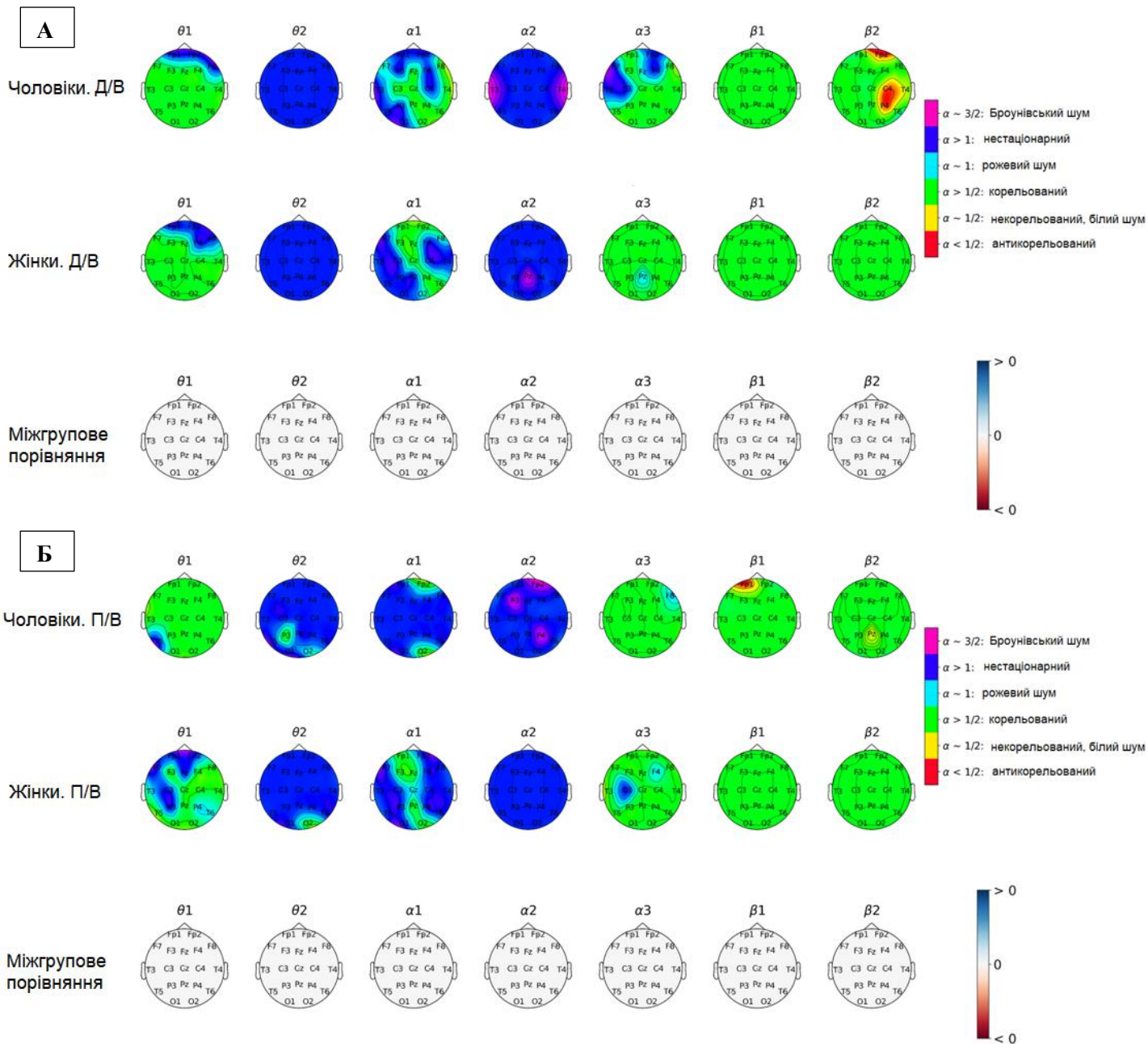


Рис. 4.36 Теплові карти топографічного розподілу значень коефіцієнта масштабування  $\alpha$  за піддіапазонами електричної активності кори головного мозку під час перегляду серії із позитивними (рідкісними) та нейтральними перемішаними (частими) стимулами (А) у чоловічій ( $n=21$ ) і жіночій ( $n=22$ ) групах до (Д/В) початку повномасштабного вторгнення; та (Б) у чоловічій ( $n=19$ ) і жіночій ( $n=21$ ) групах під час (П/В) повномасштабного вторгнення. Значення показника масштабування  $\alpha$  та відповідники за природою поведінки сигналу подаються на рисунку. Ділянки кори, що характеризувалися статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях коефіцієнта  $\alpha$ , відображені в ряду топографічних карт «Міжгрупове порівняння».

## Висновки до розділу

Отримані теплові карти підкреслюють збереження рівня комплексності динаміки біоелектричної активності кори головного мозку під час сприйняття емоціогенних візуальних стимулів, що в тому числі співвідноситься із результатами, отриманими з використанням загальноприйнятих інструментів для аналізу ЕЕГ-даних, таких як оцінка щільності спектральної потужності та когерентний аналіз [208]

Як і у випадку із аналізом потенціалів, пов'язаних із подією, можна відмітити більший рівень когнітивно-емоційного залучення при сприйнятті розмитих облич порівняно із перемішаними, незалежно від періоду отримання даних, в обох експериментальних групах.

Можна відмітити декілька основних елементів та властивостей ефективних нейрональних мереж, пов'язаних із виконанням стимуляційних проб. В першу чергу, для піддіапазонів активності  $\theta$ -1, 2 можна було спостерігати протилежні характеристики поведінки сигналу. Так, генералізовано корельований патерн сигналу в  $\theta$ -1 піддіапазоні демонстрував наростання нестационарності переважно у фронтальних та центральних ділянках кори, особливо в серіях із перемішаними обличчями (рис. 4.21-4.36). Дане явище можна пов'язати із падінням стабільності в реалізації когнітивних функцій через кортико-гіпокампальні взаємодії та інтегративній з точки зору функціональних зв'язків комунікації між різними кірковими та підкірковими структурами, а також загальним фоновим рівнем уваги [209]. В той же час, в  $\theta$ -2 діапазоні для серії із розмитими обличчями можна було відмітити наростання корельованості сигналу в прецентральної області кори, що відображає емоційну обробку та аналіз представлених стимулів (рис.4.1-4.21). У випадку із перемішаними обличчями тяжіння до впорядкування не спостерігалось.

Коливання в  $\alpha$ -діапазоні активності відображали процес активного регулювання уваги. Можна відмітити, що в експериментальних серіях із розмитими обличчями, в  $\alpha$ -2 піддіапазоні можна було спостерігати формування осередків сигналу, що за параметрами відповідав діапазону Броунівського шуму, що можна пов'язати із необхідністю в більш тонкій регуляції уваги для даного стимуляційного протоколу

(рис. 4.1.-4.21). З огляду на поведінку сигналу в  $\alpha$ -1,3 піддіапазолах, можна також припустити більш ефективну регуляцію роботи систем уваги та механізмів оперативної пам'яті для стимуляційних проб із розмитими обличчями.

Зрештою, виключно в  $\beta$ -1,2 піддіапазолах можна було спостерігати виникнення осередків сигналу, за властивостями подібного до антикорельованого. З точки зору фізіологічного прояву даний феномен може говорити про швидке переключення між станами активації та інгібування. Можна відмітити, що у випадку розмитих облич осередки антикорельованості займали фронтальні, центральні та скроневі ділянки кори, в той час як для перемішаних стимулів подібну динаміку можна було бачити переважно у фронтальних областях. Таким чином, можна припустити необхідність залучення більш швидкого регулювання уваги, емоційної оцінки та пам'ятного сліду у випадку розмитих облич (рис. 4.1-4.21).

У випадку аналізу результатів, отриманих з використанням алгоритму НКС, важливо зазначити, що на даний момент не існує єдиної точки зору на зміни ступеню складності організації ЕЕГ-сигналу за умов емоційного навантаження різної валентності у здорових людей, а також при розладах настрою та тривожності.

Наприклад, для депресивних розладів, характеристичними рисами котрих є дистимія та ангедонія, притаманне посилення ригідності когнітивних моделей. Дослідження показали загалом нижчі значення складності патернів сигналу ЕЕГ у осіб із депресією порівняно зі здоровими контрольними особами. Даний феномен можна пояснити неправильно адаптованими механізмами регуляції емоцій і схильністю «загрузати» або фіксуватися на негативних емоційних станах, які були пов'язані з меншою складністю ЕЕГ [210].

У зв'язку з цим Mohammadi та Moradi [210] висунули гіпотезу про те, що більш серйозні симптоми депресії пов'язані з нижчим рівнем зв'язаності між окремими ділянками мозку, що, у свою чергу, призводить до низької прогнозованості характеристик активності.

Було показано, що у стані спокою генералізований тривожний розлад (ГТР) пов'язаний із вищими значеннями ступеню корельованості в поведінці активності [211], тоді як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) навпаки характеризувався

глобальним падінням рівня корельованості коливань [212]. Основне припущення в даному випадку полягає в тому, що домінуючий спосіб когнітивної обробки у пацієнтів із ГТР може бути схожим на блукання розуму та дивергентне мислення, тоді як у випадку ПТСР, коли люди перебувають у стані гіперзбудження та надмірно зосереджені на переживанні травматичних спогадів, процес обробки інформації може бути менш пластичним [213].

При проведенні внутрішньогрупового порівняння між станами до початку та під час повномасштабного вторгнення можна було спостерігати залучення більшої кількості ресурсів до регуляції різних типів уваги та пам'яті, нестійкість процесів низхідної регуляції когнітивної діяльності та утруднення інтеграції вхідної інформації в стані П/В, що може підкреслювати ефекти постійної дії травмівних факторів (наприклад, рис. 4.4, 4.6, 4.8 тощо). Отримані результати можуть опосередковано свідчити на користь відображення впливу хронічного стресу на зміну поведінки ЕЕГ-коливань, а саме падіння рівня корельованості і прогностичності в патернах активності із супутнім збільшенням ступеню дезорганізованості.

## РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВИКЛИКАНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ОСНОВНИХ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНАХ ЗА УМОВ СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІОГЕННИХ ВІЗУАЛЬНИХ СТИМУЛІВ

З метою проведення подальшої розробки інтерфейсів мозок-комп'ютер, що можуть реалізовуватись в програмах нейрофідбек-терапії, а також для тренування нейромереж конволюційного типу з метою розробки діагностичних систем, для дослідження динаміки викликаної електричної активності в основних частотних діапазонах було відібрано записи стану спокою та записи, що відповідали перегляду серій із розмитими обличчями. Дане рішення ґрунтувалося на результатах, описаних у попередніх розділах, що продемонстрували значно більш виражений ефект в розрізі розгорнутої когнітивної та емоційної обробки.

### 5.1 Аналіз стану спокою

На рисунках 5.1–5.4 можна бачити візуалізацію глобальної потужності потенціалів у основних діапазонах електричної активності головного мозку, а також їхні співвідношення для груп чоловіків та жінок у стані спокою із закритими очима. Зауважимо, що до розгляду, по аналогії із записами для експериментальних проб, бралися часові відтинки по 1000 мс – фрагмент стандартного трихвилинного запису. Можна відмітити, що для групи чоловіків значущих відмінностей між станами Д/В та П/В відмічено не було (рис. 5.1), як і при порівнянні чоловічої та жіночої груп в стані Д/В (рис. 5.3). Разом з тим, можна було спостерігати значуще падіння співвідношення  $\alpha/\theta$  ( $z= 2,648$ ,  $p<0,05$ ) на пізніх латентностях у жінок в стані П/В порівняно із Д/В (рис. 5.2). Окремо варто зазначити, що аналогічні значущі відмінності спостерігалися і при проведенні порівняння записів в стані П/В між чоловічою та жіночою групами (рис. 5.2). Так, порівняння співвідношень між групами чоловіків та жінок у стані Д/В не виявило значущих відмінностей, водночас коефіцієнт  $\alpha/\theta$  був нижчим в жіночій групі на пізніх латентностях запису ( $z=2.626$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 5.4).

Водночас, відмінна картина спостерігалася під час аналізу стану спокою із відкритими очима (рис. 5.5-5.8) Так, у чоловічій групі відмічалася значуще підвищення значення коефіцієнту  $\theta/\beta$  в стані П/В порівняно із станом Д/В на ранніх латентностях (150-250 мс) у ранньому часовому вікні ( $z=2,617$ ,  $p<0,05$ ) (рис.5.5). Окрім цього, значення співвідношення  $\theta/\beta$  у часовому вікні 150-250 мс було більшим для чоловічої групи порівняно із жіночою в стані П/В ( $z=2,754$ ,  $p<0,05$ ) (рис.5.8).

Враховуючи отримані результати, можна простежити основні особливості динаміки поведінки співвідношень активності при виконанні стимуляційних проб. В першу чергу, можна відмітити падіння значення коефіцієнту  $\alpha/\theta$  для жіночої групи в стані спокою із закритими очима у стані П/В по відношенню до стану Д/В. Вважається, що падіння  $\alpha/\theta$  коефіцієнту може свідчити про порушення збудливості та розлади роботи процесів уваги разом із утрудненням процесів функціонування робочої пам'яті [214].

Окрім цього, для чоловічої групи можна було відстежити наростання значення  $\theta/\beta$  коефіцієнту. Дане співвідношення наразі пов'язуються з контролем уваги та регуляцією емоцій. Дійсно, підвищене співвідношення  $\theta/\beta$  чітко спостерігається при розладі дефіциту уваги та гіперактивності (РДУГ) та ряді інших розладів, що включають проблеми із функціонуванням уваги. Нещодавні дослідження також показали зв'язок між співвідношенням  $\theta/\beta$ , контролем уваги та регуляцією емоцій у здорових людей [215]. Окрім цього, було показано, що зростання даного коефіцієнта може відображати зниження рівня зв'язаності у мережі виконавчого контролю (ECN) і підвищення зв'язаності у дефолтній мережі (мережі за замовчуванням) [216].

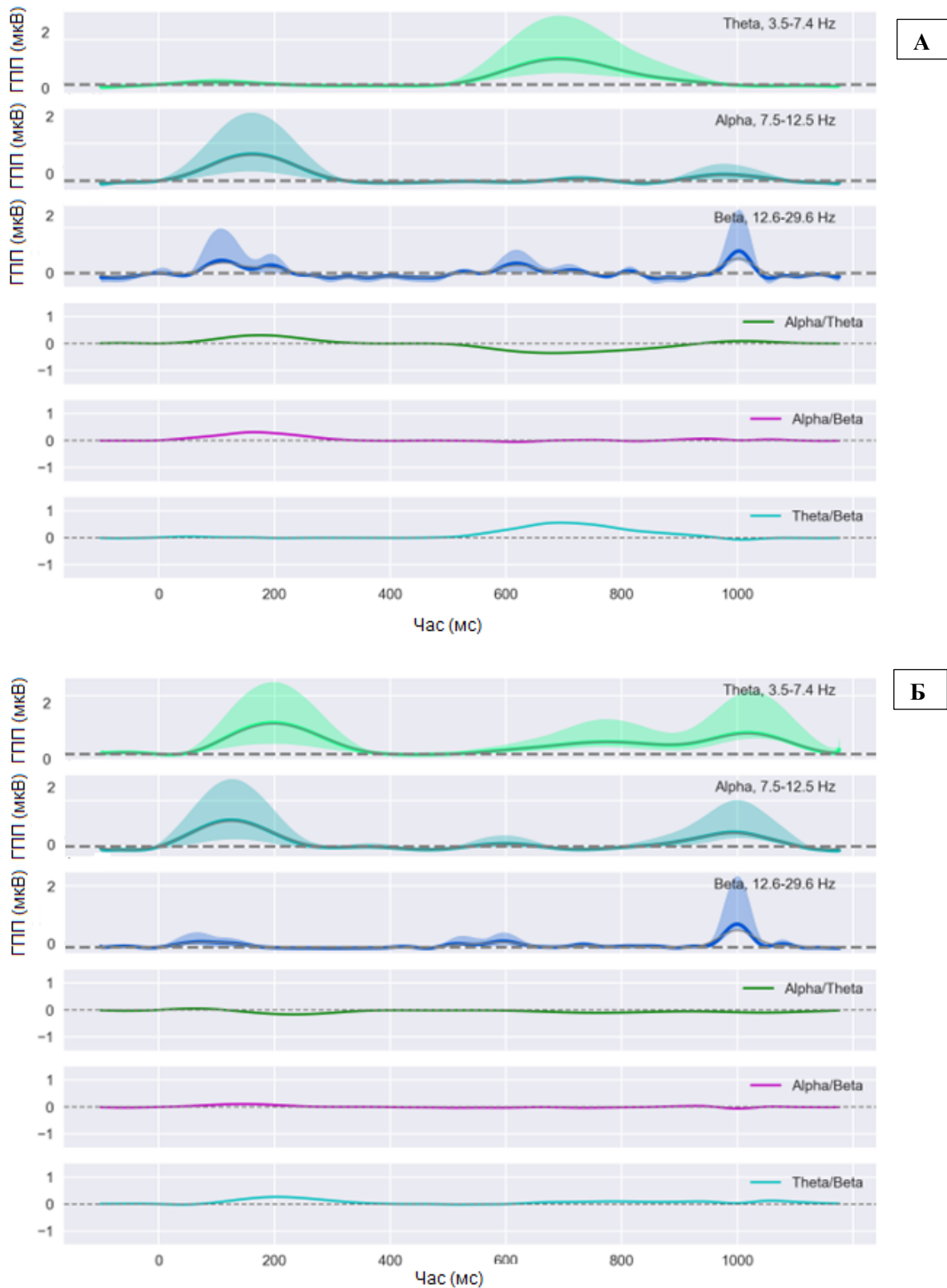
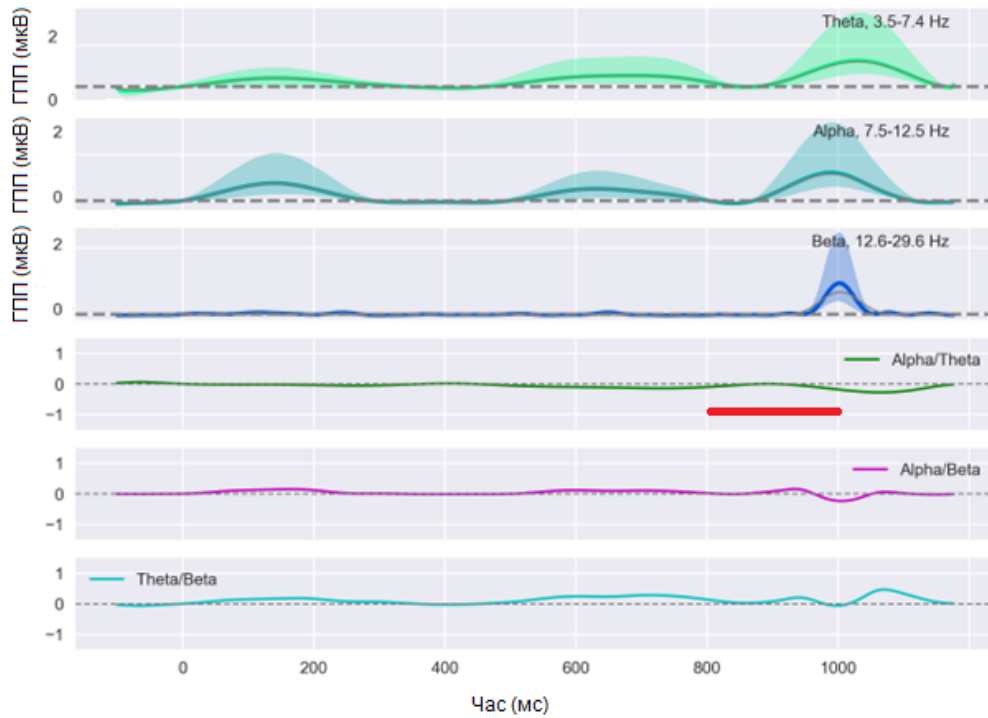


Рис. 5.1 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення в стані спокою із закритими очима.



А



Б

Рис. 5.2 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі жінок до (n=22) (А) та під час (n=21) (Б) повномасштабного вторгнення в стані спокою із закритими очима. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

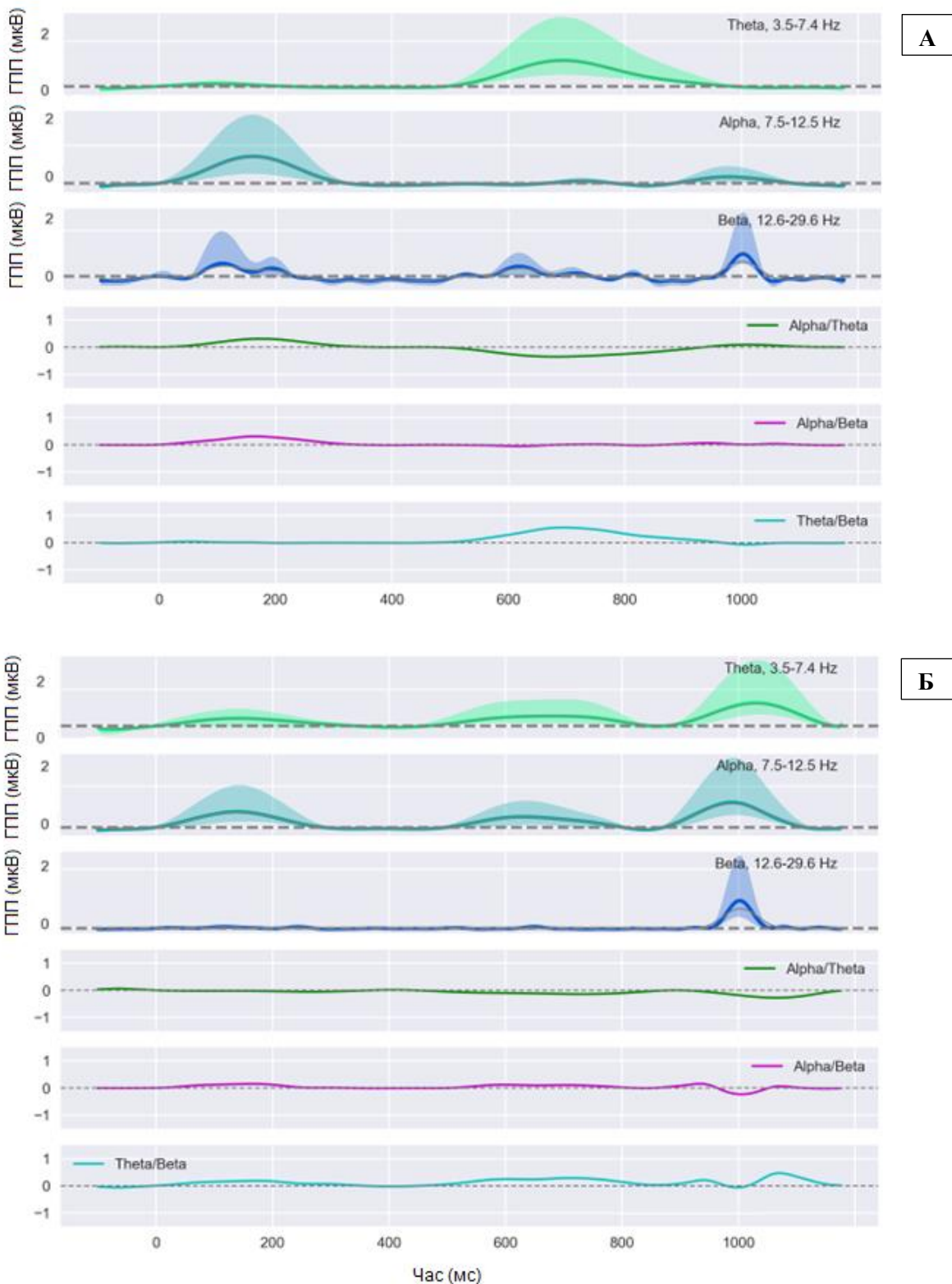
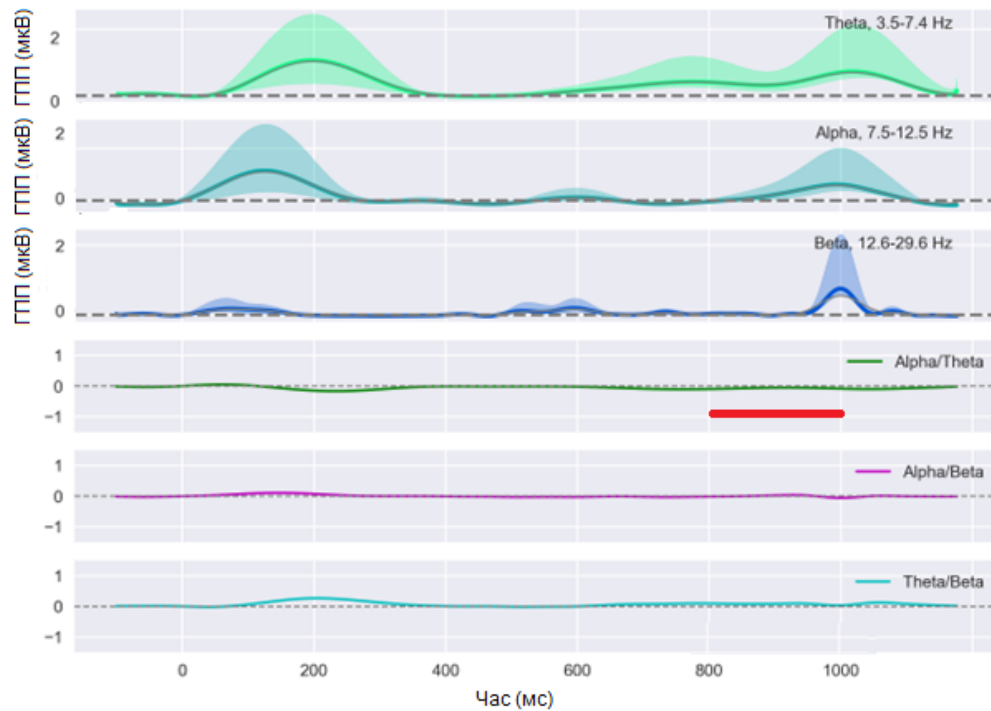


Рис. 5.3 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків (n=21) (А) та жінок (n=22) (Б) до початку повномасштабного вторгнення в стані спокою із закритими очима.

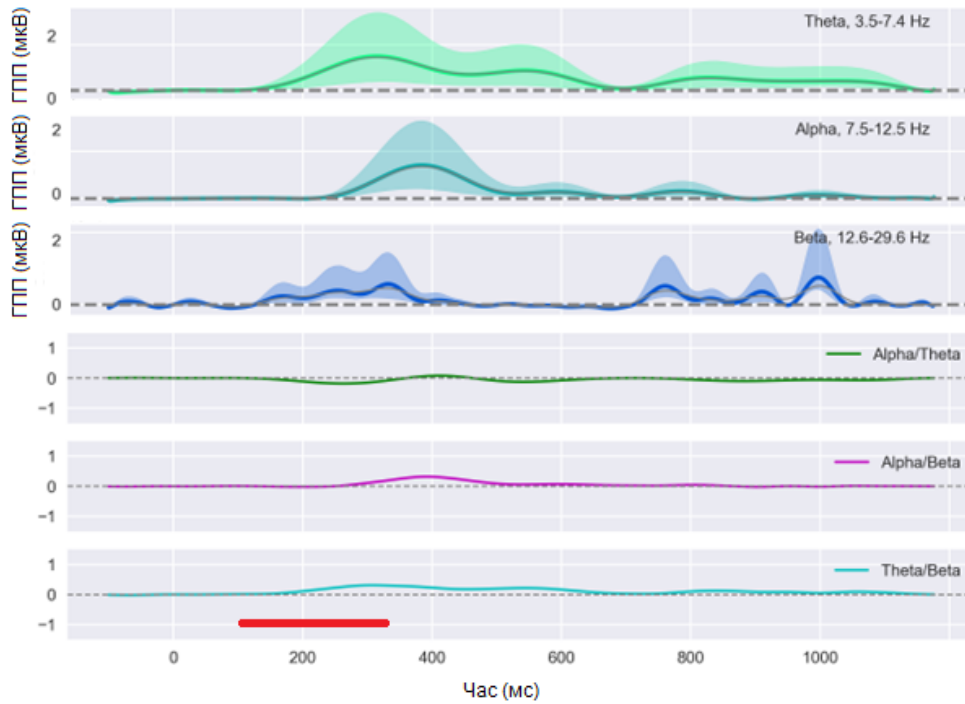


А

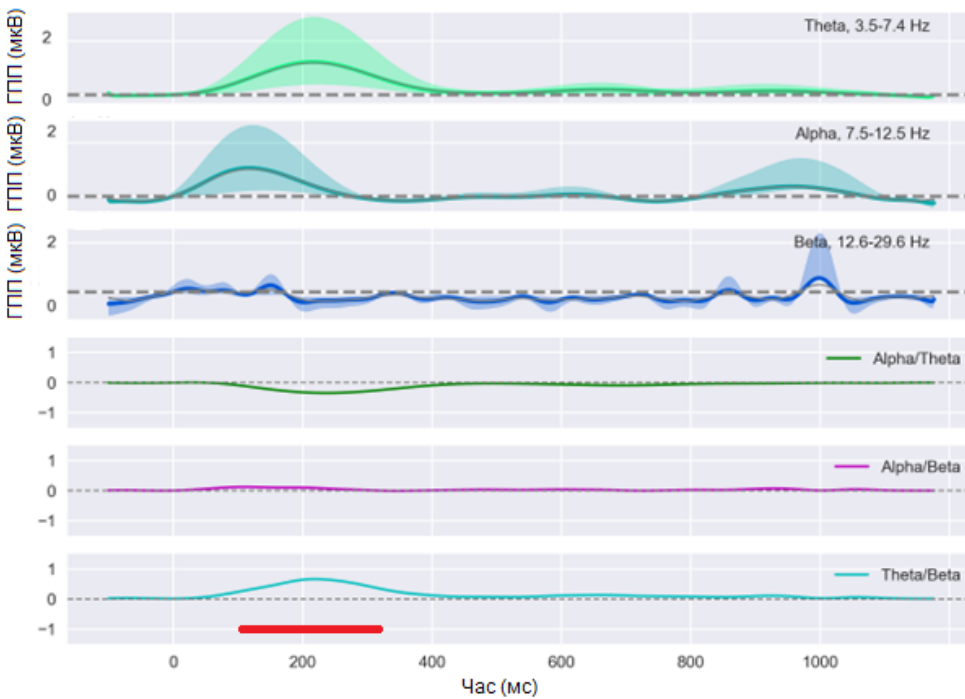


Б

Рис. 5.4 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення в стані спокою із закритими очима. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



Б

Рис. 5.5 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення в стані спокою із відкритими очима. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

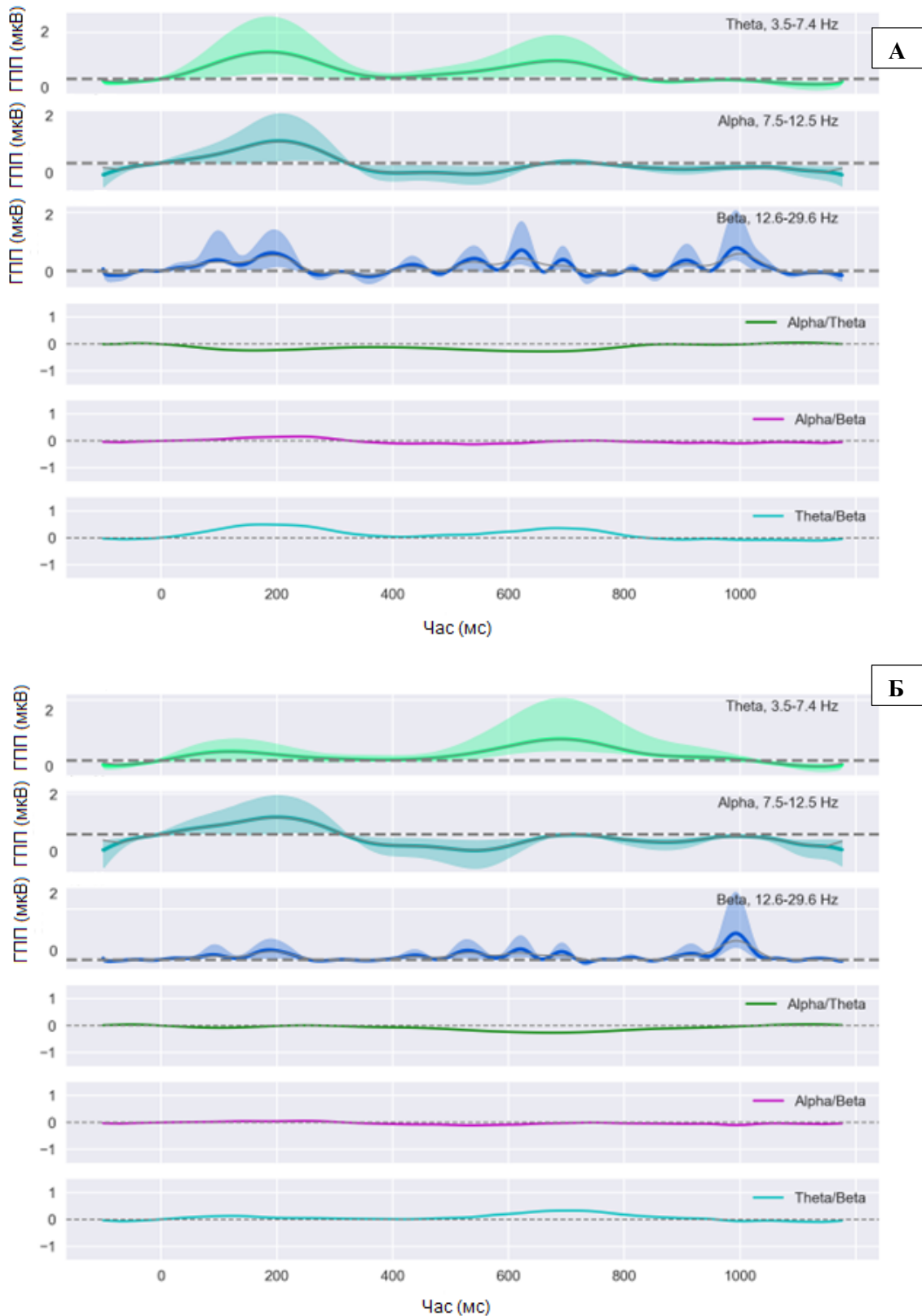


Рис. 5.6 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення в стані спокою із відкритими очима.

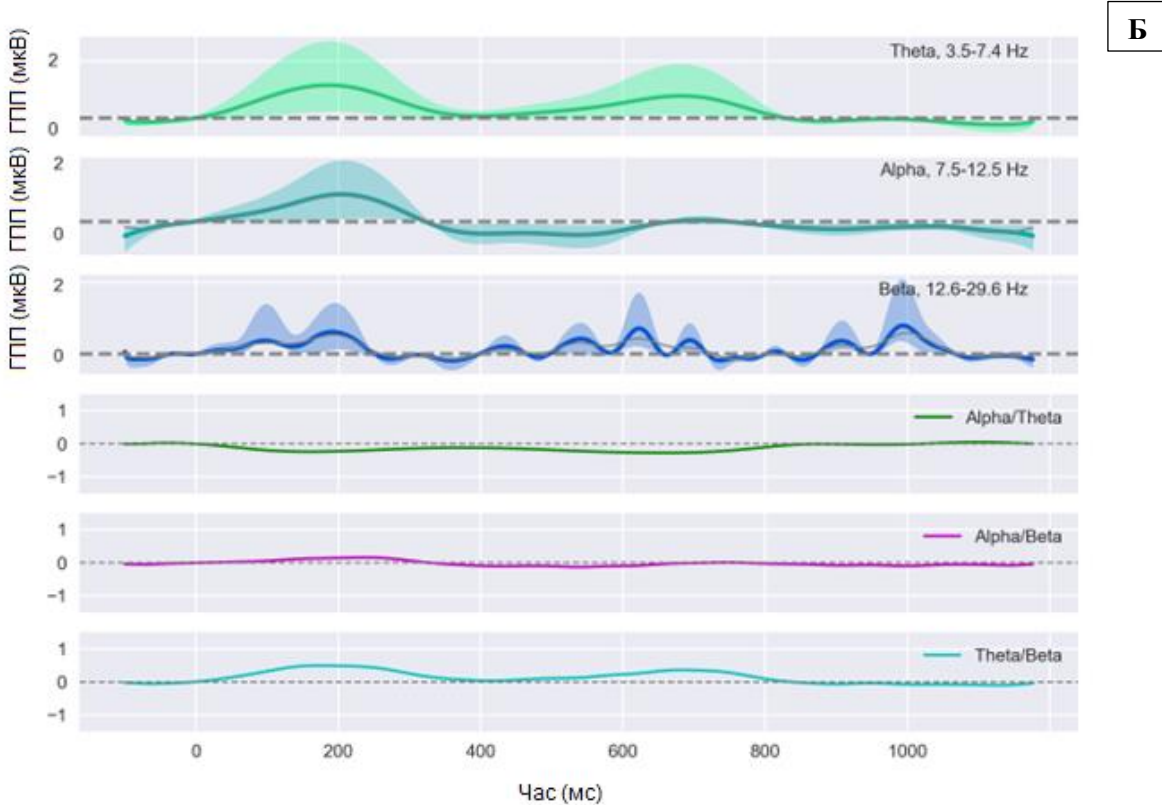
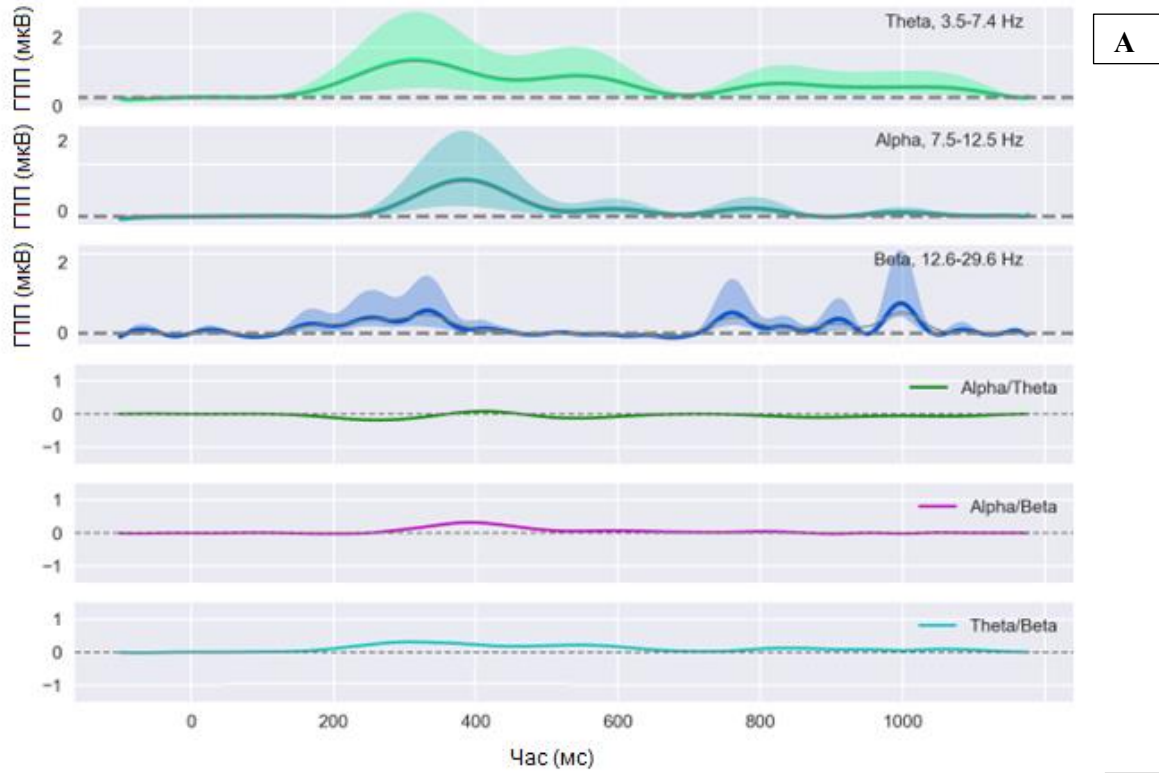
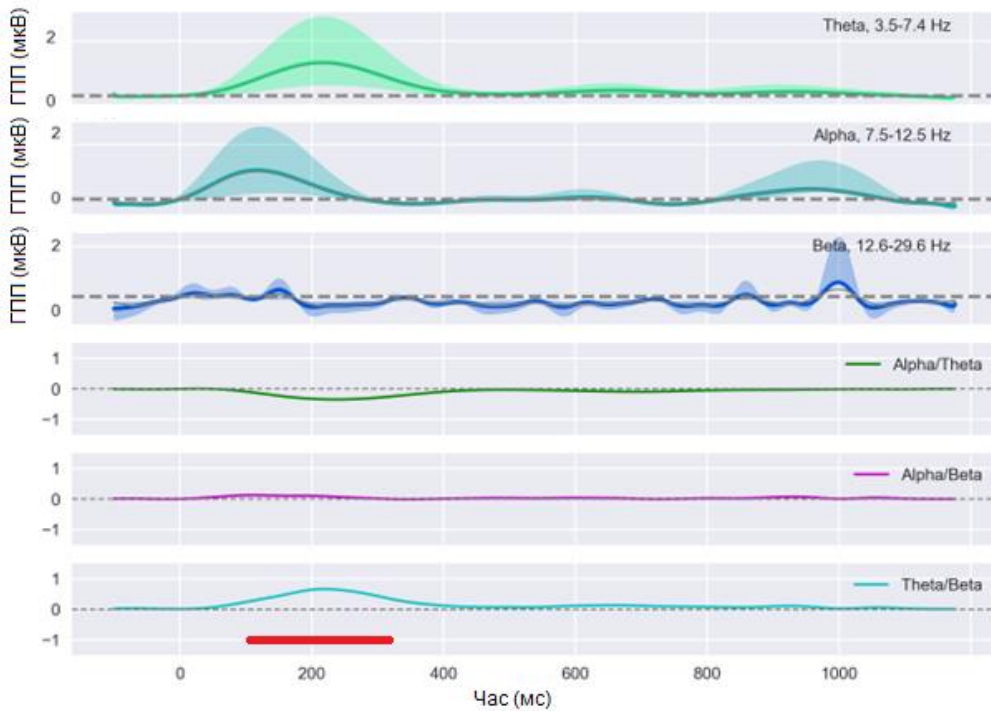
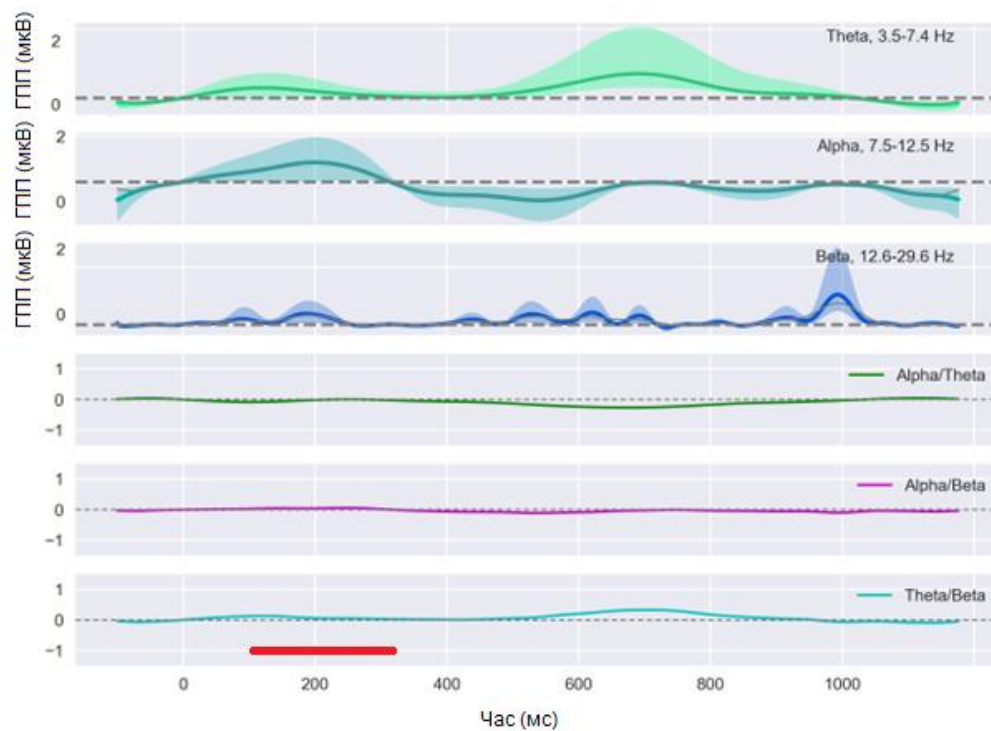


Рис. 5.7 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків (n=21) (А) та жінок (n=22) (Б) до початку повномасштабного вторгнення в стані спокою із відкритими очима.



А



Б

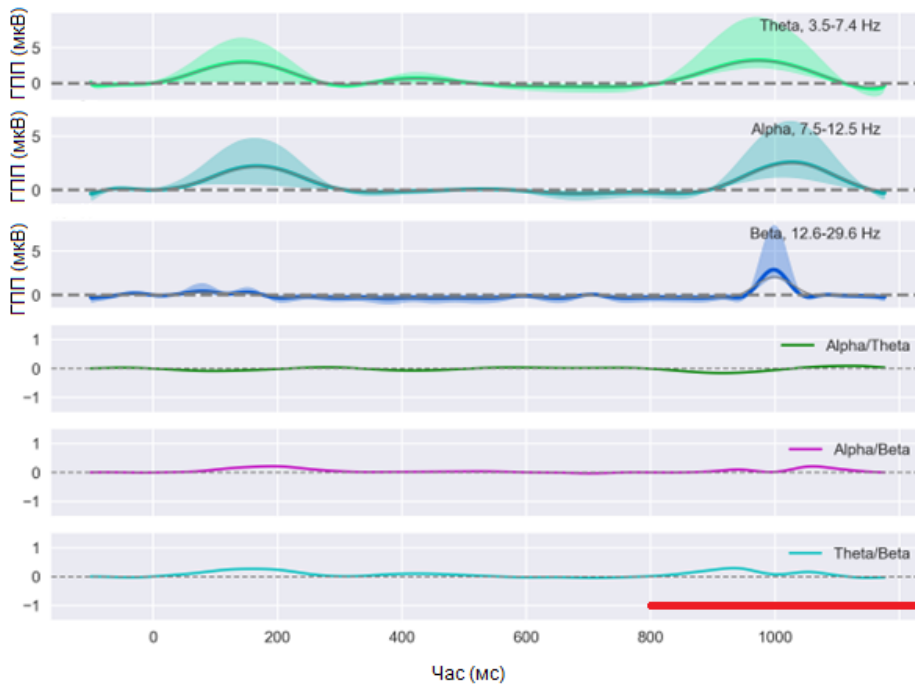
Рис. 5.8 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення в стані спокою із відкритими очима. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

Отже, відмінності у значеннях основних ЕЕГ-коефіцієнтів між станами Д/В та П/В спостерігалися як для записів із закритими, так і з відкритими очима. У жіночій групі можна було відмітити значуще падіння значення співвідношення  $\alpha/\theta$  у пізніх часових вікнах та менші значення  $\theta/\beta$ -коефіцієнту у ранньому часовому вікні в стані П/В (рис. 5.2, рис. 5.8). Водночас, чоловічій групі притаманне було збільшення коефіцієнту  $\theta/\beta$  в стані П/В (рис. 5.5). Описаний ряд свідчень може відображати відмінності у процесах функціонуванні систем уваги та виконавчого контролю, притаманних для обстежуваних в стані П/В.

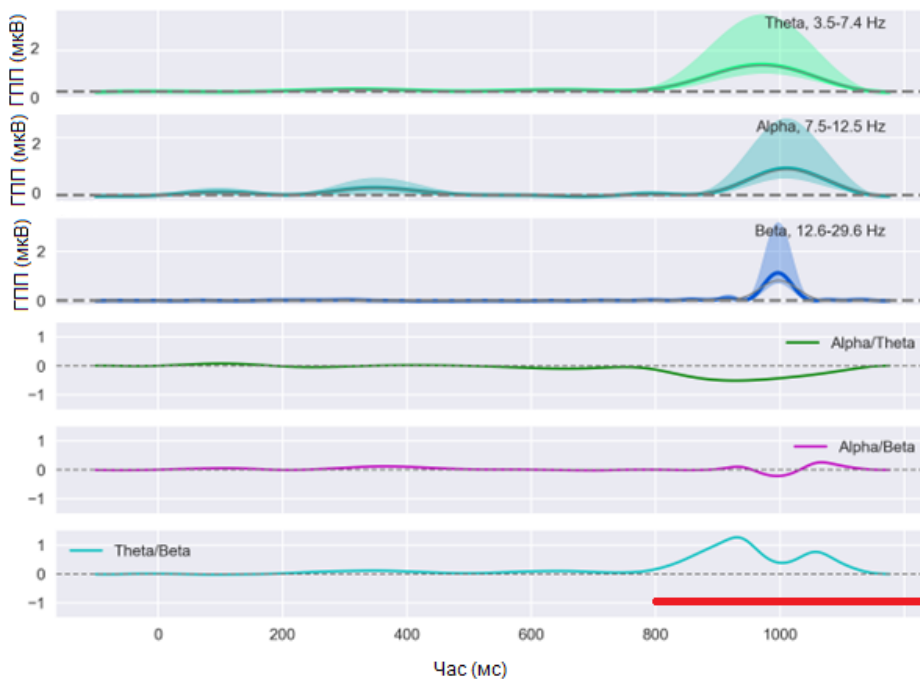
## 5.2 Дослідження експериментальної серії із розмитими обличчями

На рисунку 5.9 можна бачити динаміку зміни ГПП та співвідношень активності в основних піддіапазонах активності для чоловічої групи в станах Д/В та П/В за умов перегляду негативних розмитих зображень, представлених серед частих нейтральних стимулів. Можна відмітити значущо вищі значення коефіцієнту  $\theta/\beta$  в стані Д/В на часовому відтинку 800-1000 мс порівняно із станом П/В ( $z=-2,754$ ,  $p<0,05$ ). З іншого боку, дещо відмінну динаміку для даної стимуляційної проби можна було бачити в жіночій групі при порівнянні станів до та під час повномасштабного вторгнення (рис. 5.10). Так, стан П/В у даній групі характеризувався значущо нижчими значенням коефіцієнта  $\alpha/\theta$  ( $z=2,634$ ,  $p<0,05$ ) та вищим медіанним значенням співвідношення  $\theta/\beta$  ( $z=-2,788$ ,  $p<0,05$ ). В той час як міжгрупове порівняння даних до вторгнення не виявило значущих відмінностей між вибірками (рис. 5.11), суттєво відрізнялися між собою результати порівняння груп чоловіків та жінок під час повномасштабного вторгнення (рис. 5.12). Так, значуще падіння коефіцієнту  $\alpha/\theta$  в жіночій групі спостерігалось у часовому проміжку 600-800 мс ( $z=2,617$ ,  $p<0,05$ ), а в чоловічій – на латентності 800-1000 мс ( $z=2,682$ ,  $p<0,05$ ). Подібні особливості спостерігалась і для коефіцієнту  $\theta/\beta$ : у жіночій групі значуще підвищення відмічалось у часовому проміжку 600-800 мс від моменту подачі рідкісного стимулу ( $z=-2,736$ ,  $p<0,05$ ), в чоловічій – у період 800-1000 мс ( $z=-2,737$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 5.12).

Таким чином, можна бачити, що в умовах демонстрації негативних розмитих облич як рідкісних стимулів можна було спостерігати відмінну динаміку поведінки коефіцієнту  $\theta/\beta$  на пізніх латентностях від моменту подачі рідкісного стимулу: так, обидві групи відзначилися зростанням даного співвідношення, проте у жінок пікове значення виникало у часовому вікні 600-800 мс, а у чоловіків- у період 800-1000 мс. Окрім цього, жінкам у стані П/В притаманним було більш раннє падіння (600-800 мс) коефіцієнта  $\alpha/\theta$  порівняно із станом Д/В та чоловіками в стані П/В. Отже, можна припустити, що обидві групи зазнали труднощів із виконанням завдання в стані П/В, проте жінки зазнавали значущо більш виражених проблем із утримуванням довільної уваги [217] та розгорнутою обробкою облич в даних умовах [138].

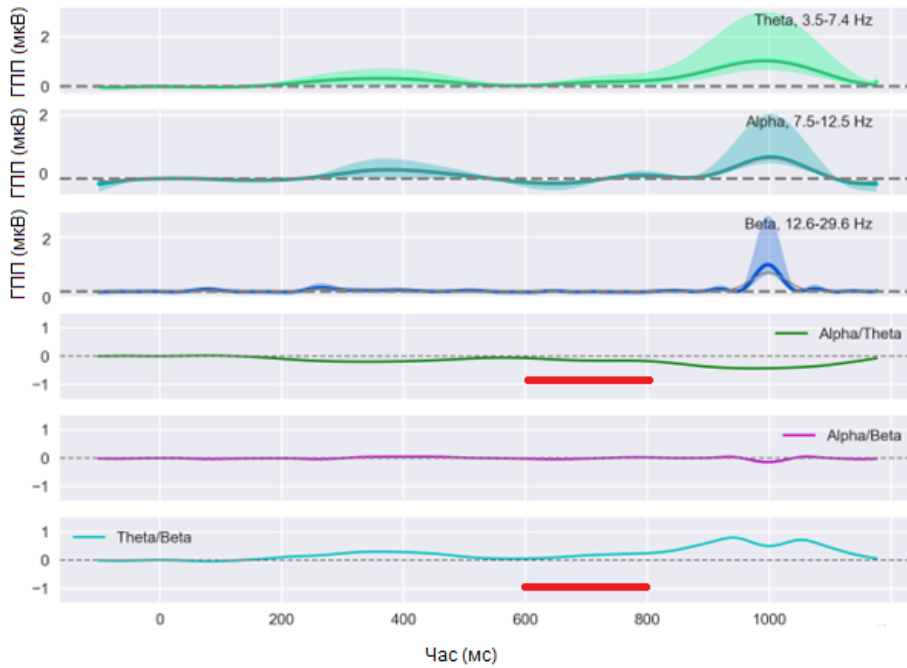


А

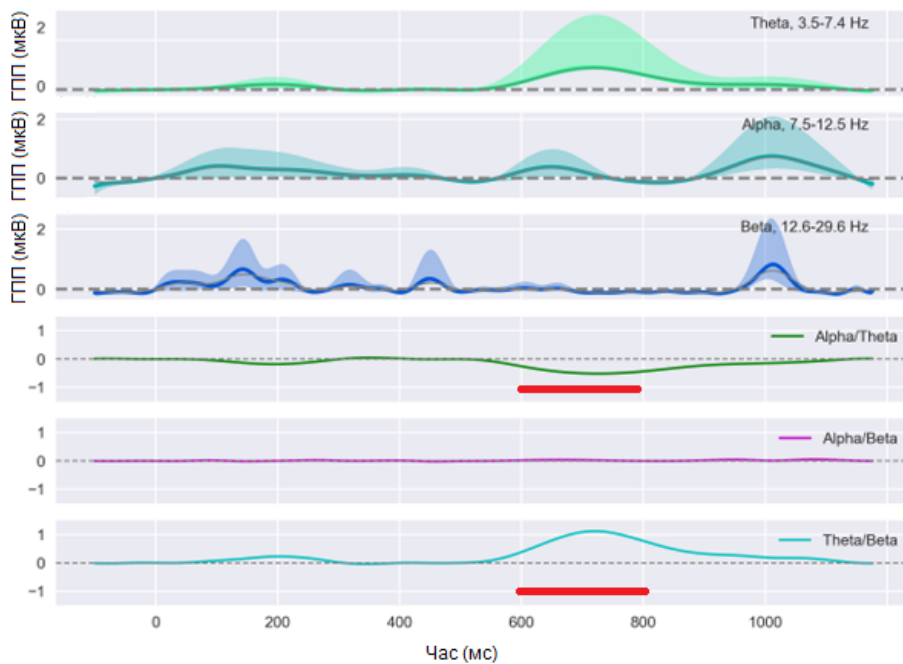


Б

Рис. 5.9 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

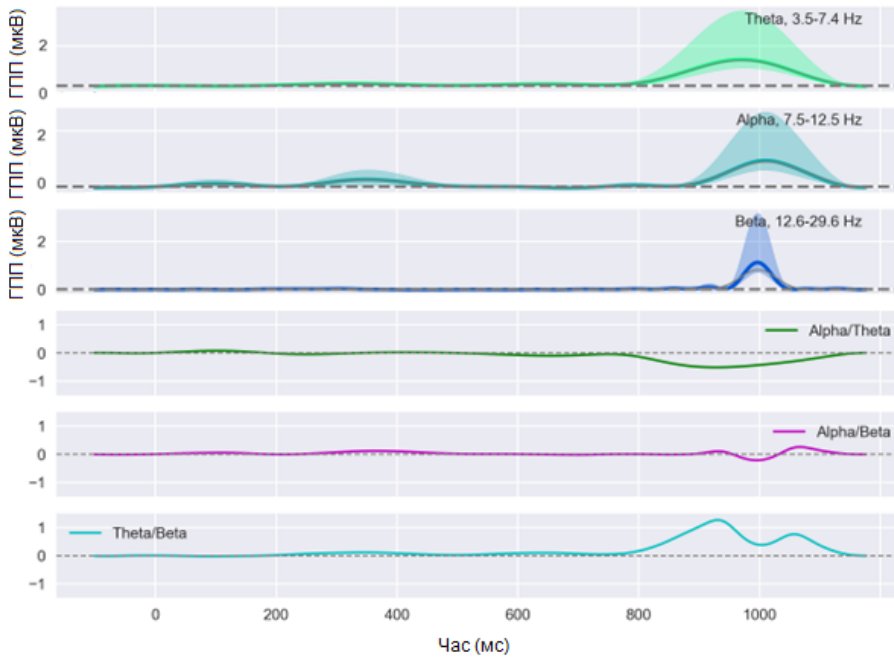


А

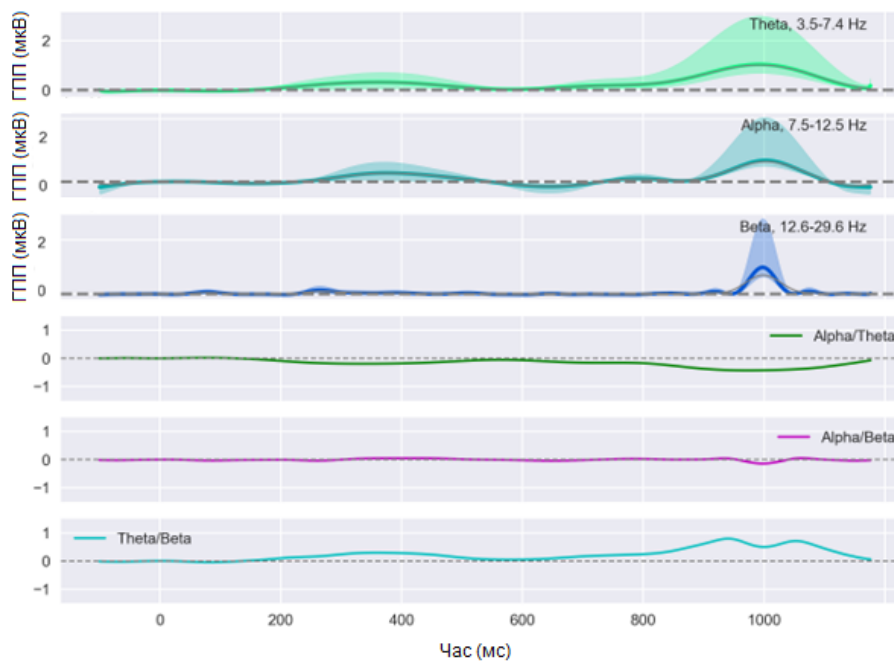


Б

Рис. 5.10 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

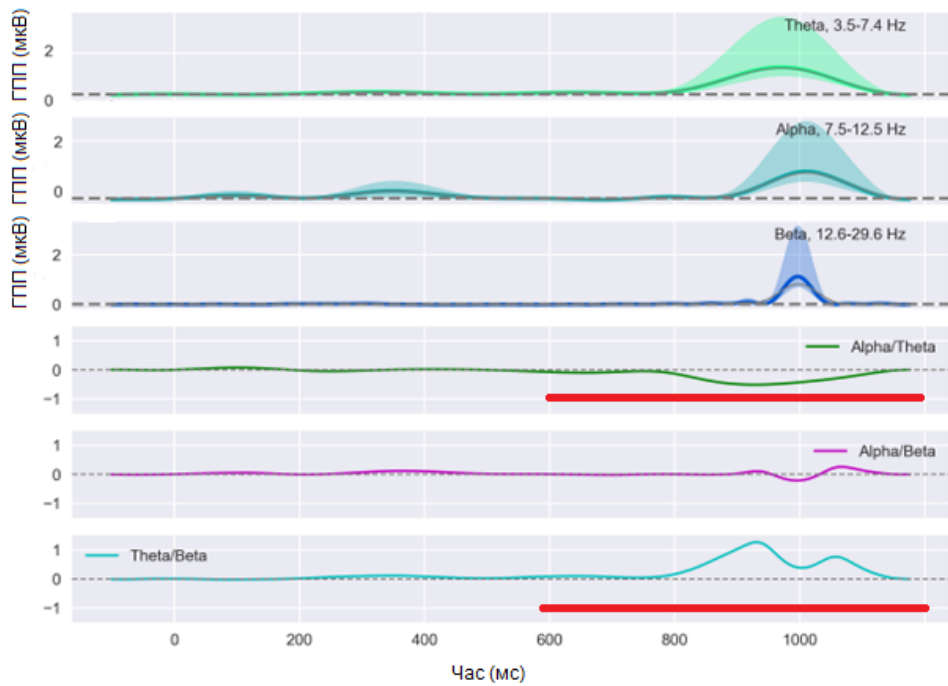


А

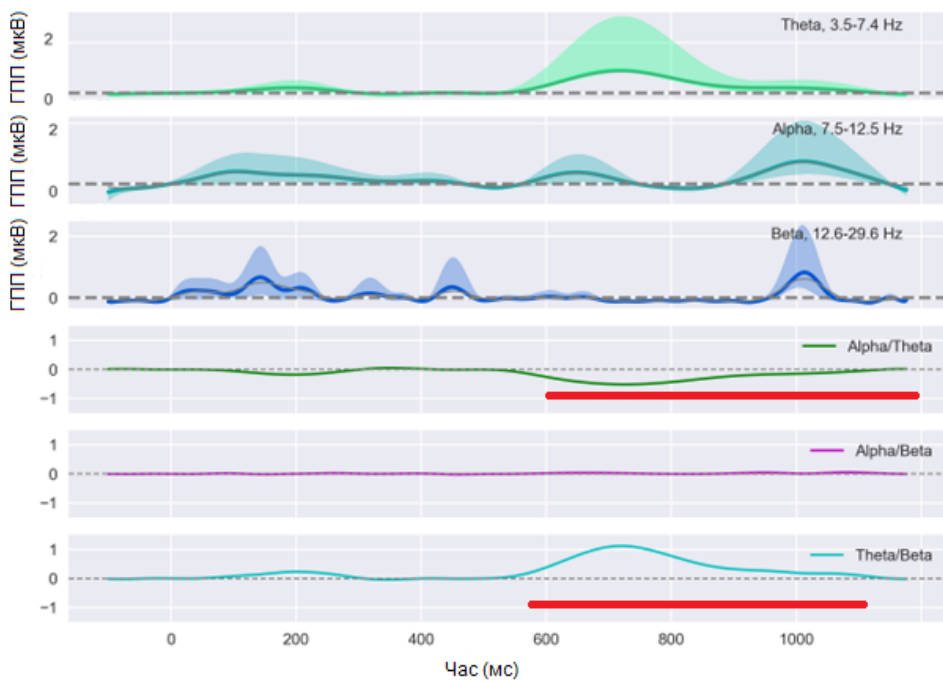


Б

Рис. 5.11 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



Б

Рис. 5.12 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

Дослідження даних, отриманих під час пред'явлення негативних невидозмінених стимулів у середовищі нетральних розмитих облич, виявило значущо вище значення співвідношення  $\theta/\beta$  ( $z=-2,987$ ,  $p<0,05$ ) на ранніх латентностях (близько 200 мс) в стані П/В для групи чоловіків (рис. 5.13). Водночас, жіноча група (рис. 5.14) демонструвала дещо відмінну динаміку. По-перше, значуще падіння медіанного значення співвідношення  $\alpha/\theta$  в стані Д/В було відзначене у часовому проміжку 800-1000 мс ( $z=2,897$ ,  $p<0,05$ ), в той час як в стані П/В воно припадало на часовий проміжок 600-800 мс ( $z=2,856$ ,  $p<0,05$ ). По-друге, подібне можна відзначити для співвідношення  $\theta/\beta$ : дані, отримані до початку повномасштабної агресії, значуще підвищення коефіцієнту можна було спостерігати на латентності 800-1000 мс ( $z=-2,783$ ,  $p<0,05$ ); у стані П/В таке підвищення припадало на часове вікно 600-800 мс ( $z=-2,812$ ,  $p<0,05$ ).

Подібну до попередньо описаної динаміки можна було відмітити при порівнянні чоловічої та жіночої груп у стані Д/В. У жіночій групі значуще падіння медіанного значення співвідношення  $\alpha/\theta$  в стані Д/В було відзначене у часовому проміжку 800-1000 мс ( $z=2,654$ ,  $p<0,05$ ), в той час як в чоловічій групі воно відмічалось на латентності 600-800 мс ( $z=2,643$ ,  $p<0,05$ ). По-друге, подібне можна відзначити для співвідношення  $\theta/\beta$ : дані жіночої групи позначалися значущим підвищенням коефіцієнту можна на латентності 800-1000 мс ( $z=-2,887$ ,  $p<0,05$ ); у чоловіків таке підвищення припадало на часове вікно 600-800 мс ( $z=-2,773$ ,  $p<0,05$ ).

Зрештою, на рис. 5.16 можна побачити результати міжгрупового порівняння даних, отриманих під час повномасштабного вторгнення. Чоловіча група позначилась значущо вищим медіанним значенням співвідношення  $\theta/\beta$  у часовому проміжку 600-800 мс ( $z=2,689$ ,  $p<0,05$ ).

Результати, отримані для даної експериментальної серії, виявили подібні до попередньо описаної проби. Проте можна відмітити суттєве падіння уваги та когнітивної виконавчої спроможності для чоловічої групи в стані П/В порівняно із довоєнним станом та показниками жіночої групи в стані П/В.

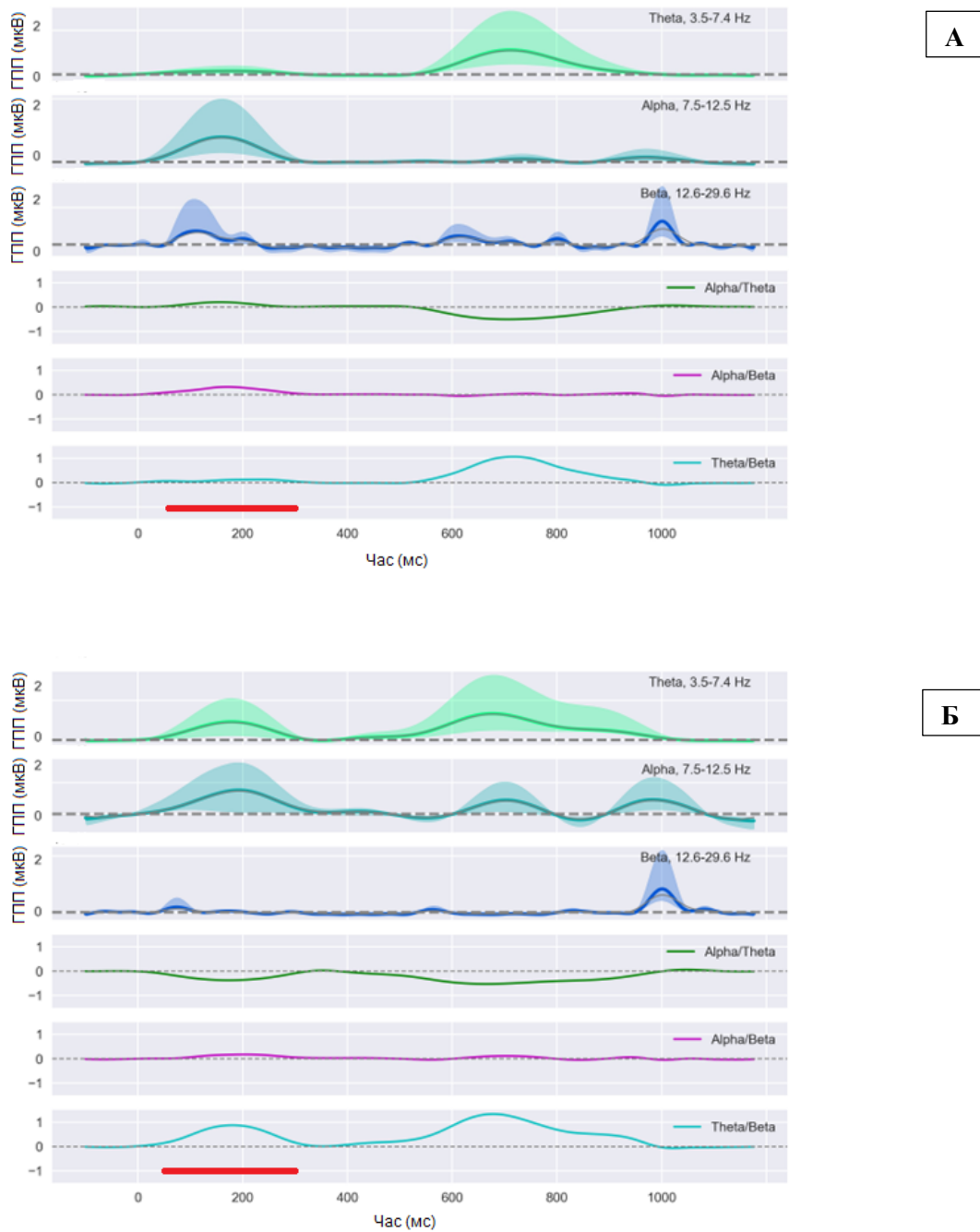
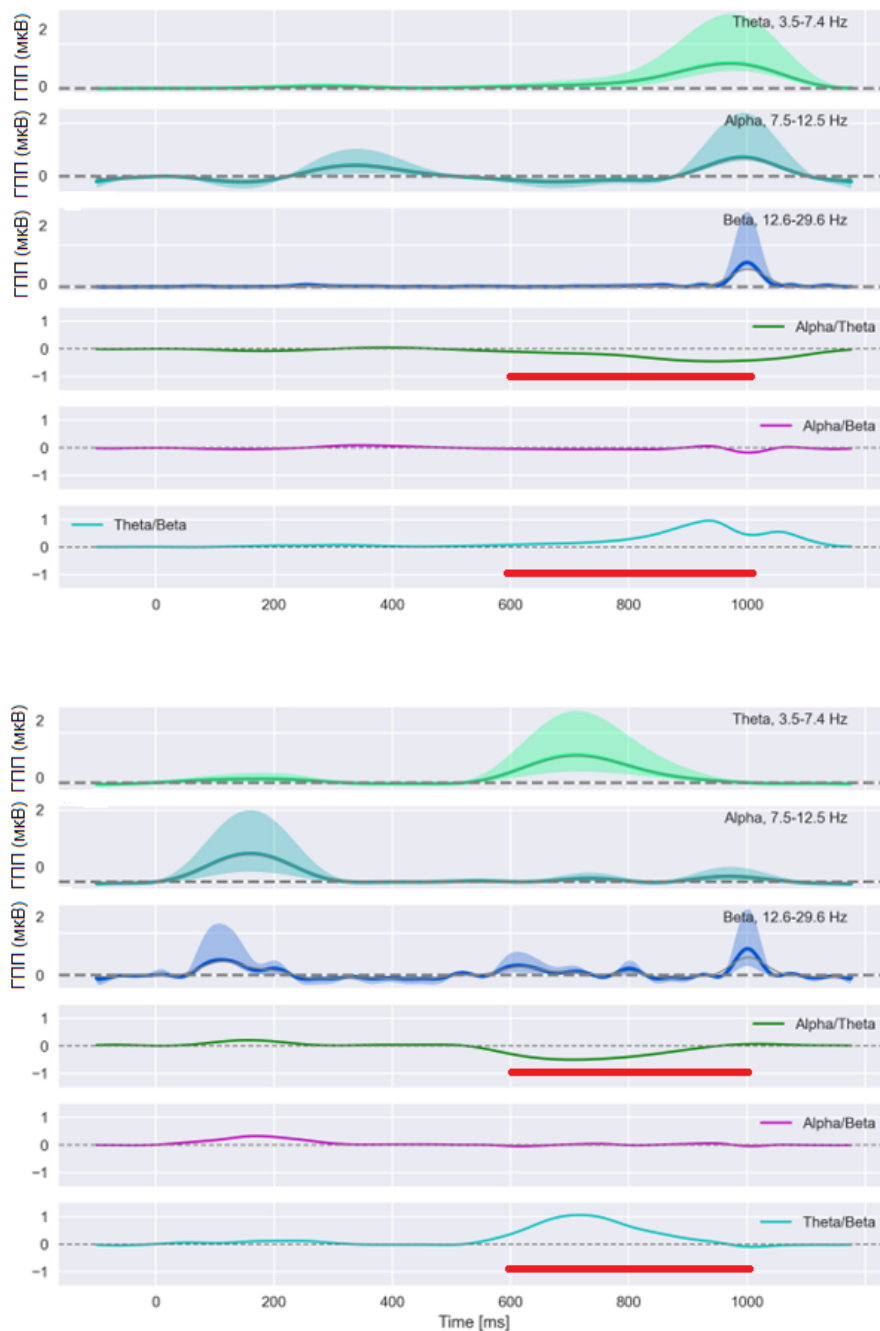


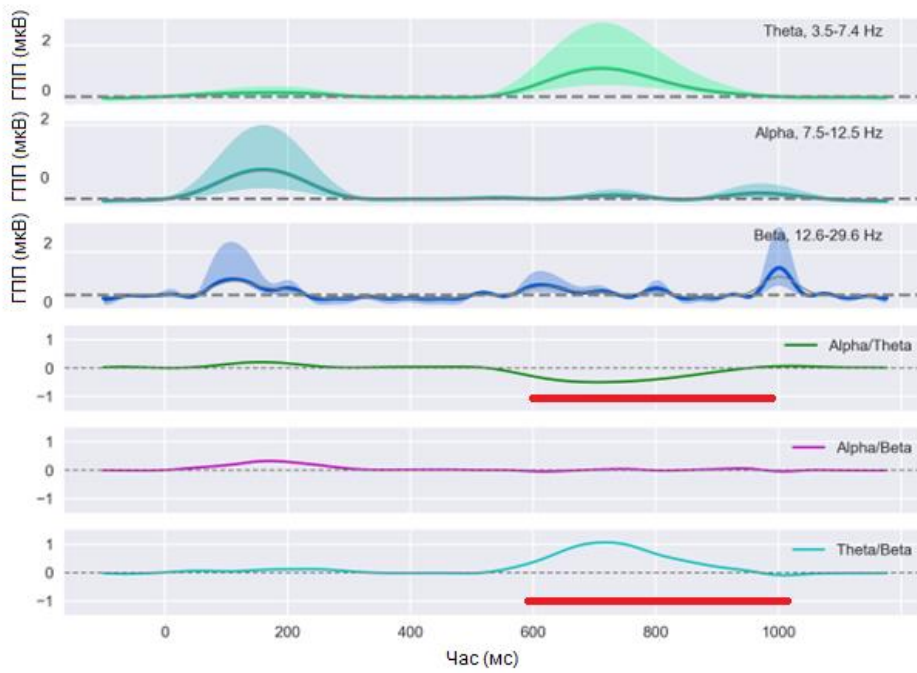
Рис. 5.13 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі чоловіків до (n=21) (А) та під час (n=19) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



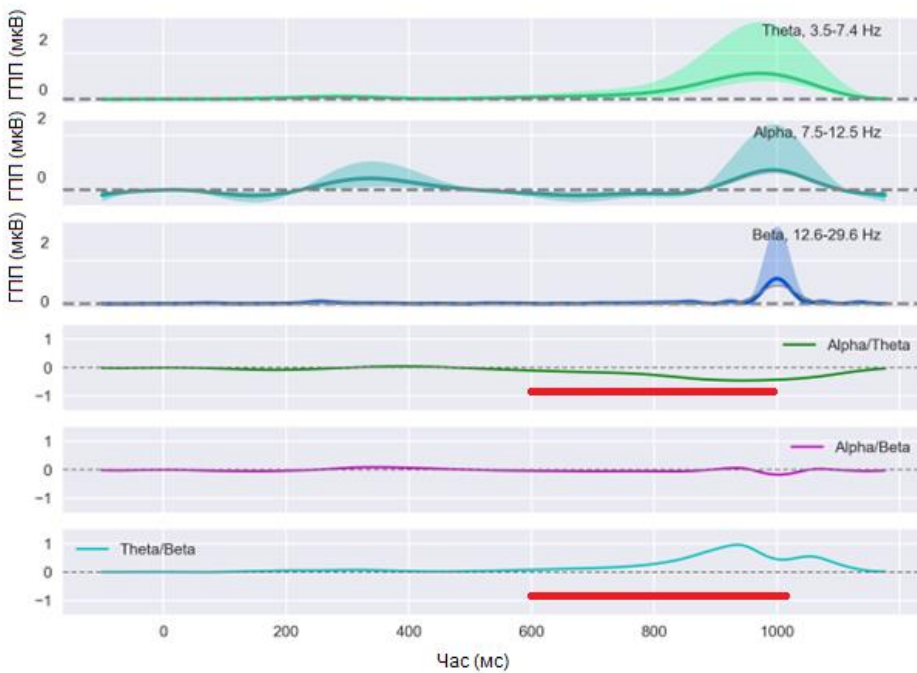
А

Б

Рис. 5.14 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

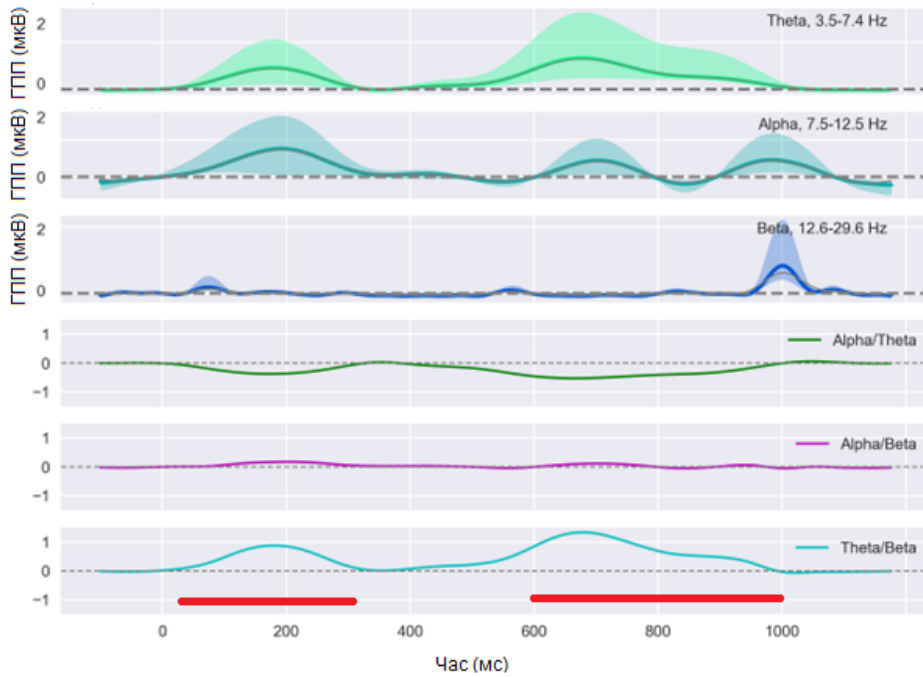


А

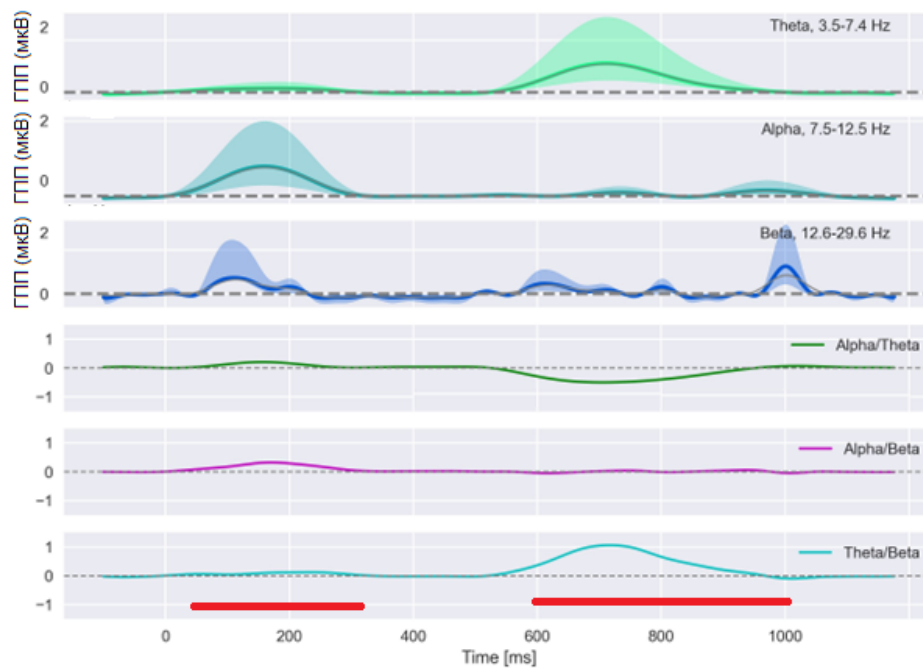


Б

Рис. 5.15 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



Б

Рис. 5.16 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення за умов демонстрації негативних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

Дослідження даних, отриманих за умов пред'явлення нейтральних розмитих облич як рідкісних стимулів серед частих негативних стимулів, загалом продемонструвало динаміку, описану для попередньої стимуляційної проби.

Так, у чоловічій групі можна було спостерігати нижче значення співвідношення  $\alpha/\theta$  ( $z=2,748$ ,  $p<0,05$ ) у часовому вікні 800-1000 мс для стану Д/В у порівнянні із станом П/В (рис. 5.17). Окрім цього, у стані Д/В коефіцієнт  $\theta/\beta$  у період 800-1000 мс був значущо вищим ( $z=-2,888$ ,  $p<0,05$ ), порівняно із показниками даних, отриманих під час повномасштабного вторгнення.

В той же час, у жіночій групі (рис. 5.18) можна відмітити декілька особливостей динаміки глобального потенціалу потужності: в стані Д/В значущо нижчим значеннями коефіцієнту  $\alpha/\theta$  ( $z=2,689$ ,  $p<0,05$ ) характеризувався часовий проміжок 600-800 мс, в той як в стані П/В подібне падіння ( $z=2,732$ ,  $p<0,05$ ) можна було бачити на латентності 800-1000 мс від моменту подачі рідкісного стимулу. Водночас, медіанне значення співвідношення  $\theta/\beta$  було вищим у проміжку 800-1000 мс для стану Д/В ( $z=-2,889$ ,  $p<0,05$ ), тоді як дані, отримані під час повномасштабного вторгнення, демонстрували більш раннє зростання значень даного коефіцієнту, а саме в період 450-800 мс ( $z=-2,808$ ,  $p<0,05$ ).

Міжгрупове порівняння даних, отриманих до початку повномасштабної агресії (рис.5.19) значущих відмінностей не виявило. Разом з тим, відмінні прояви спостерігались у стані П/В (рис. 5.20): у період 450-1000 мс коефіцієнт  $\theta/\beta$  був значущо вищим ( $z=2,882$ ,  $p<0,05$ ) для жіночої групи порівняно із чоловічою.

Отже, коли розмиті нейтральні стимули демонструвались серед негативних невидозмінених, для чоловічої групи при порівнянні станів Д/В та П/В можна відмітити підвищене залучення та функціональну активність на пізніх латентностях. Разом з тим, у жіночої групи коефіцієнт  $\alpha/\theta$  характеризувався більш раннім зниженням значення в стані Д/В порівняно із П/В. Окрім цього, знову можна відмітити значуще підвищення показника  $\theta/\beta$  для пізніх латентностях з моменту подачі рідкісного стимулу.

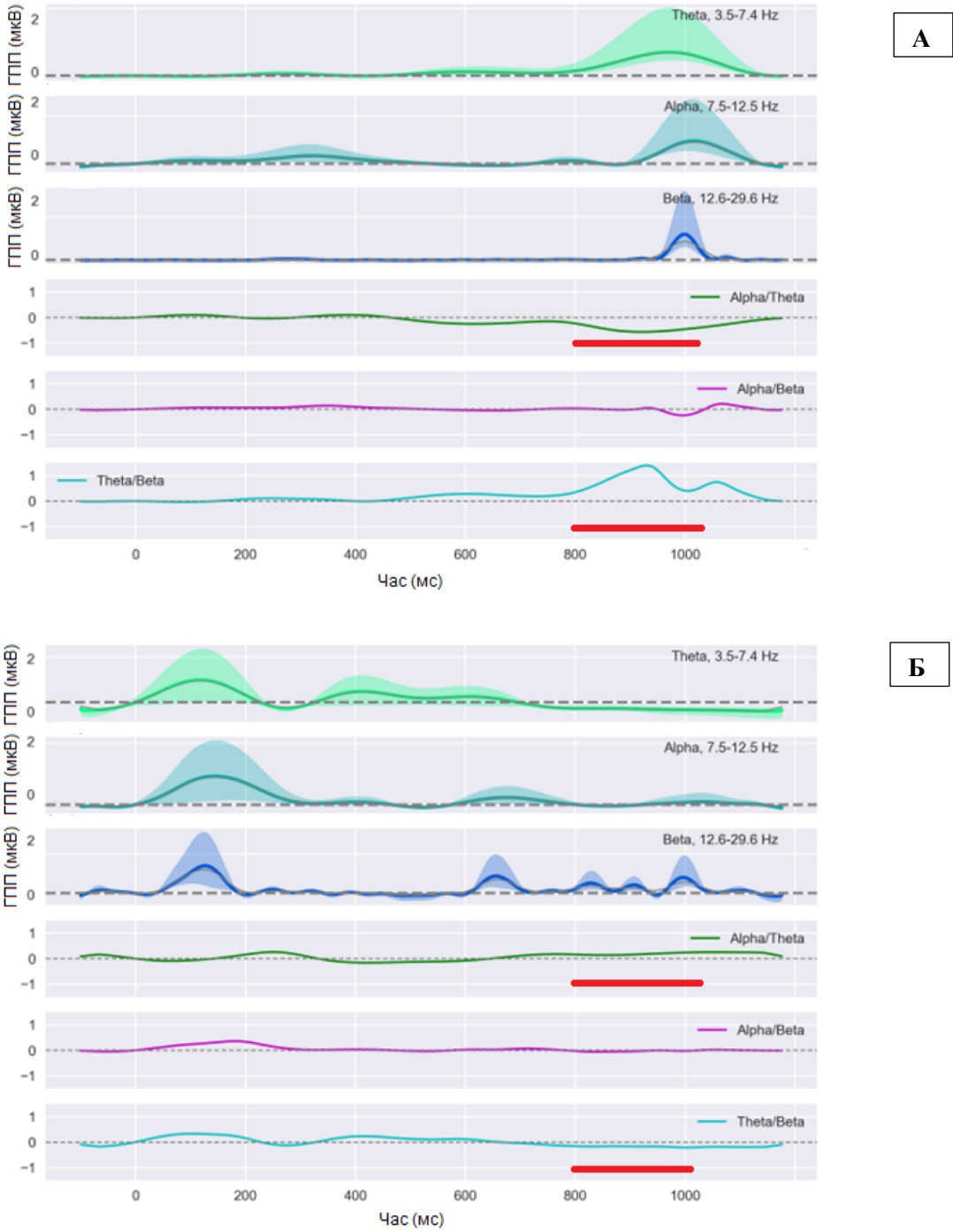
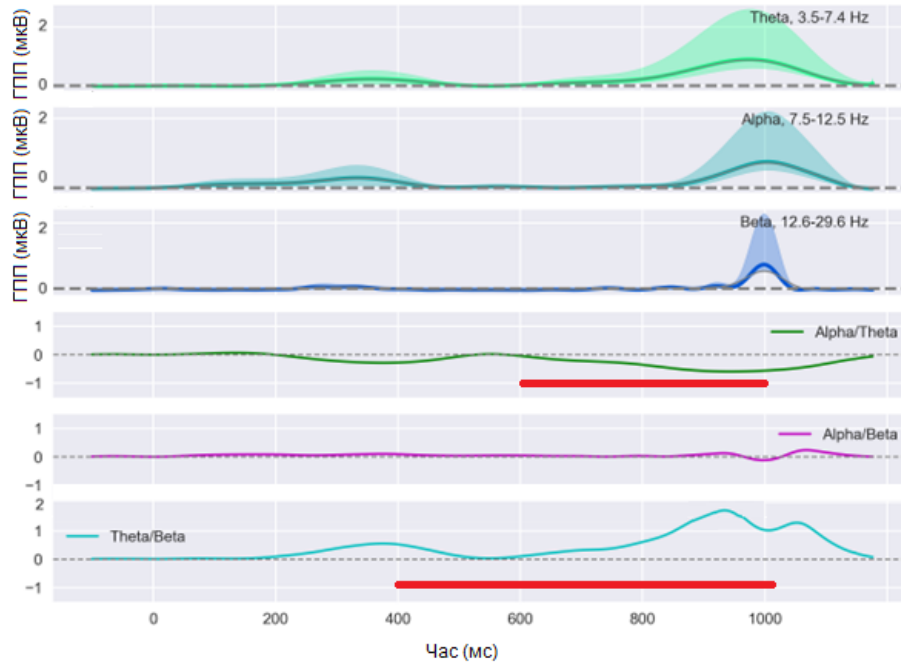
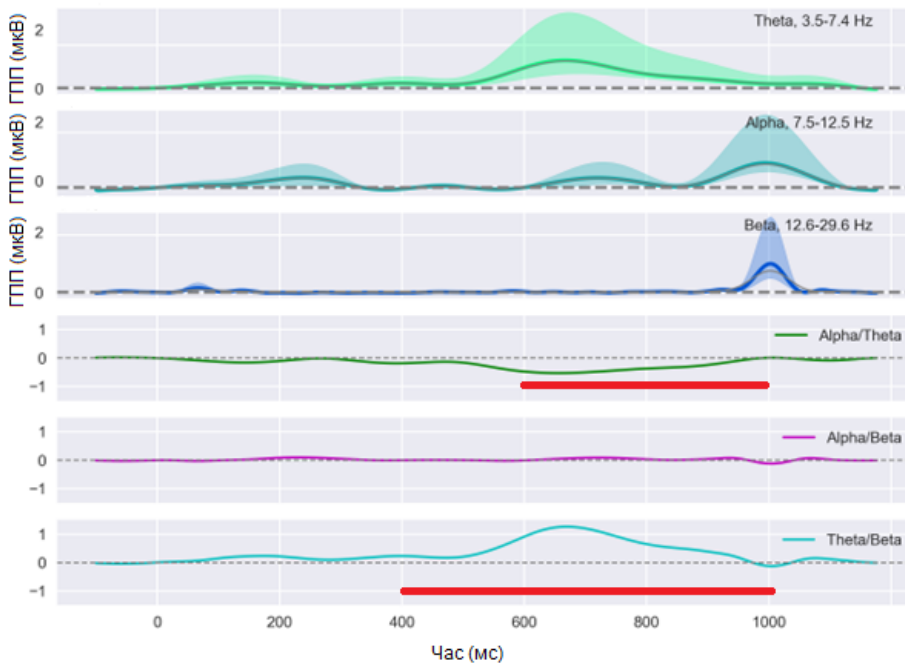


Рис. 5.17 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до (n=21) (А) та під час (n=19) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед негативних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

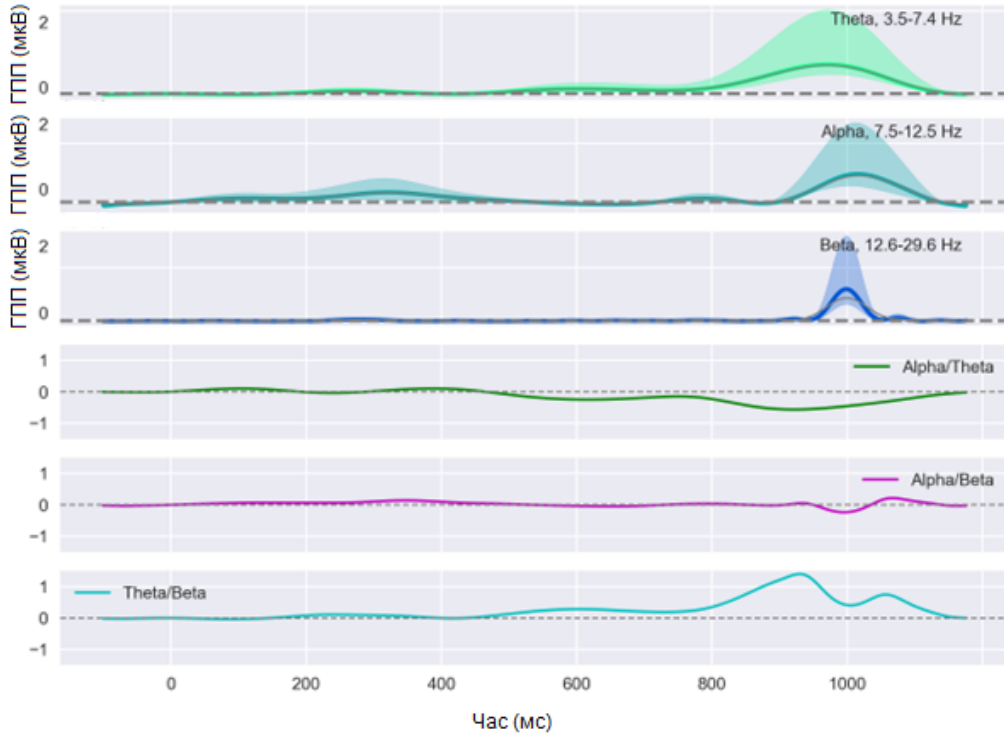


А

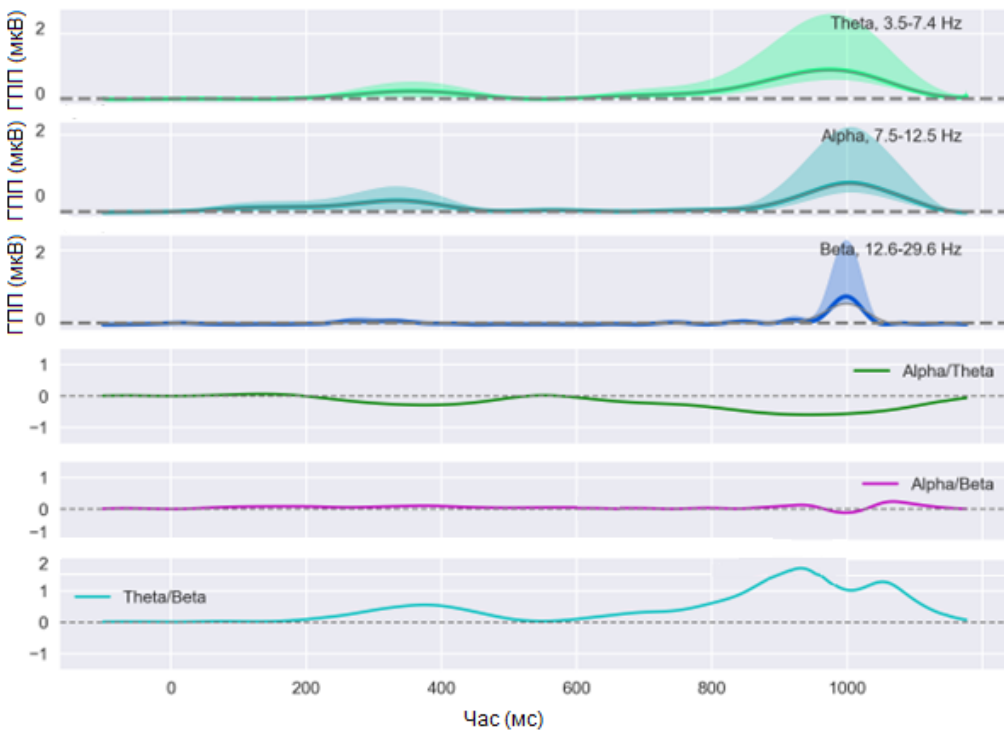


Б

Рис. 5.18 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед негативних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

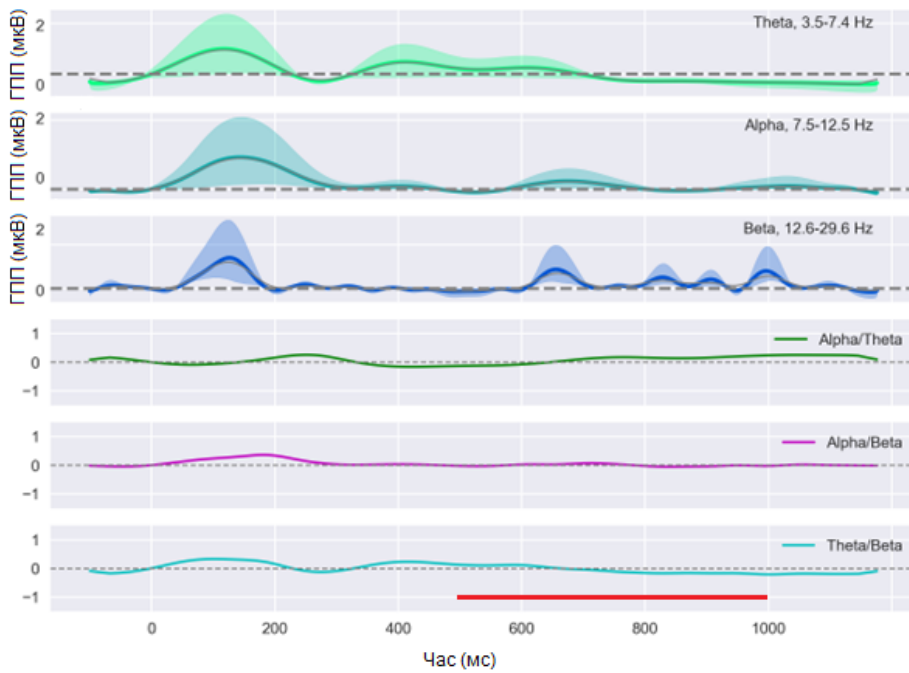


A

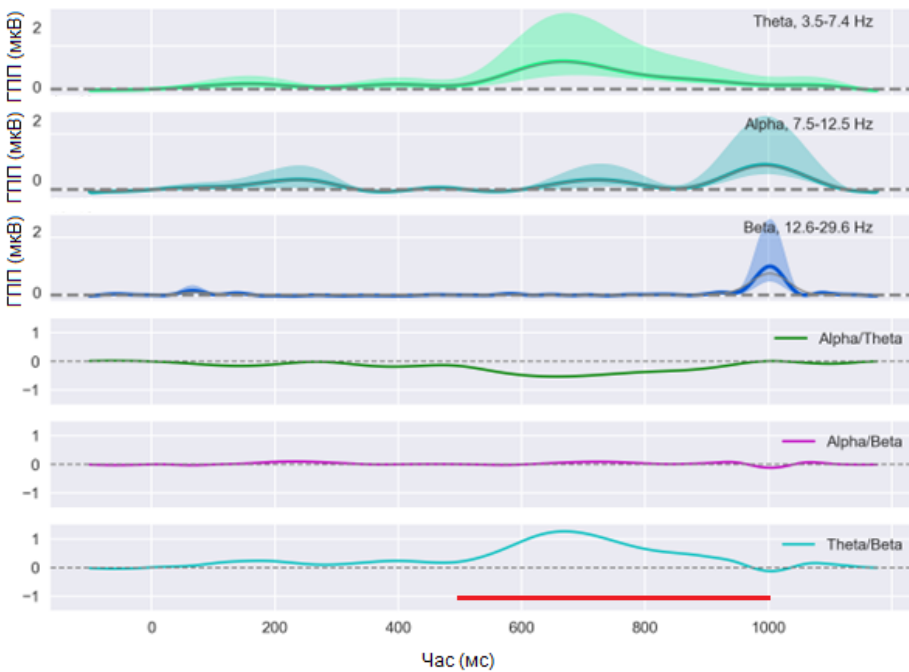


B

Рис. 5.19 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків (n=21) (А) та жінок (n=22) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед негативних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу.



А



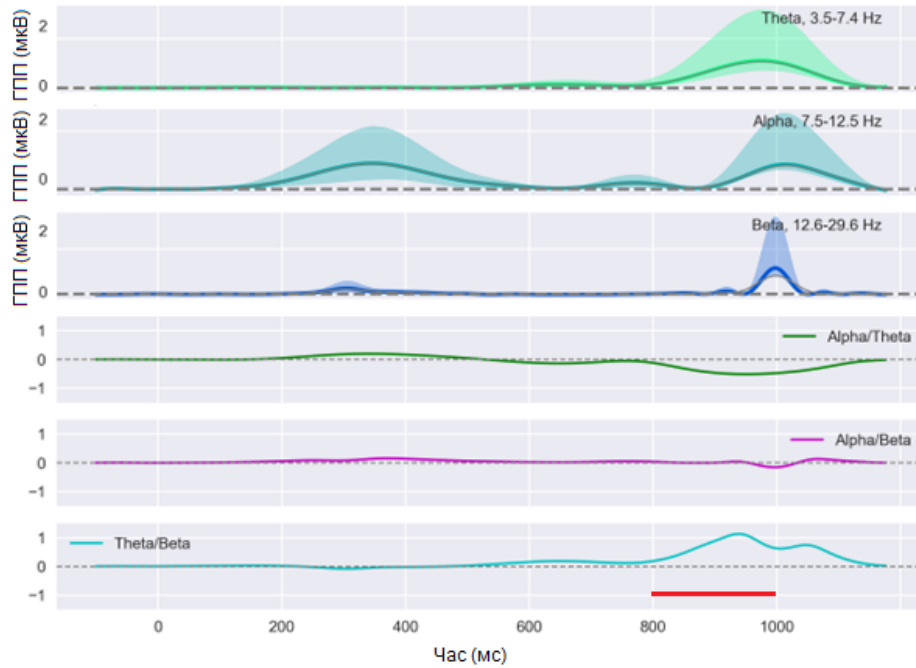
Б

Рис. 5.20 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед негативних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

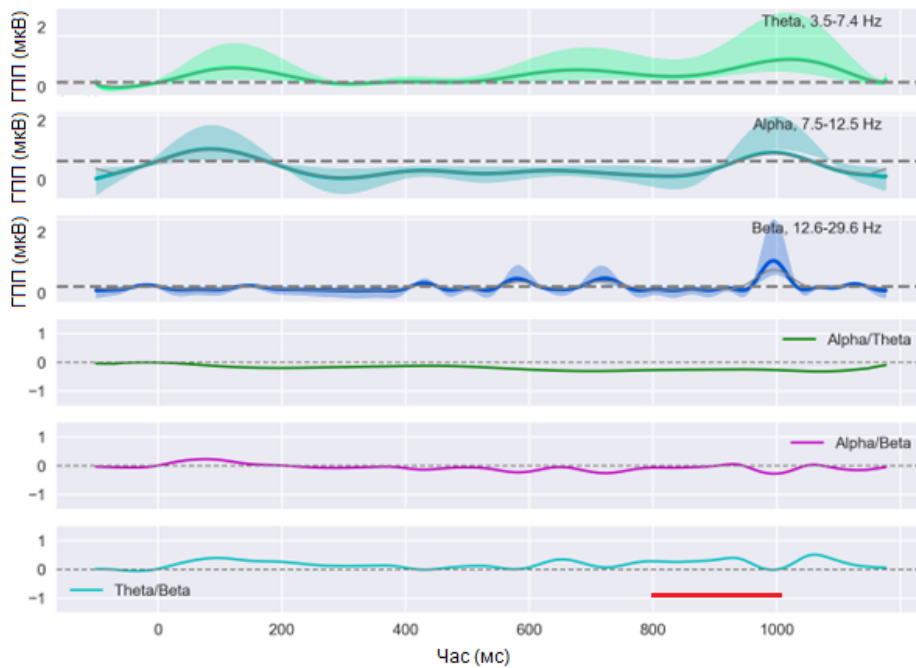
При демонстрації нейтральних облич з-поміж негативних розмитих частих стимулів було виявлено ряд відмінних від попередньо описаних закономірностей. Так, наприклад, при порівнянні станів Д/В та П/В у чоловічій групі (рис. 5.21) було виявлено значущо вище значення співвідношення  $\theta/\beta$  у часовому проміжку 800-1000 мс для стану Д/В ( $z=2,881$ ,  $p<0,05$ ). Разом з тим, подібну динаміку можна було спостерігати і в жіночій групі ( $z=2,675$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 5.22). Окрім цього, стан П/В для жінок характеризувався значущо меншим значенням співвідношення  $\alpha/\theta$  у часовому проміжку 800-1000 мс порівняно із станом Д/В ( $z=2,798$ ,  $p<0,05$ ).

На рис.5.23 можна бачити міжгрупове порівняння для стану Д/В. Так, для жіночої групи спостерігалися значущо вищі значення коефіцієнту  $\theta/\beta$  у часовому вікні 800-1000 мс ( $z=-2,773$ ,  $p<0,05$ ). Водночас, при проведенні міжгрупового порівняння для даних, отриманих під час повномасштабної військової агресії, значущих відмінностей між групами чоловіків та жінок виявлено не було (рис. 5.24).

Аналогічно до показників, отриманих для попередньої проби, в якій нейтральні стимули виступали рідкісними в середовищі негативних, можна було спостерігати суттєво більш виражену реакцію чоловічої групи в стані П/В порівняно із станом Д/В, що можна відстежити за динамікою співвідношення  $\theta/\beta$  на пізніх латентностях. Проте у випадку пред'явлення нейтральних невидозмінених облич серед негативних розмитих, подібний зсув у значеннях  $\theta/\beta$  коефіцієнту можна було бачити і для жіночої групи.

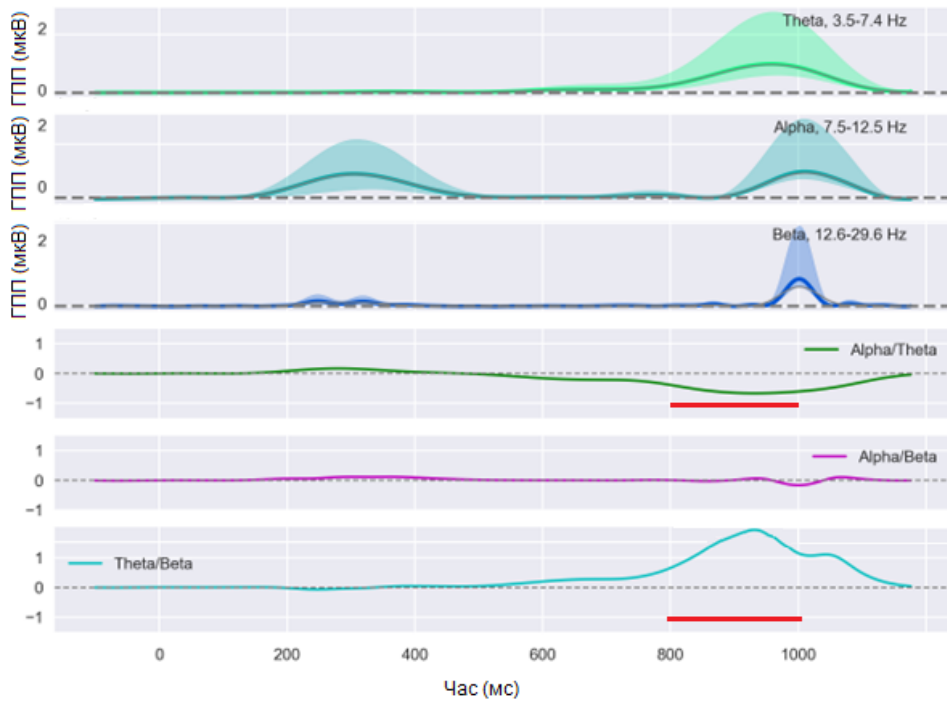


А

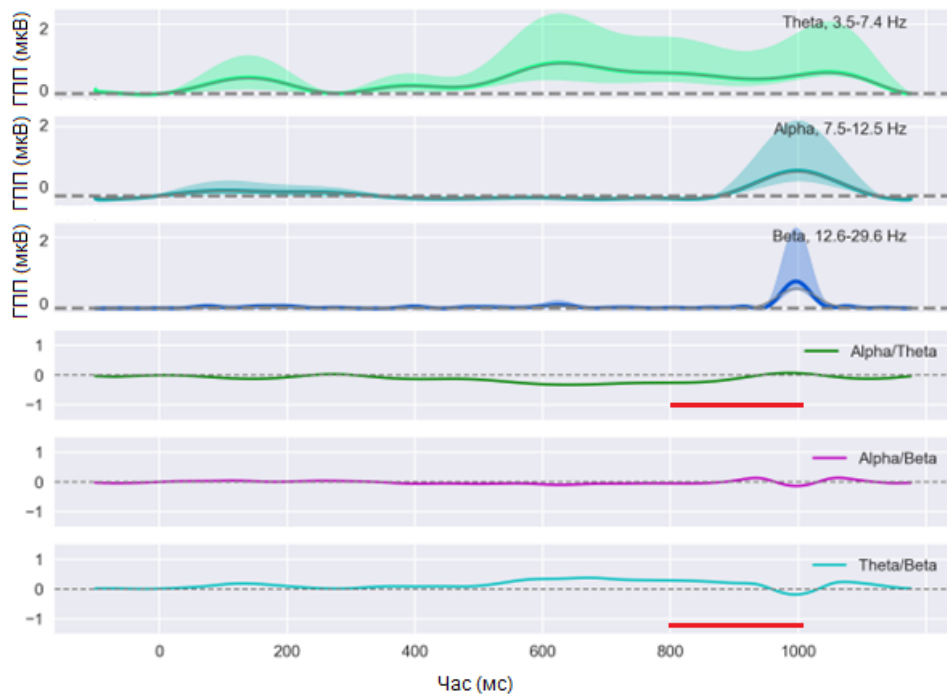


Б

Рис. 5.21 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед негативних розмитих облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

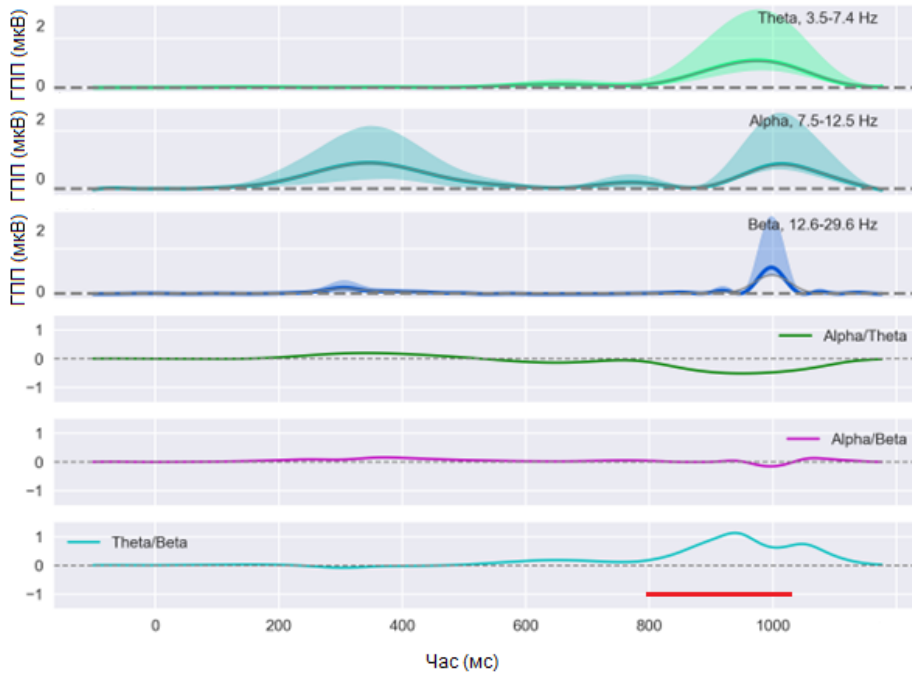


А

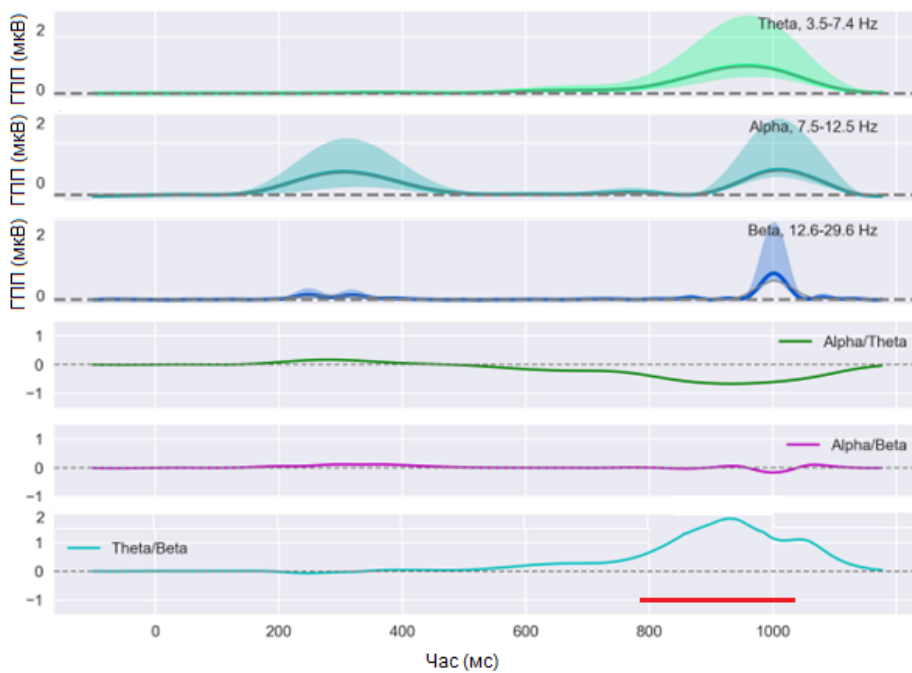


Б

Рис. 5.22 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед негативних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

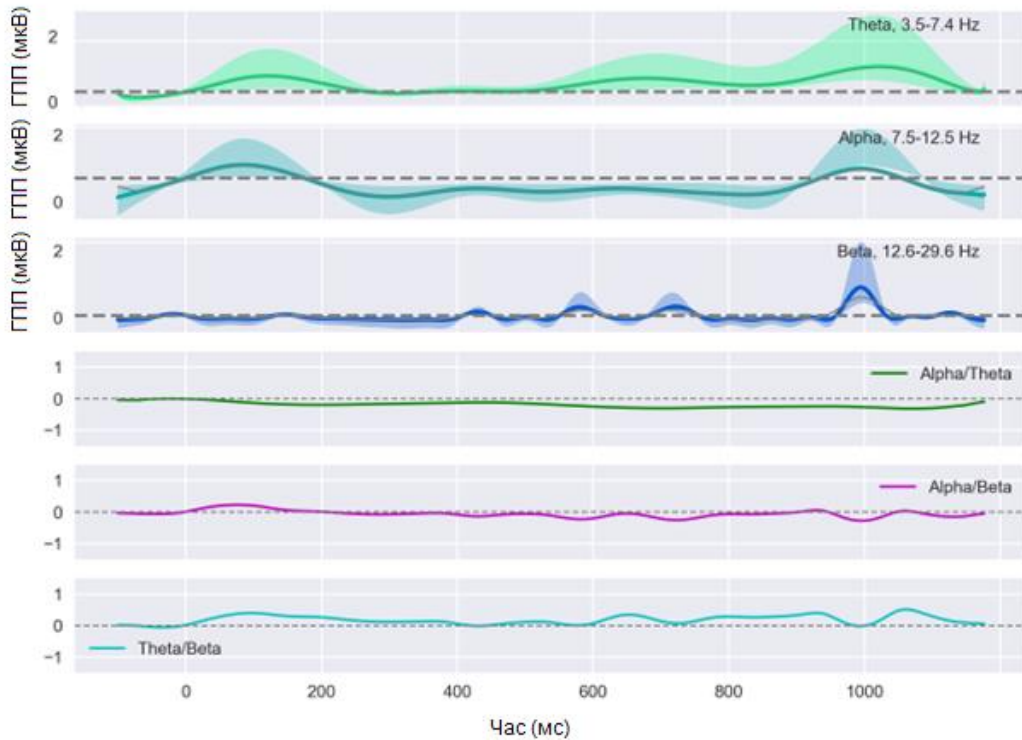


А

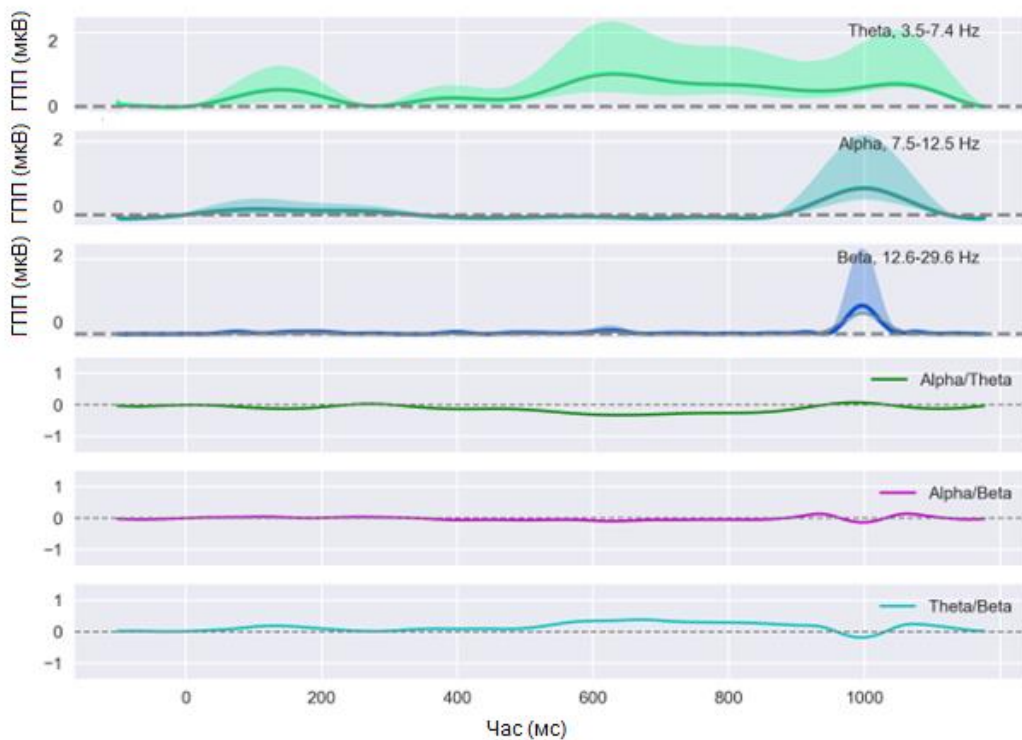


Б

Рис. 5.23 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед негативних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



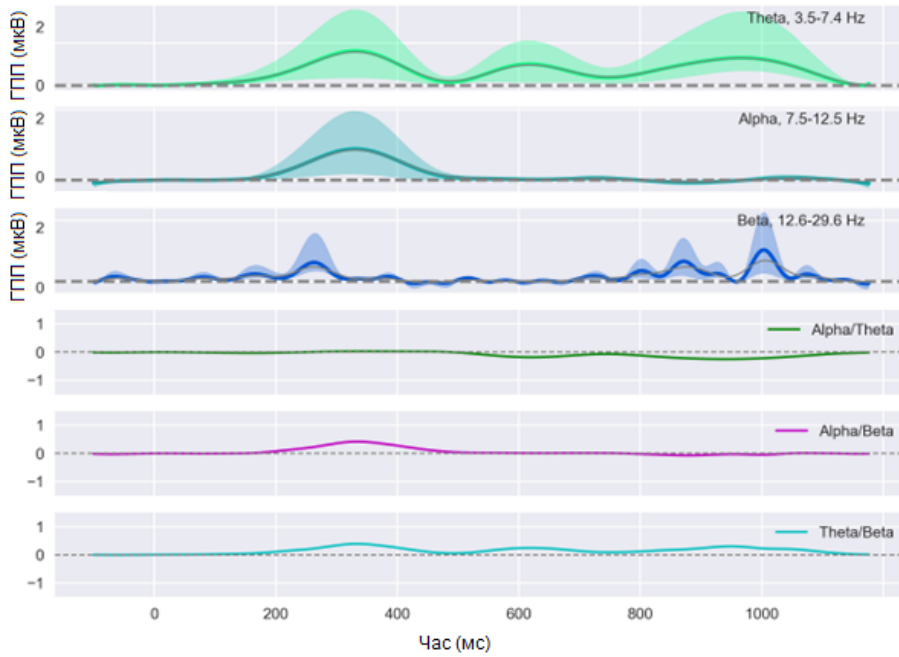
Б

Рис. 5.24 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) після початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед негативних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу.

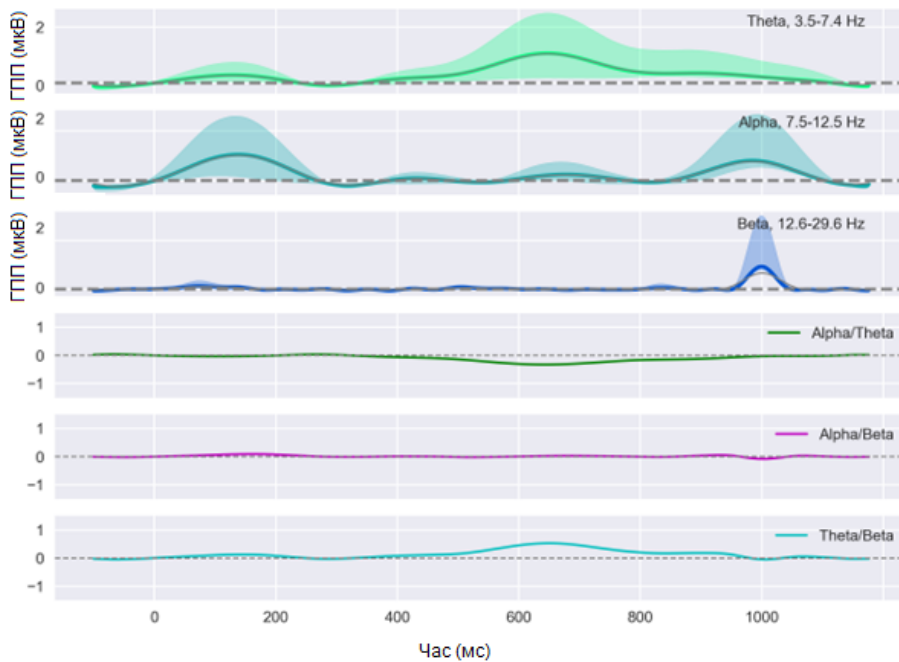
Ряд особливостей динаміки поведінки глобального потенціалу потужності спостерігався під час перегляду серії із нейтральними розмитими рідкісними стимулами серед позитивних частих подразників були віднайдені при порівнянні станів Д/В та П/В у чоловічій групі (рис. 5.25). Так, наприклад, для коефіцієнту  $\theta/\beta$  відмічалися стабільно вищі значення ( $z=2,881, p<0,05$ ) протягом всього розглянутого періоду (0-1000 мс) в стані П/В. Разом з тим, у часовому проміжку 200-1000 мс спостерігались відмінності у поведінці співвідношення  $\alpha/\theta$ : у стані П/В формувалося тяжіння до негативного значення коефіцієнту із формуванням окремих піків близько 400 мс ( $z=2,675, p<0,05$ ), 700 мс ( $z=2,677, p<0,05$ ) та 900 мс ( $z=2,681, p<0,05$ ). У жіночій групі (рис. 5.26) подібних значущих відмінностей не спостерігалось, як і при міжгруповому порівнянні стану Д/В (рис. 5.27).

При проведенні міжгрупового порівняння для стану П/В було виявлено ряд відмінностей у динаміці ГПП, притаманних чоловічій групі (рис. 5.28): описані попередньо значущо вищі значення коефіцієнту  $\theta/\beta$  були такими і при порівнянні між чоловічою та жіночою групами ( $z=2,789, p<0,05$ ).

Найбільш яскравою ознакою процесу сприйняття нейтральних розмитих облич у середовищі позитивних подразників було генералізоване підвищення значення співвідношення  $\theta/\beta$  для чоловічої групи в стані П/В. Дана динаміка підкріплювалась також формуванням ряду від'ємних піків у середньому часовому вікні для коефіцієнту  $\alpha/\theta$  у даній групі, що загалом можуть виступати на підтвердження утрудненого виконання даного типу когнітивного навантаження. Разом з тим, подібні виражені зміни для жіночої групи не спостерігалися.



А



Б

Рис. 5.25 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед позитивних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

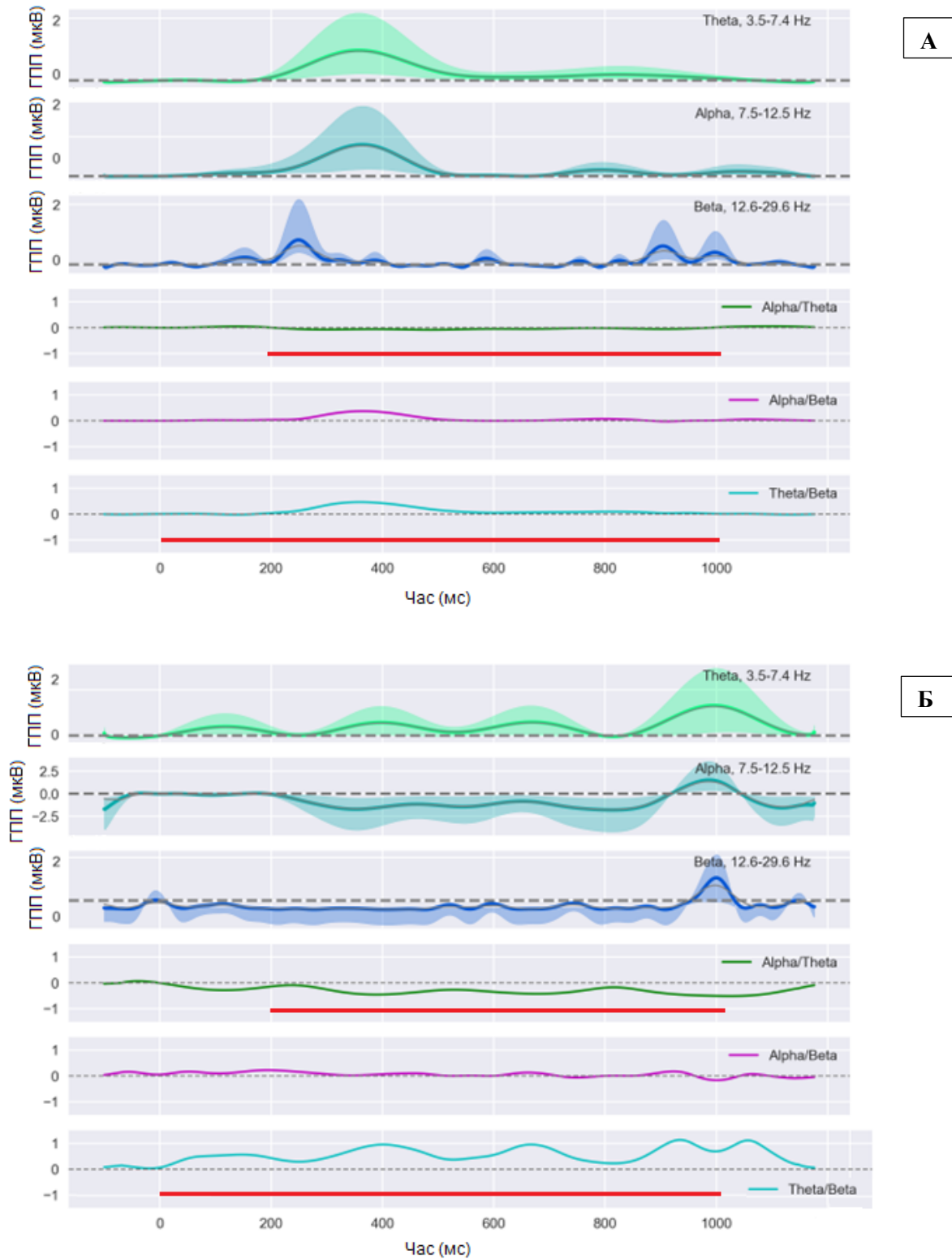


Рис. 5.26 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед позитивних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу.

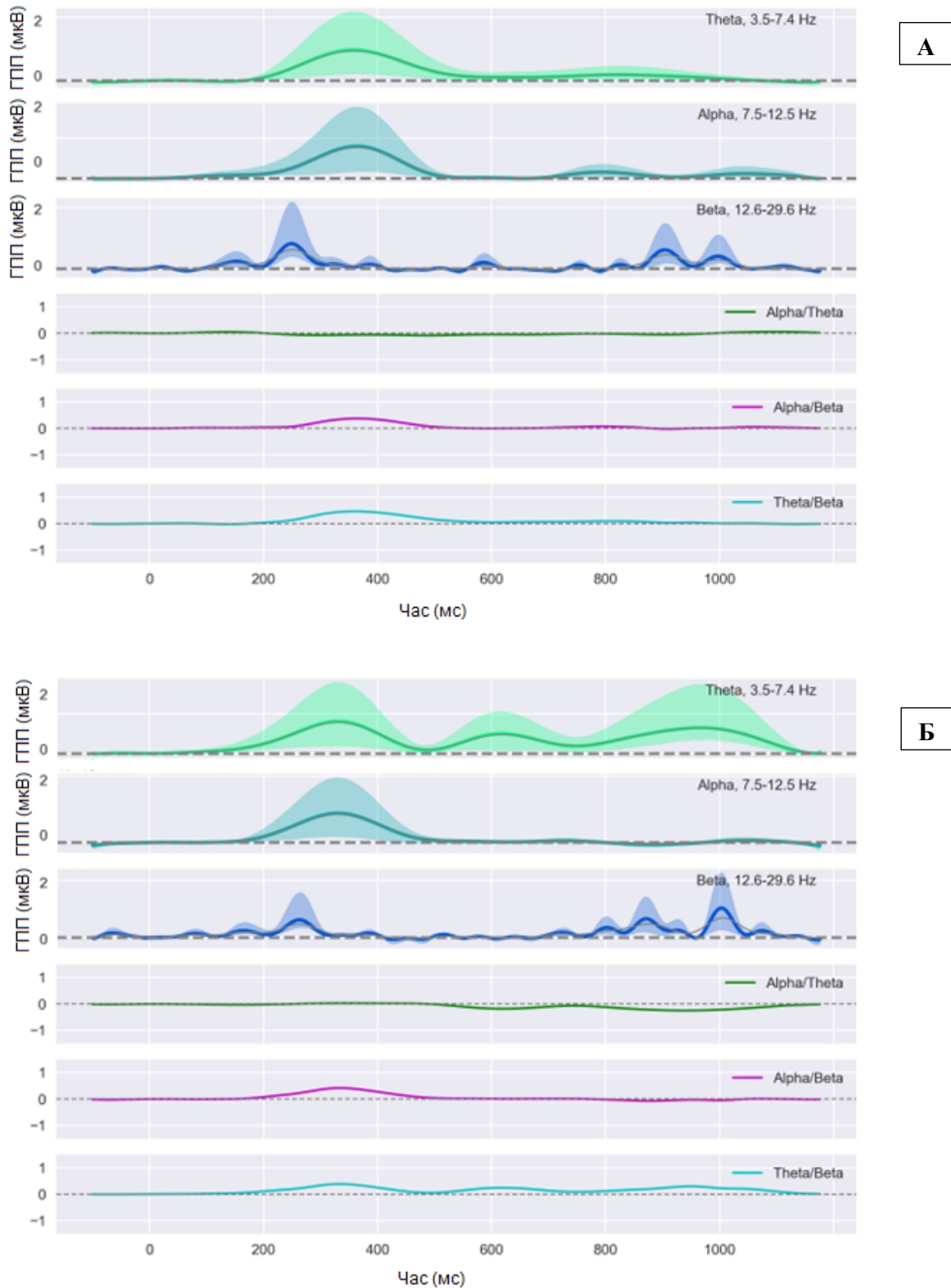
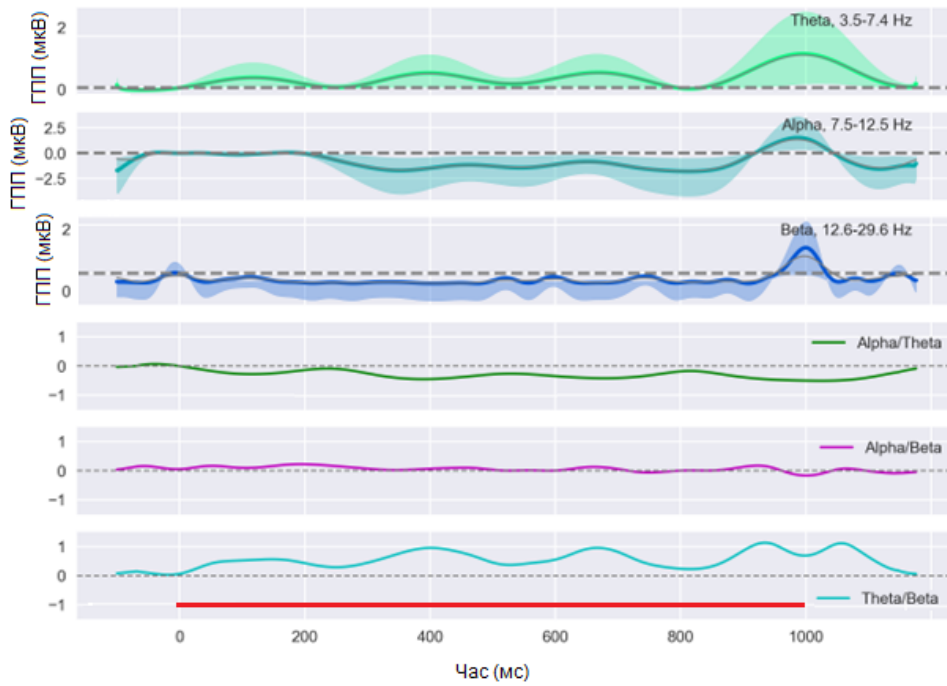
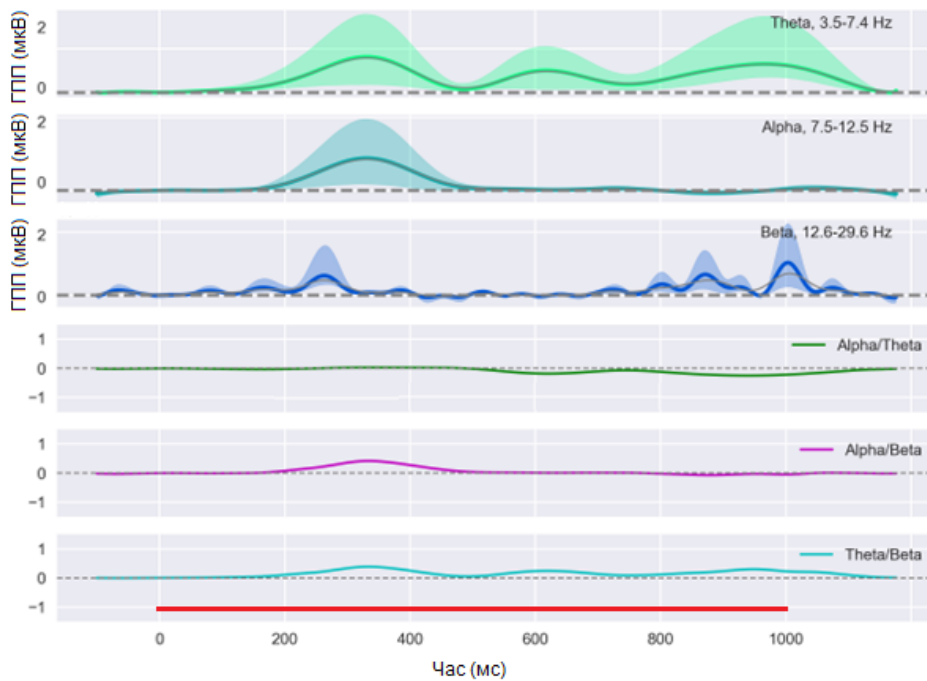


Рис. 5.27 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків (n=21) (А) та жінок (n=22) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед позитивних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу.



А



Б

Рис. 5.28 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) під час повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних розмитих облич серед позитивних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

У випадку перегляду експериментальної серії із нейтральними обличчями, представленими у середовищі розмитих позитивних зображень, для чоловічої групи порівняння станів до та під час повномасштабного вторгнення значущих відмінностей не виявило (рис. 5.29). Разом з тим, аналогічне порівняння в жіночій групі підкреслило ряд відмінностей (рис. 5.30): для співвідношення  $\alpha/\theta$  спостерігалось нижче ( $z=2,691$ ,  $p<0,05$ ) значення коефіцієнту у часовому вікні 800-1000 мс для стану П/В; для коефіцієнту  $\beta/\theta$  вищі значення ( $z=2,778$ ,  $p<0,05$ ) були відмічені для стану Д/В у період 600-1000 мс.

Міжгрупове порівняння для даної стимуляційної проби, проведене із даними, отриманими період до повномасштабної агресії, підкреслило наявність відмінностей (рис. 5.31) між чоловіками та жінками для співвідношень  $\alpha/\theta$  та  $\theta/\beta$ . Так, у жіночій групі значення коефіцієнту  $\alpha/\theta$  на латентності 800-1000 мс було значущо вищим ( $z=-2,883$ ,  $p<0,05$ ), в той час як чоловіча група продемонструвала вище значення співвідношення  $\theta/\beta$  ( $z=-2,795$ ,  $p<0,05$ ) у період 600-1000 мс.

Водночас, міжгрупове порівняння даних, отриманих під час повномасштабного вторгнення, статистично значущих відмінностей не виявило (рис. 5.32).

Підсумовуючи, можна зазначити, що чоловіча група в обох випадках (до та під час повномасштабного військового вторгнення) характеризувалась вищою чутливістю до пред'явлення нейтральних облич в середовищі розмитих позитивних. На противагу цьому, в жіночій групі відстежувалась особливість до збільшення залучення до обробки рідкісних стимулів в таких умовах в стані П/В порівняно із станом Д/В.

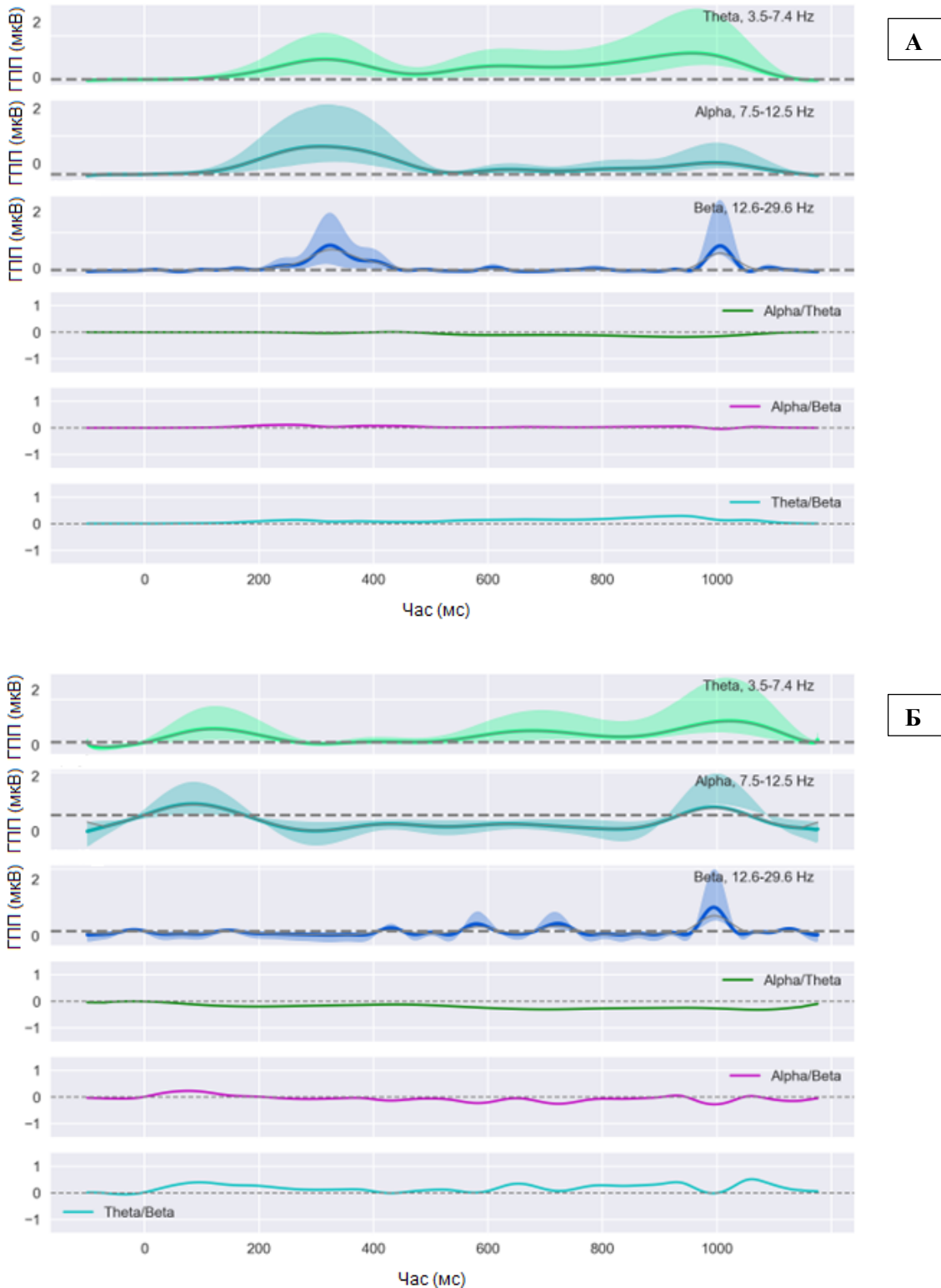
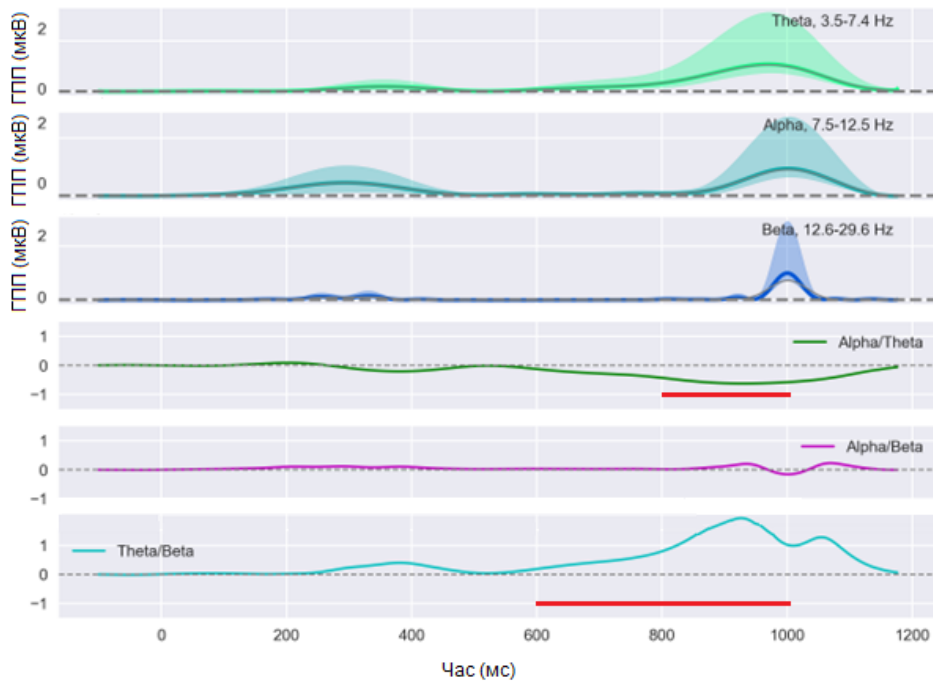
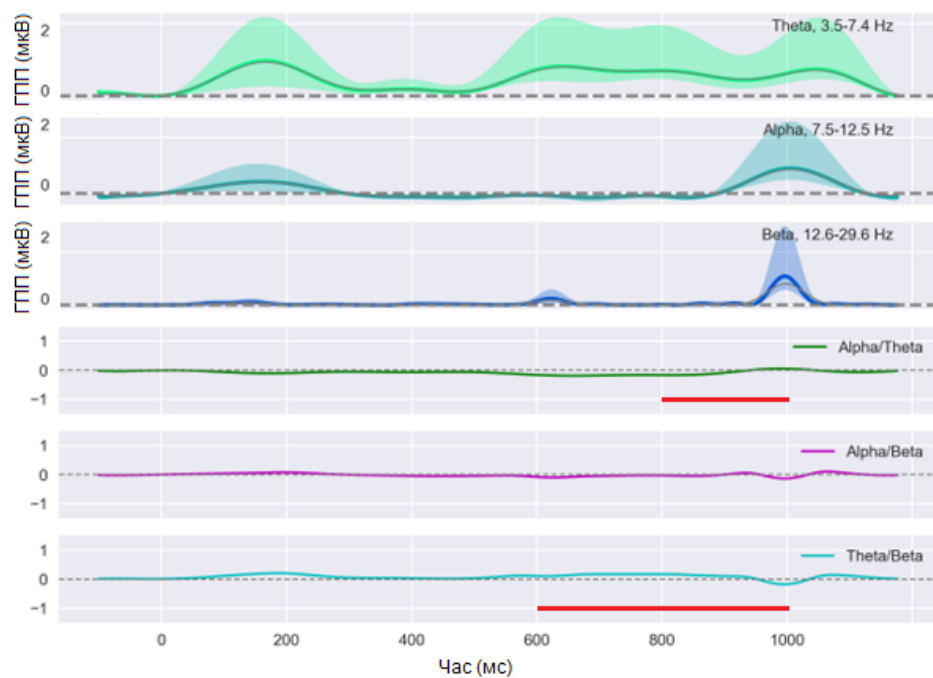


Рис. 5.29 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед розмитих позитивних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу.

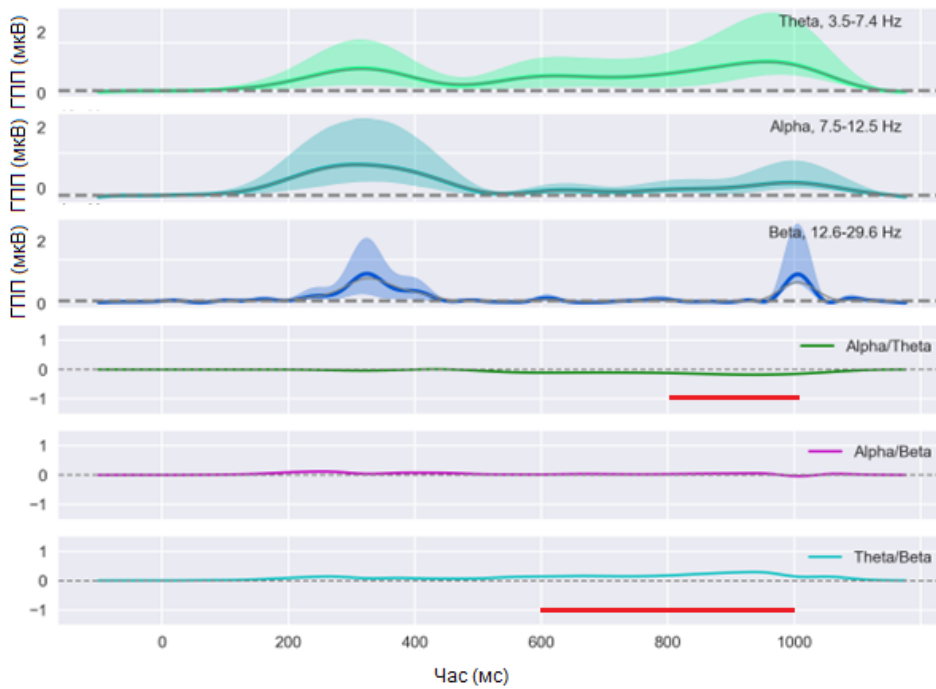


А



Б

Рис. 5.30 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед розмитих позитивних облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

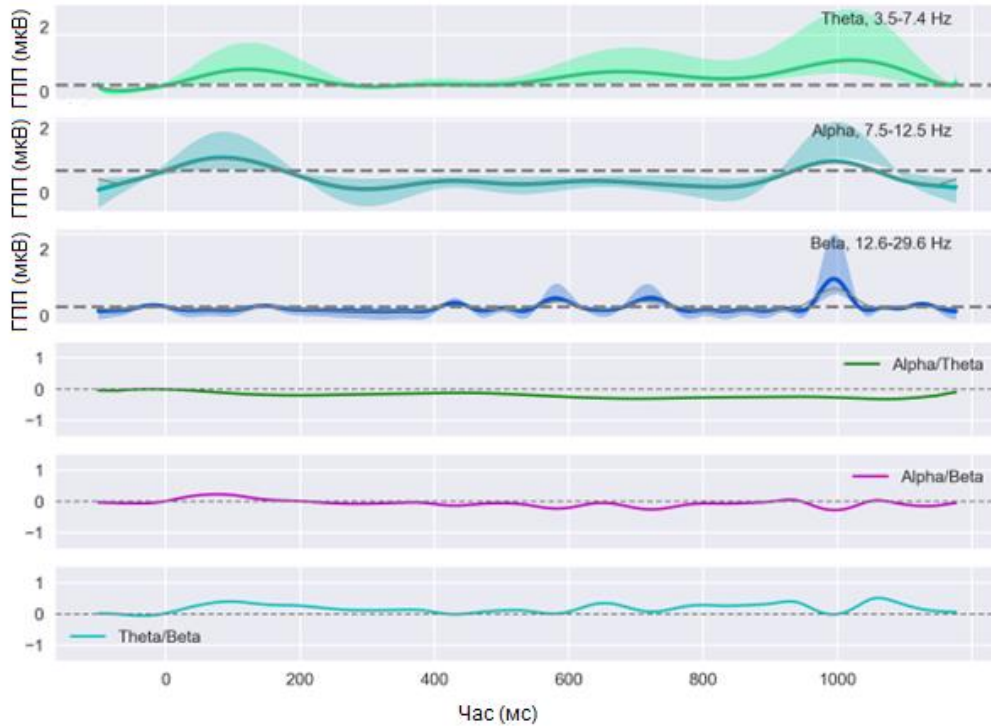


А

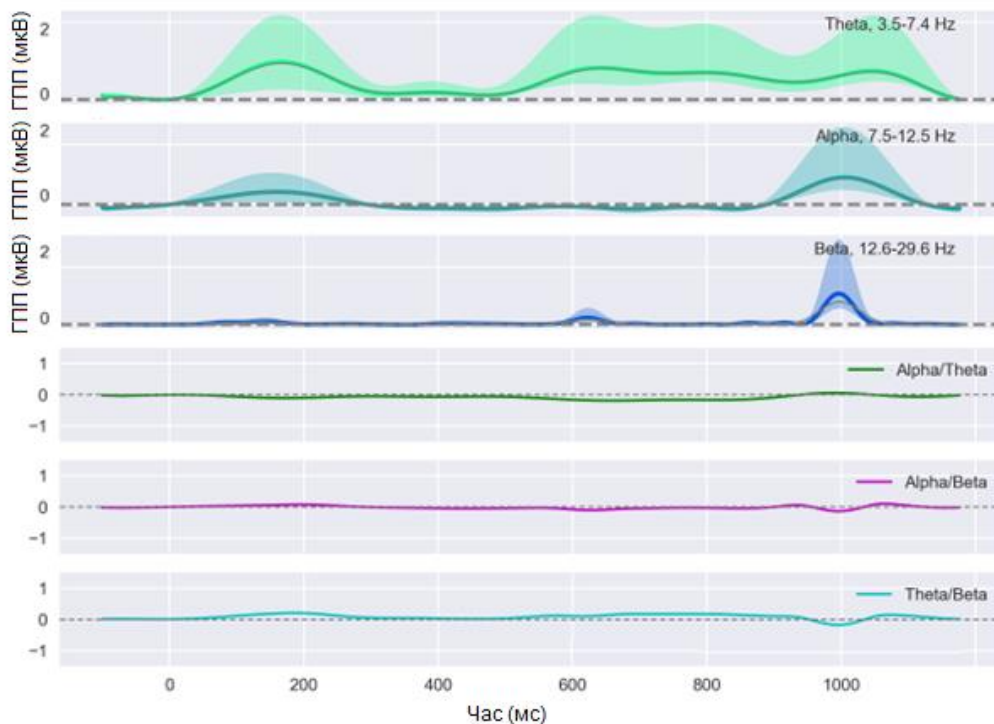


Б

Рис. 5.31 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед позитивних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



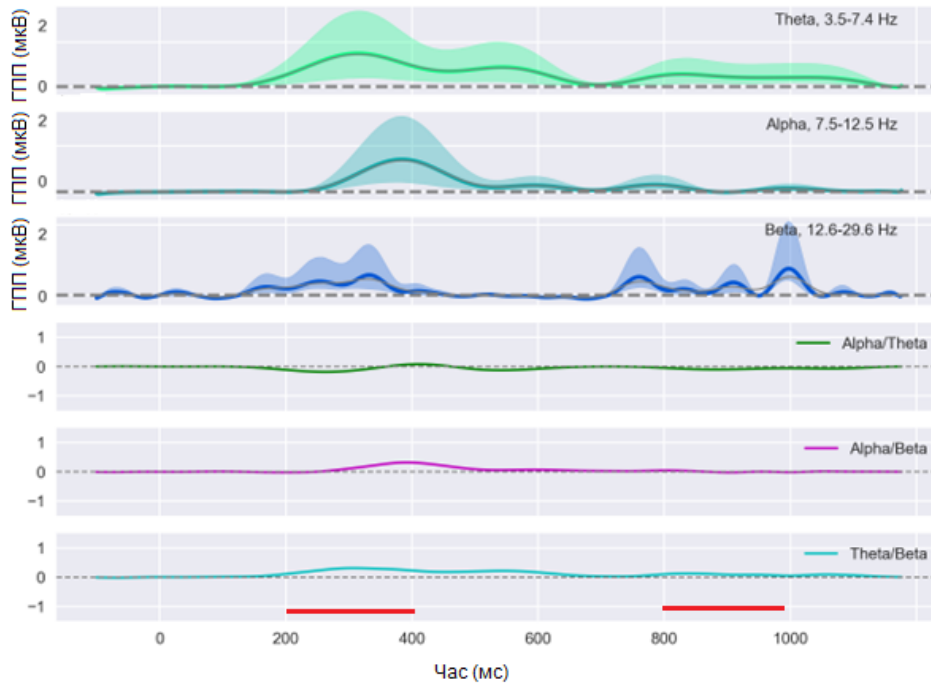
Б

Рис. 5.32 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) після початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації нейтральних облич серед позитивних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу.

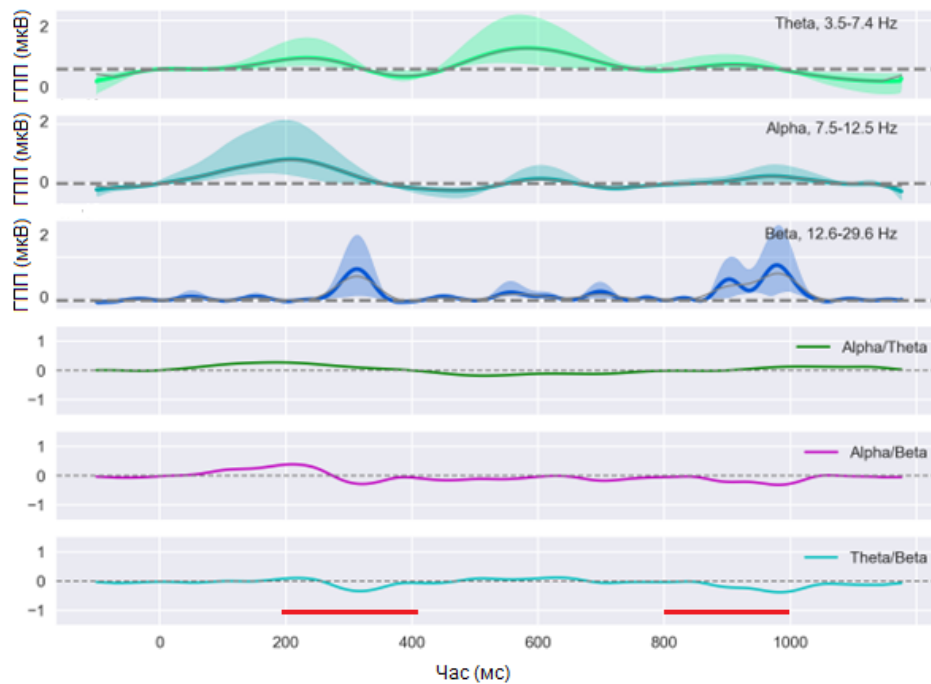
Нехарактерна з точки зору попередніх спостережень картина спостерігалась під час розгляду даних, отриманих під час експозиції позитивних розмитих облич як рідкісних стимулів в середовищі нейтральних частих подразників. Зокрема, при аналізі даних чоловічої групи в стані П/В та Д/В було відмічено значущо нижчі значення співвідношення  $\theta/\beta$  у часові періоди 200-400 мс ( $z=-2,882$ ,  $p<0,05$ ) та 800-1000 мс для стану П/В ( $z=2,779$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 5.33). Разом з тим, дані жіночої групи позначались вищими значеннями коефіцієнта  $\theta/\beta$  ( $z=2,883$ ,  $p<0,05$ ) в стані Д/В у часовому вікні 250-550 мс (рис. 5.34).

Міжгрупове порівняння для даної стимуляційної проби у стані Д/В підкреслило відмінності у значенні коефіцієнта  $\theta/\beta$ . Так, зокрема, жіноча група означилася значущо вищими значеннями даного коефіцієнта в періоди 250-550 мс ( $z=2,645$ ,  $p<0,05$ ) та 800-1000 мс ( $z=-2,801$ ,  $p<0,05$ ) від моменту подачі стимулу в стані Д/В (рис. 5.35). Дані, отримані під час повномасштабного вторгнення, при міжгруповому порівнянні характеризувалися подібною поведінкою співвідношення  $\theta/\beta$ : вищими були значення даного коефіцієнта в періоди 250-550 мс ( $z=2,727$ ,  $p<0,05$ ) та 800-1000 мс ( $z=2,856$ ,  $p<0,05$ ) у жіночій групі (рис. 5.36).

Загалом, подібна особливість видається вельми цікавою на тлі попередньо описаних. Можна спостерігати, що чоловіча група відзначилася суттєвим збільшенням активації у відповідь до пред'явлення позитивних розмитих облич у середовищі нейтральних, що виражалось як на ранніх, так і на пізніх латентностях відносно моменту пред'явлення рідкісного стимулу, під час повномасштабного вторгнення порівняно із довоєнним станом. В той же час, для жіночої групи настільки виражена реакція не була характерною: незважаючи на падіння значення співвідношення  $\theta/\beta$  для середнього часового вікна від моменту подачі стимулу, високий рівень даного коефіцієнту стабільно спостерігався на пізніх латентностях.

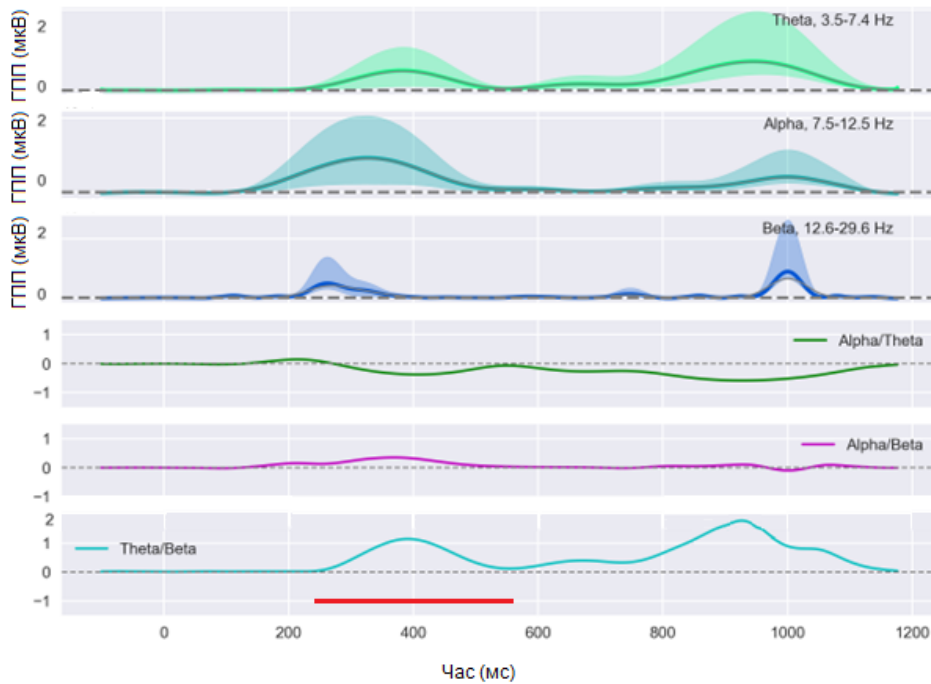


А

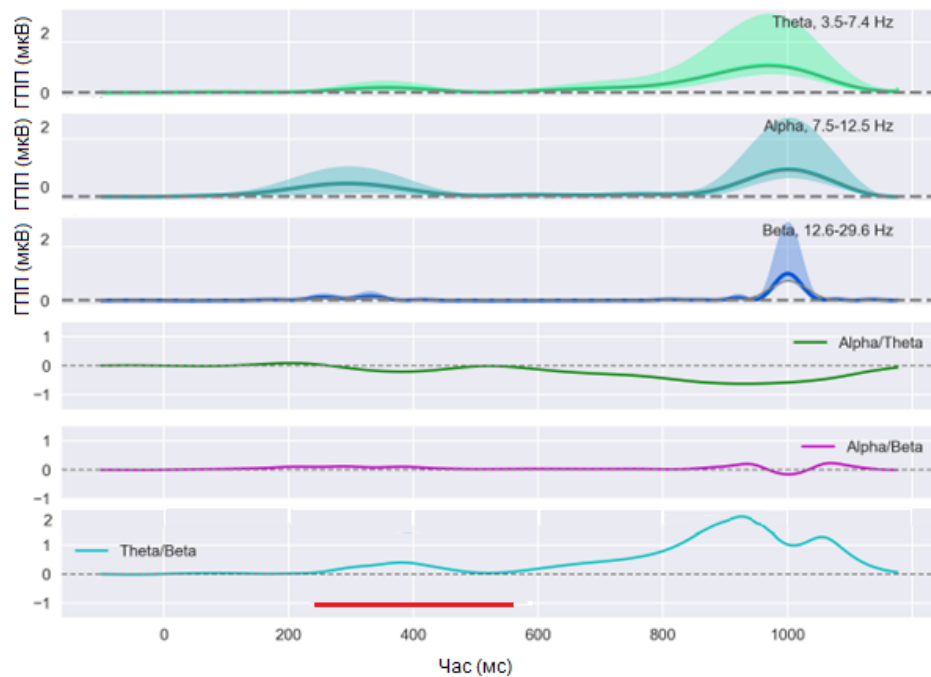


Б

Рис. 5.33 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



Б

Рис. 5.34 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

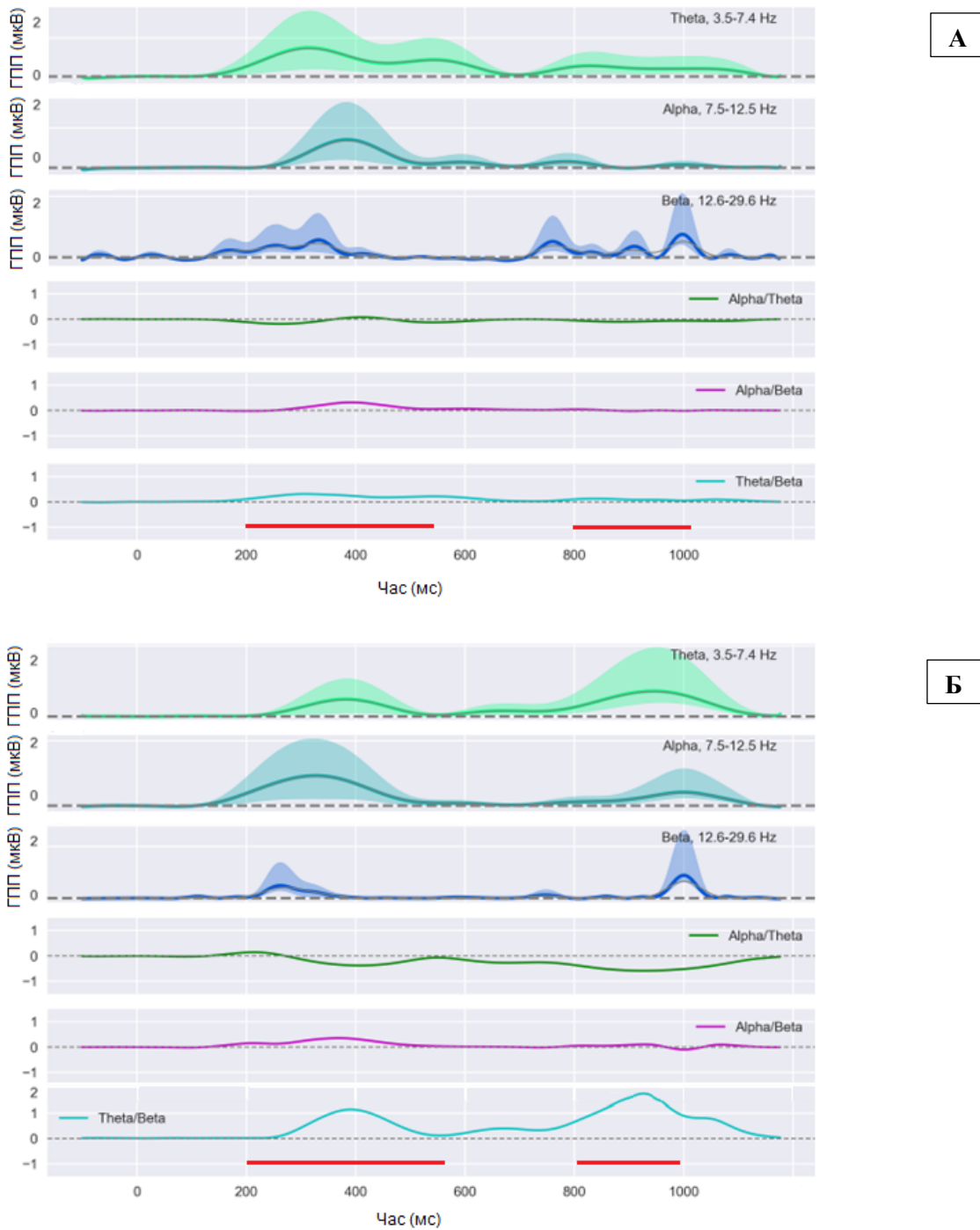
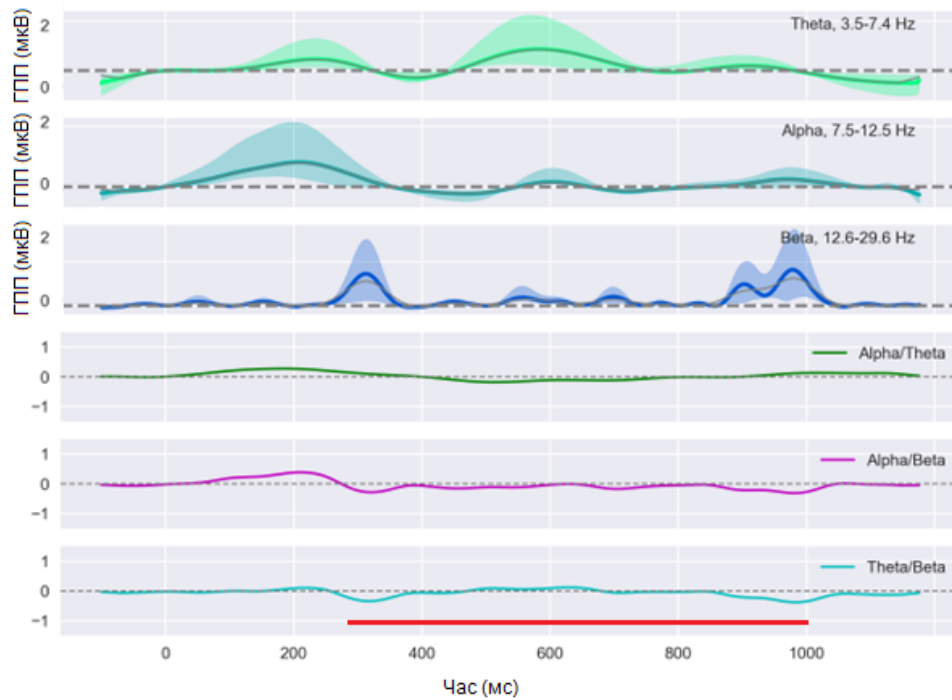
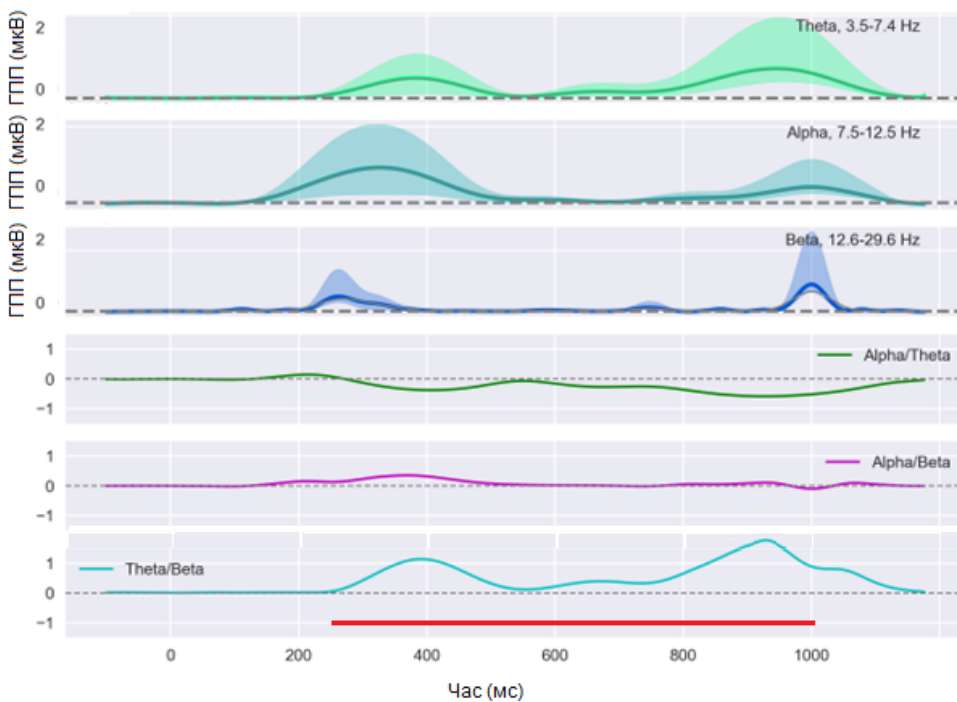


Рис. 5.35 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



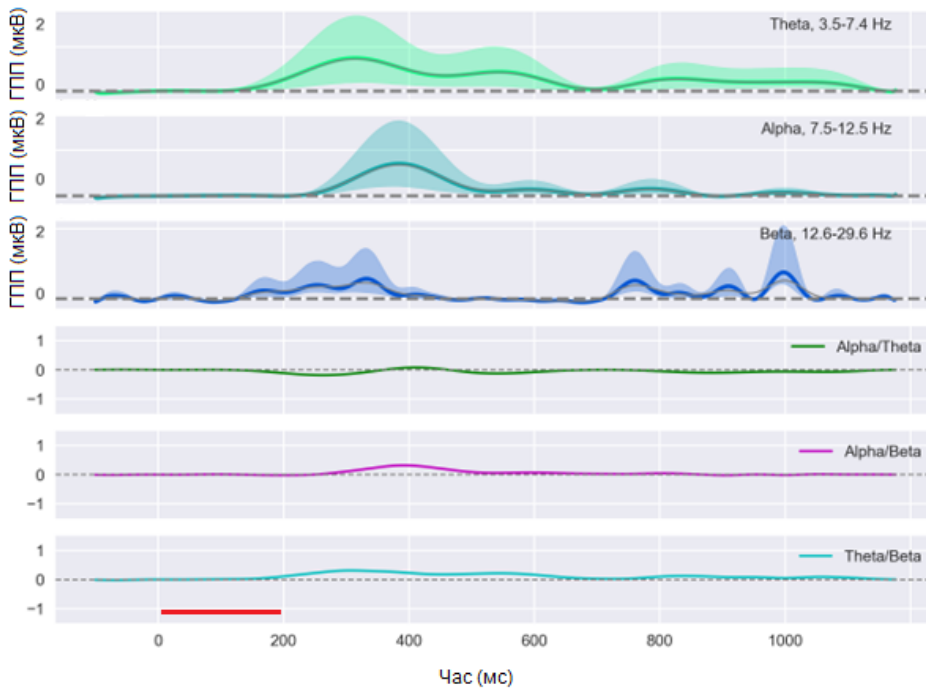
Б

Рис. 5.36 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=19$ ) (А) та жінок ( $n=21$ ) (Б) після початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних розмитих облич серед нейтральних облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

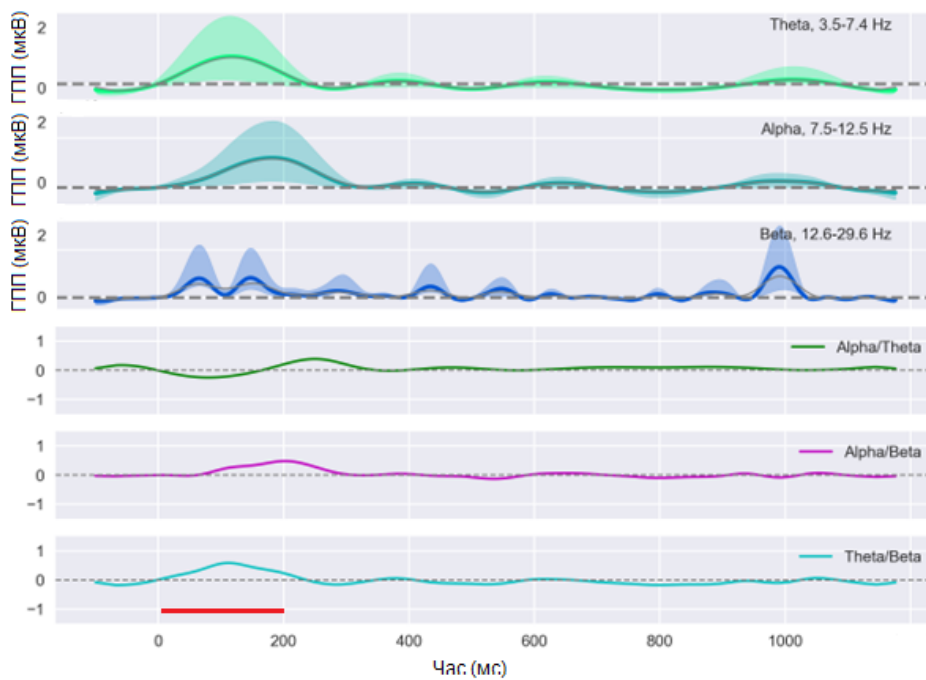
На рисунку 5.37 можна бачити співставлення даних, отриманих під час пред'явлення позитивних невидозмінених облич у якості рідкісних подразників у середовищі нейтральних стимулів. Можна відмітити, що стан П/В характеризувався вищими значеннями коефіцієнта ( $z=2,773$ ,  $p<0,05$ )  $\theta/\beta$  на ранніх латентностях (до 200 мс). Подібна особливість була притаманна і жіночій групі (вищі значення співвідношення  $\theta/\beta$ ,  $z=2,752$ ,  $p<0,05$ , на ранніх латентностях, рис. 5.38). Також в даній групі спостерігалися значущо вищі значення співвідношення  $\theta/\beta$  у часовому проміжку 650-1000 мс ( $z=-2,776$ ,  $p<0,05$ ). Окрім цього, у жіночій групі для коефіцієнта  $\alpha/\theta$  можна було спостерігати нижчі значення у часовому вікні 800-1000 мс ( $z=2,769$ ,  $p<0,05$ ).

Міжгрупове порівняння, проведене для даних, отриманих до початку повномасштабного вторгнення, виявило статистично значущі відмінності на пізніх латентностях від моменту подачі рідкісного стимулу. Зокрема, у жіночій групі можна було відмітити значущо нижче значення коефіцієнта  $\alpha/\theta$  ( $z=2,695$ ,  $p<0,05$ ) та вище значення коефіцієнта  $\theta/\beta$  ( $z=-2,881$ ,  $p<0,05$ ) у часовому проміжку 800-1000 мс (рис. 5.39). Зрештою, міжгрупове порівняння даних в стані П/В виявило значущо вище ( $z=2,773$ ,  $p<0,05$ ) значення співвідношення  $\theta/\beta$  на ранніх латентностях (до 200 мс) для жіночої групи (рис. 5.40).

Картина, отримана для стимуляційної проби із використанням невидозмінених позитивних облич, що представлялися серед розмитих нейтральних, суттєво відрізнялася порівняно із пробою, що характеризувалась протилежним вмістом. Так, і для чоловічої, і для жіночої групи можна було простежити суттєве падіння залучення процесів уваги у стані П/В у ранньому часовому вікні з моменту подачі рідкісного стимулу. Разом з тим, полегшення в розрізненні та обробці стимулів у такому представленні були характерними для жіночої групи відповідно до даних, отриманих під час повномасштабного агресії порівняно із довоєнним станом.

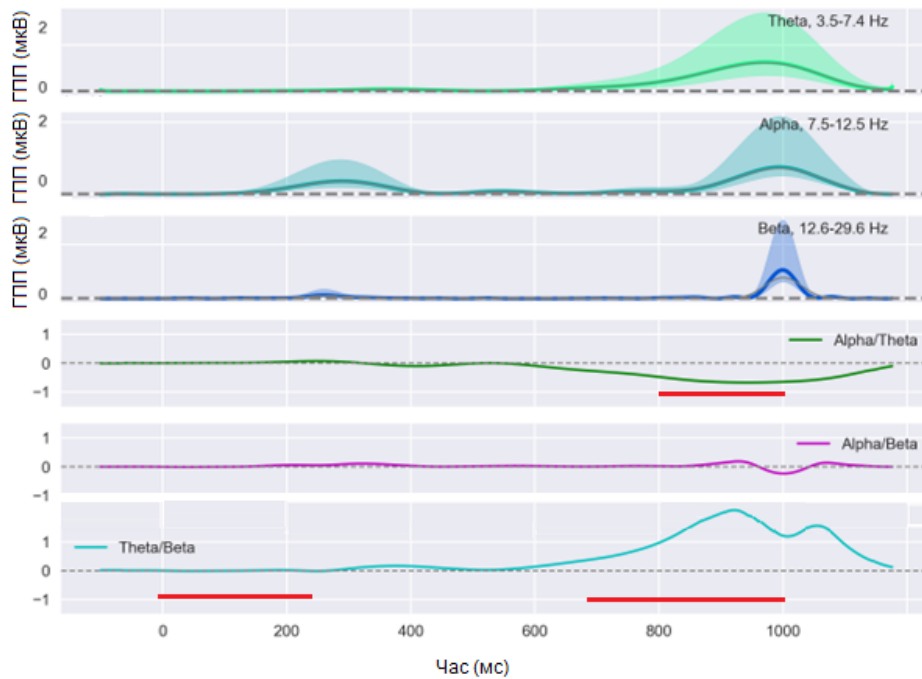


А

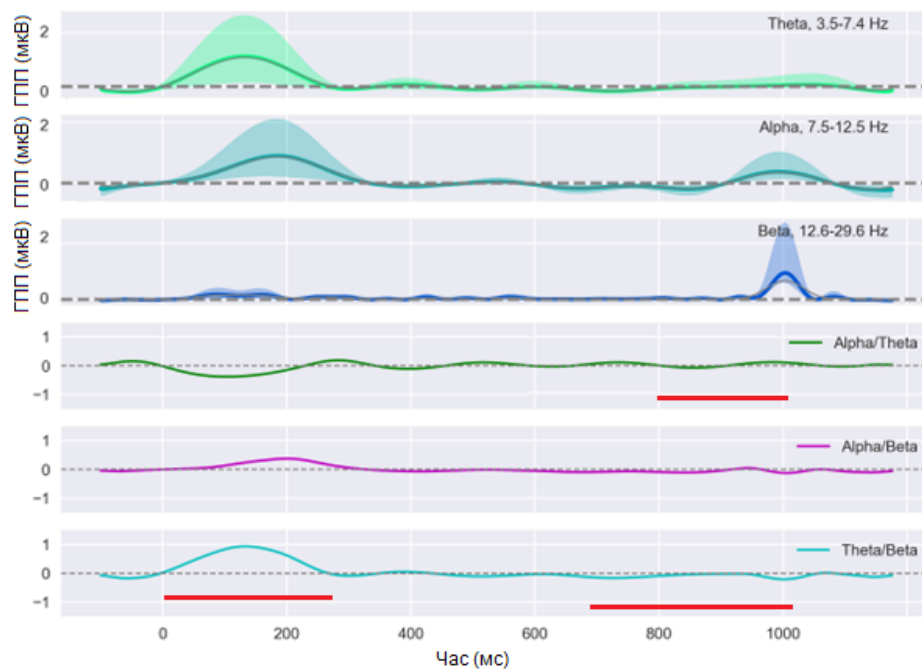


Б

Рис. 5.37 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групи чоловіків до ( $n=21$ ) (А) та під час ( $n=19$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

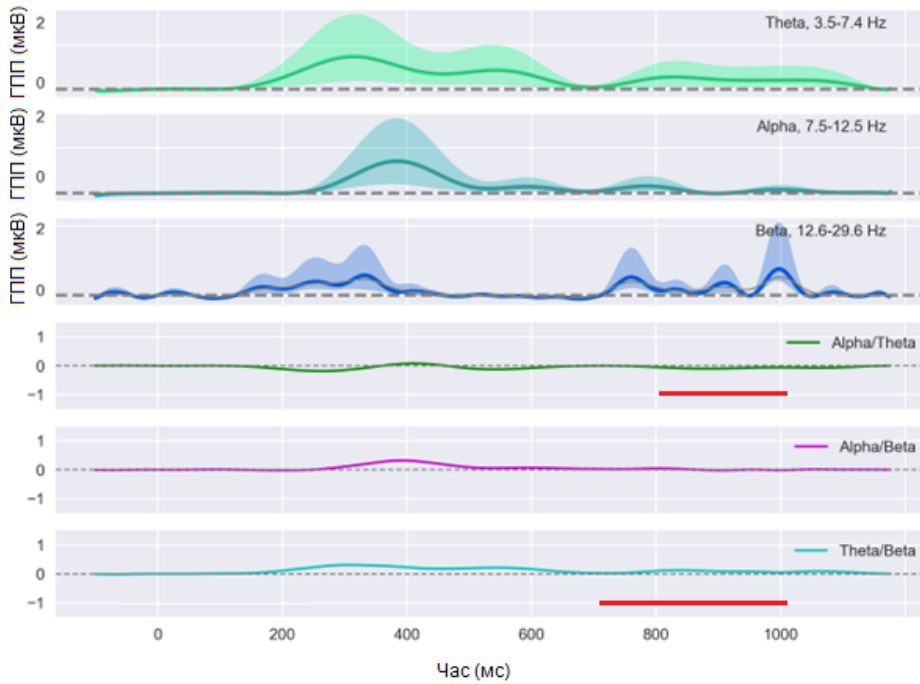


А

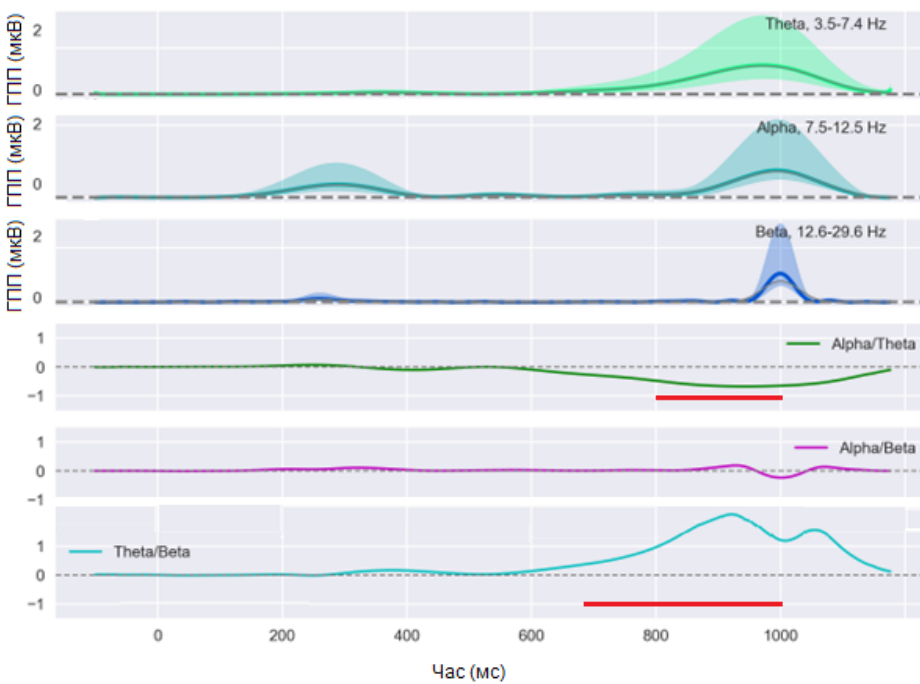


Б

Рис. 5.38 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку групі жінок до ( $n=22$ ) (А) та під час ( $n=21$ ) (Б) повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

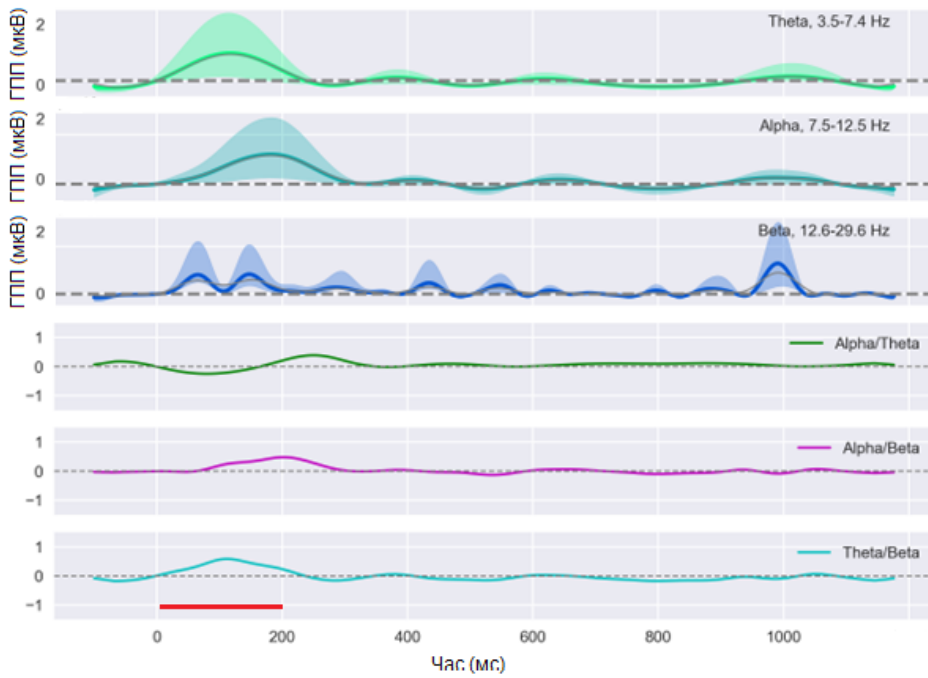


А

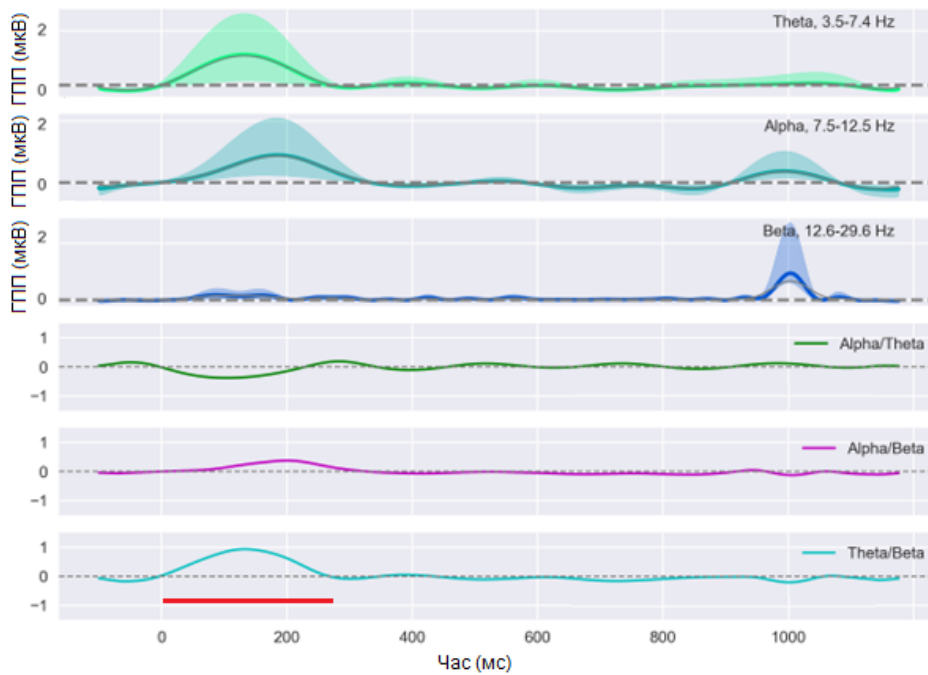


Б

Рис. 5.39 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків ( $n=21$ ) (А) та жінок ( $n=22$ ) (Б) до початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуля позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.



А



Б

Рис. 5.40 Графік зміни в часі значень глобального потенціалу поля (ГПП) та співвідношень основних діапазонів біоелектричної активності (БЕА) кори головного мозку в групах чоловіків (n=19) (А) та жінок (n=21) (Б) після початку повномасштабного вторгнення за умов демонстрації позитивних облич серед нейтральних розмитих облич. Точка нуль позначає момент подачі рідкісного стимулу. Часові періоди, що характеризуються статистично значущими ( $p < 0,05$ ) відмінностями у значеннях співвідношень діапазонів позначені червоним.

## Висновки до розділу

При проведенні дослідження основні відмінності спостерігались в значеннях  $\theta/\beta$  коефіцієнту, окремі варіації спостерігались для  $\alpha/\theta$  співвідношення, а співвідношення  $\alpha/\beta$  потужностей не було демонстративним.

Виражене наростання значення  $\theta/\beta$  співвідношення для пізніх часових вікон (600-1000 мс) (рис. 5.12, 5.15, 5.30 тощо) можна пояснити утрудненням емоційної регуляції та роботи механізмів уваги та пам'яті, що співвідноситься із показниками ППП. Причому комбінації із негативними обличчями викликали модуляцію пізніх компонентів, тоді як для стимуляційних серій із позитивними зображеннями відмінності спостерігались в усіх трьох часових вікнах.

Для чоловічої групи більш характерною була реактивність  $\theta/\beta$  коефіцієнту при пред'явленні серій із позитивними стимулами (рис. 5.37–5.40) (наприклад, в стані П/В у випадку стимуляційної серії із нейтральними розмитими рідкісними стимулами серед частих позитивних (рис. 5.39) відмічалось загальне падіння залученості із наростанням  $\theta/\beta$  та падінням  $\alpha/\theta$ ). В жіночій групі можна було спостерігати подібні зміни значення співвідношень при порівнянні станів до та під час повномасштабного військового вторгнення.

Жіноча група характеризувалася епізодами значущого падіння коефіцієнту  $\alpha/\theta$  для пізніх компонентів, особливо за умов пред'явлення комбінацій із негативними стимулами (рис. 5.9–5.12) (падіння рівня селективності кіркової обробки). Тобто, для чоловічої групи в стані П/В характерним було падіння рівня уваги, а для жінок воно супроводжувалось і зниженням селективності. Таким чином, можна припустити, що через більшу чутливість та реактивність до емоційних облич, в умовах тривалого стресу в жіночій групі спостерігались падіння вибірковості сприйняття та оцінки значущості стимулів. Можна припустити, що визначені особливості можуть визначати підбір нейрофідбек-методик в залежності від статі: комбінація  $\alpha/\theta$  та  $\theta/\beta$  для жінок,  $\theta/\beta$  для чоловіків.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні представлено результати комплексної оцінки просторово-часових характеристик перебігу процесу сприйняття емоціогенних зорових стимулів на прикладі зображень людських облич, проведено порівняння двох концептуально відмінних поглядів на організацію даного нейрофізіологічного процесу в нормальних умовах та за хронічного впливу стресогенних факторів, а також виявлено відмінності в організації ефективних нейрональних мереж, що опосередковують процес сприйняття, для представників чоловічої та жіночої статі.

1. За допомогою методу потенціалів, пов'язаних з подією, було виявлено ряд принципових відмінностей часових характеристик перебігу процесу сприйняття емоційних облич у стані до початку та під час повномасштабного вторгнення рф. При пред'явленні стимуляційних серій із зображеннями розмитих емоційних облич в обох групах спостерігалось значуще зростання амплітуди таких компонентів кривої, як N170, N400, рання задня негативність та пізній позитивний потенціал при обстеженні під час повномасштабного вторгнення. Ефекти комбінацій перемішаних стимулів відображались у ранніх змінах компонентів графіка (P100, N170). Отримані дані свідчать на користь холістичної концепції у поясненні механізму сприйняття обличчя.

2. За допомогою методу ненаправленого ковзного середнього виявлено наростання непрогнозованості та нестаціонарності, нестійкість процесів низхідної регуляції когнітивної діяльності та утруднення інтеграції вхідної інформації в стані під час повномасштабного вторгнення, що відобразилось у падінні рівня прогностичності поведінки сигналу в межах лобово-центрально-скроневої нейрональної мережі під час обробки емоційної інформації в обох групах.

3. За допомогою метода глобальної потужності поля виявлене значуще падіння співвідношення  $\alpha/\theta$  у обстежуваних жіночої групи та наростання значень співвідношень  $\theta/\beta$  у обстежуваних обох груп у період під час повномасштабного вторгнення рф. Визначені особливості можуть визначати підбір нейрофідбек-методик в залежності від статі: комбінація  $\alpha/\theta$  та  $\theta/\beta$  тренінгів для жінок,  $\theta/\beta$  тренінг для чоловіків.

4. Результати, отримані з використанням методу потенціалів, пов'язаних з подією, виявили значущо вищі значення амплітуди компонентів графіка ранньої, середньої та пізньої латентності у випадку перегляду вибірок із розмитими подразниками в групі жінок. Для чоловічої групи відзначено збільшення амплітуди ранніх та середніх компонентів графіка потенціалів, пов'язаних з подією. Також жіноча група характеризувалась значущо більшою реактивністю у відповідь на серії із негативними стимулами, в той час як чоловіки демонстрували значущо виражену реактивність при перегляді серій із позитивними зображеннями. Результати, отримані із використанням методу потенціалів, пов'язаних з подією, були співставні результатам, отриманим з використанням методу ненаправленого ковзного середнього та алгоритму глобальної потужності поля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rossion, B., & Caharel, S. (2011). ERP evidence for the speed of face categorization in the human brain: Disentangling the contribution of low-level visual cues from face perception. *Vision Research*, 51(12), 1297–1311. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.003>
2. Hoemann, K., Gendron, M., & Barrett, L. F. (2017). Mixed emotions in the predictive brain. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 15, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.05.013>
3. Cao, J., Zhao, Y., Shan, X., Wei, H., Guo, Y., Chen, L., Erkoyuncu, J. A., & Sarrigiannis, P. G. (2021). Brain functional and effective connectivity based on electroencephalography recordings: A review. *Human Brain Mapping*, 43(2), 860–879. <https://doi.org/10.1002/hbm.25683>
4. Adolph, K. E., & Kretch, K. S. (2015). Gibson's Theory of Perceptual Learning. У *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (с. 127–134). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.23096-1>
5. Hideg, G. (2023, 15 травня). Russia's War: Weighing the Human Cost in Ukraine / Російська війна: оцінка людських втрат в Україні. Medium. <https://smallarmssurvey.medium.com/russias-war-weighing-the-human-cost-in-ukraine-9ecc73a41987>
6. Zebrowitz, L. A., & Montepare, J. M. (2008). Social Psychological Face Perception: Why Appearance Matters. *Social and Personality Psychology Compass*, 2(3), 1497–1517. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00109.x>
7. Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(8), 641–651. <https://doi.org/10.1038/nrn1724>
8. Schwaninger, A., Lobmaier, J. S., Wallraven, C., & Collishaw, S. (2009). Two routes to face perception: evidence from psychophysics and computational modeling. *Cognitive Science*, 33(8), 1413–1440. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2009.01059.x>

9. Wagemans, J., Feldman, J., Gepshtein, S., Kimchi, R., Pomerantz, J. R., van der Helm, P. A., & van Leeuwen, C. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: II. Conceptual and theoretical foundations. *Psychological Bulletin*, *138*(6), 1218–1252. <https://doi.org/10.1037/a0029334>
10. Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and Wholes in Face Recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *46*(2), 225–245. <https://doi.org/10.1080/14640749308401045>
11. Tanaka, J. W., & Sengco, J. A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory & Cognition*, *25*(5), 583–592. <https://doi.org/10.3758/bf03211301>
12. Rhodes, G., Brake, S., & Atkinson, A. P. (1993). What's lost in inverted faces? *Cognition*, *47*(1), 25–57. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(93\)90061-y](https://doi.org/10.1016/0010-0277(93)90061-y)
13. Maurer, D., Grand, R. L., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(6), 255–260. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)01903-4](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01903-4)
14. Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, *77*(3), 305–327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>
15. Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: An effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*(2), 107–117. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.115.2.107>
16. Collishaw, S. M., & Hole, G. J. (2000). Featural and configurational processes in the recognition of faces of different familiarity. *Perception*, *29*(8), 893–909. <https://doi.org/10.1068/p2949>
17. Lobmaier, J. S., & Mast, F. W. (2007). Perception of novel faces: The parts have it! *Perception*, *36*(11), 1660–1673. <https://doi.org/10.1068/p5642>
18. Zhao, M., Cheung, S.-h., Wong, A. C. N., Rhodes, G., Chan, E. K. S., Chan, W. W. L., & Hayward, W. G. (2014). Processing of configural and componential information in face-selective cortical areas. *Cognitive Neuroscience*, *5*(3-4), 160–167. <https://doi.org/10.1080/17588928.2014.912207>

19. Watson, T. L. (2013). Implications of holistic face processing in autism and schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00414>
20. Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01482-0)
21. Duchaine, B., & Yovel, G. (2015). A revised neural framework for face processing. *Annual Review of Vision Science*, 1(1), 393–416. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035518>
22. Kessler, R., Rusch, K. M., Wende, K. C., Schuster, V., & Jansen, A. (2021). Revisiting the effective connectivity within the distributed cortical network for face perception. *Neuroimage: Reports*, 1(4), 100045. <https://doi.org/10.1016/j.ynirp.2021.100045>
23. Ishai, A., Schmidt, C. F., & Boesiger, P. (2005). Face perception is mediated by a distributed cortical network. *Brain Research Bulletin*, 67(1-2), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2005.05.027>
24. Rapcsak, S. Z. (2019). Face recognition. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 19(7). <https://doi.org/10.1007/s11910-019-0960-9>
25. Weibert, K., & Andrews, T. J. (2015). Activity in the right fusiform face area predicts the behavioural advantage for the perception of familiar faces. *Neuropsychologia*, 75, 588–596. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.015>
26. Axelrod, V., & Yovel, G. (2015). Successful decoding of famous faces in the fusiform face area. *Plos One*, 10(2), e0117126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117126>
27. Yang, H., Susilo, T., & Duchaine, B. (2014). The anterior temporal face area contains invariant representations of face identity that can persist despite the loss of right FFA and OFA. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1096–1107. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu289>
28. Collins, J. A., & Olson, I. R. (2014). Beyond the FFA: The role of the ventral anterior temporal lobes in face processing. *Neuropsychologia*, 61, 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.005>

29. Blank, H., Kiebel, S. J., & von Kriegstein, K. (2014). How the human brain exchanges information across sensory modalities to recognize other people. *Human Brain Mapping, 36*(1), 324–339. <https://doi.org/10.1002/hbm.22631>
30. Rice, G. E., Hoffman, P., Binney, R. J., & Lambon Ralph, M. A. (2018). Concrete versus abstract forms of social concept: An fMRI comparison of knowledge about people versus social terms. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373*(1752), 20170136. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0136>
31. Awwad Shiekh Hasan, B., Valdes-Sosa, M., Gross, J., & Belin, P. (2016). “Hearing faces and seeing voices”: Amodal coding of person identity in the human brain. *Scientific Reports, 6*(1). <https://doi.org/10.1038/srep37494>
32. Wang, Y., Collins, J. A., Koski, J., Nugiel, T., Metoki, A., & Olson, I. R. (2017). Dynamic neural architecture for social knowledge retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 114*(16), E3305—E3314. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621234114>
33. Tsukiura, T., Mochizuki-Kawai, H., & Fujii, T. (2006). Dissociable roles of the bilateral anterior temporal lobe in face–name associations: An event-related fMRI study. *NeuroImage, 30*(2), 617–626. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.043>
34. Rapsak, S. Z., Nielsen, L., Littrell, L. D., Glisky, E. L., Kaszniak, A. W., & Laguna, J. F. (2001). Face memory impairments in patients with frontal lobe damage. *Neurology, 57*(7), 1168–1175. <https://doi.org/10.1212/wnl.57.7.1168>
35. Rapsak, S. Z., Reminger, S. L., Glisky, E. L., Kaszniak, A. W., & Comer, J. F. (1999). Neuropsychological mechanisms of false facial recognition following frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology, 16*(3-5), 267–292. <https://doi.org/10.1080/026432999380799>
36. Rapsak, S. Z. (2003). Face memory and its disorders. *Current Neurology and Neuroscience Reports, 3*(6), 494–501. <https://doi.org/10.1007/s11910-003-0053-6>
37. Borghesani, V., Narvid, J., Battistella, G., Shwe, W., Watson, C., Binney, R. J., Sturm, V., Miller, Z., Mandelli, M. L., Miller, B., & Gorno-Tempini, M. L. (2019). “Looks familiar, but I do not know who she is”: The role of the anterior right temporal lobe in famous face recognition. *Cortex, 115*, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.01.006>

38. Busigny, T., Van Belle, G., Jemel, B., Hosein, A., Joubert, S., & Rossion, B. (2014). Face-specific impairment in holistic perception following focal lesion of the right anterior temporal lobe. *Neuropsychologia*, *56*, 312–333. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.01.018>
39. Elbich, D. B., Molenaar, P. C. M., & Scherf, K. S. (2019). Evaluating the organizational structure and specificity of network topology within the face processing system. *Human Brain Mapping*, *40*(9), 2581–2595. <https://doi.org/10.1002/hbm.24546>
40. Fan, X., Wang, F., Shao, H., Zhang, P., & He, S. (2020). The bottom-up and top-down processing of faces in the human occipitotemporal cortex. *ELife*, *9*. <https://doi.org/10.7554/elife.48764>
41. Rossion, B., Jacques, C., & Jonas, J. (2018). Mapping face categorization in the human ventral occipitotemporal cortex with direct neural intracranial recordings. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1426*(1), 5–24. <https://doi.org/10.1111/nyas.13596>
42. Gainotti, G. (2015). Implications of recent findings for current cognitive models of familiar people recognition. *Neuropsychologia*, *77*, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.09.002>
43. Srinivasan, R., Golomb, J. D., & Martinez, A. M. (2016). A neural basis of facial action recognition in humans. *Journal of Neuroscience*, *36*(16), 4434–4442. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1704-15.2016>
44. Samaey, C., Van der Donck, S., van Winkel, R., & Boets, B. (2020). Facial expression processing across the autism–psychosis spectra: A review of neural findings and associations with adverse childhood events. *Frontiers in Psychiatry*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2020.592937>
45. Jurist, E. (2019). Review of how emotions are made: The secret life of the brain. *Journal of Theoretical and Philosophical Psychology*, *39*(3), 193–198. <https://doi.org/10.1037/teo0000098>
46. Barrett, L. F., & Simmons, W. K. (2015). Interoceptive predictions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *16*(7), 419–429. <https://doi.org/10.1038/nrn3950>
47. Han, S., Hu, J., Li, W., Zhao, S., Chen, M., Xu, P., & Luo, Y. (2021). From structure to concepts: The two stages of facial expression

recognition. *Neuropsychologia*, 150,

107700. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107700>

48. Etkin, A., Egner, T., & Kalisch, R. (2011). Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(2), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.11.004>

49. Satpute, A. B., Wilson-Mendenhall, C. D., Kleckner, I. R., & Barrett, L. F. (2015). Emotional experience. *У Brain mapping* (с. 65–72). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-397025-1.00156-1>

50. Isoda, M., & Noritake, A. (2013). What makes the dorsomedial frontal cortex active during reading the mental states of others? *Frontiers in Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00232>

51. Steffen, P. R., Hedges, D., & Matheson, R. (2022). The brain is adaptive not triune: How the brain responds to threat, challenge, and change. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.802606>

52. Puce, A., Epling, J. A., Thompson, J. C., & Carrick, O. K. (2007). Neural responses elicited to face motion and vocalization pairings. *Neuropsychologia*, 45(1), 93–106. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.04.017>

53. Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(3), 165–178. <https://doi.org/10.1038/nrn1056>

54. Слюсаревський, М. М. (2022). Соціально-психологічний стан українського суспільства в умовах повномасштабного російського вторгнення: Нагальні виклики і відповіді. *Visnik Nacional noi akademii nauk Ukraini*, (6), 85–92. <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.085>

55. Як змінився психоемоційний стан українців: звіт за результатами онлайн-дослідження - UIF. (2022). UIF. <https://news.uifuture.org/yak-zminivsyapsikhoemociyniy-stan-ukra/>

56. Хаустова, О. (2023). Тривожно-депресивні розлади в умовах дистресу війни в Україні. *Здоров'я України | Інформація для спеціалістів охорони здоров'я*. <https://health-ua.com/article/71710-trivozhnodepresivn-rozladi-vumovah-distresu-vjni-vukran>

57. Koenen, K. C., Ratanatharathorn, A., Ng, L., McLaughlin, K. A., Bromet, E. J., Stein, D. J., Karam, E. G., Meron Ruscio, A., Benjet, C., Scott, K., Atwoli, L., Petukhova, M., Lim, C. C. W., Aguilar-Gaxiola, S., Al-Hamzawi, A., Alonso, J., Bunting, B., Ciutan, M., de Girolamo, G., ... Kessler, R. C. (2017). Posttraumatic stress disorder in the world mental health surveys. *Psychological Medicine*, *47*(13), 2260–2274. <https://doi.org/10.1017/s0033291717000708>
58. Han, Y., Jia, J., Li, X., Lv, Y., Sun, X., Wang, S., Wang, Y., Wang, Z., Zhang, J., Zhou, J., & Zhou, Y. (2019). Expert consensus on the care and management of patients with cognitive impairment in china. *Neuroscience Bulletin*, *36*(3), 307–320. <https://doi.org/10.1007/s12264-019-00444-y>
59. Kasimay Cakir, O., Ellek, N., Salehin, N., Hamamcı, R., Keleş, H., Kayalı, D. G., Akakın, D., Yüksel, M., & Özbeyli, D. (2017). Protective effect of low dose caffeine on psychological stress and cognitive function. *Physiology & Behavior*, *168*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.10.010>
60. Jackowska, M., Fuchs, R., & Klaperski, S. (2017). The association of sleep disturbances with endocrine and perceived stress reactivity measures in male employees. *British Journal of Psychology*, *109*(1), 137–155. <https://doi.org/10.1111/bjop.12250>
61. Lindfors, P., Folkesson Hellstadius, L., & Östberg, V. (2017). Perceived stress, recurrent pain, and aggregate salivary cortisol measures in mid-adolescent girls and boys. *Scandinavian Journal of Psychology*, *58*(1), 36–42. <https://doi.org/10.1111/sjop.12347>
62. Haggerty, H. G. (2016). Stress and the immune system. *Y Encyclopedic reference of immunotoxicology* (c. 612–614). Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/3-540-27806-0\\_1395](https://doi.org/10.1007/3-540-27806-0_1395)
63. Sandström, A., Rhodin, I. N., Lundberg, M., Olsson, T., & Nyberg, L. (2005). Impaired cognitive performance in patients with chronic burnout syndrome. *Biological Psychology*, *69*(3), 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.08.003>

64. Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, *54*(5), 504–514. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(03\)00168-9](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(03)00168-9)
65. Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., & Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-Subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, *59*(6), 1037–1050. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.09.006>
66. Golkar, A., Lonsdorf, T. B., Olsson, A., Lindstrom, K. M., Berrebi, J., Fransson, P., Schalling, M., Ingvar, M., & Öhman, A. (2012). Distinct contributions of the dorsolateral prefrontal and orbitofrontal cortex during emotion regulation. *PLoS ONE*, *7*(11), Стаття e48107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048107>
67. Raio, C. M., Orederu, T. A., Palazzolo, L., Shurick, A. A., & Phelps, E. A. (2013). Cognitive emotion regulation fails the stress test. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(37), 15139–15144. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305706110>
68. Golkar, A., Johansson, E., Kasahara, M., Osika, W., Perski, A., & Savic, I. (2014). The influence of work-related chronic stress on the regulation of emotion and on functional connectivity in the brain. *PLoS ONE*, *9*(9), Стаття e104550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104550>
69. Wirkner, J., Ventura-Bort, C., Schwabe, L., Hamm, A. O., & Weymar, M. (2019). Chronic stress and emotion: Differential effects on attentional processing and recognition memory. *Psychoneuroendocrinology*, *107*, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.05.008>
70. McGaugh, J. L. (2015). Consolidating memories. *Annual Review of Psychology*, *66*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-014954>
71. Schwabe, L. (2016). Memory under stress: From single systems to network changes. *European Journal of Neuroscience*, *45*(4), 478–489. <https://doi.org/10.1111/ejn.13478>
72. Hermans, E. J., Henckens, M. J. A. G., Joëls, M., & Fernández, G. (2014). Dynamic adaptation of large-scale brain networks in response to acute stressors. *Trends in Neurosciences*, *37*(6), 304–314. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2014.03.006>

73. Wirkner, J., Weymar, M., Löw, A., & Hamm, A. O. (2013). Effects of pre-encoding stress on brain correlates associated with the long-term memory for emotional scenes. *PLoS ONE*, *8*(9), Стаття e68212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068212>
74. Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, *37*(2), 257–261. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720257>
75. Sabatinelli, D., Fortune, E. E., Li, Q., Siddiqui, A., Krafft, C., Oliver, W. T., Beck, S., & Jeffries, J. (2011). Emotional perception: Meta-analyses of face and natural scene processing. *NeuroImage*, *54*(3), 2524–2533. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.011>
76. McEwen, B. S., Nasca, C., & Gray, J. D. (2015). Stress effects on neuronal structure: Hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology*, *41*(1), 3–23. <https://doi.org/10.1038/npp.2015.171>
77. Lupien, S. J., Juster, R.-P., Raymond, C., & Marin, M.-F. (2018). The effects of chronic stress on the human brain: From neurotoxicity, to vulnerability, to opportunity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *49*, 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2018.02.001>
78. Itier, R. J., Van Roon, P., & Alain, C. (2011). Species sensitivity of early face and eye processing. *NeuroImage*, *54*(1), 705–713. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.031>
79. Prete, G., Laeng, B., Fabri, M., Foschi, N., & Tommasi, L. (2015). Right hemisphere or valence hypothesis, or both? The processing of hybrid faces in the intact and callosotomized brain. *Neuropsychologia*, *68*, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.01.002>
80. Boremanse, A., Norcia, A. M., & Rossion, B. (2013). An objective signature for visual binding of face parts in the human brain. *Journal of Vision*, *13*(11), 6. <https://doi.org/10.1167/13.11.6>

81. Bublatzky, F., & Schupp, H. T. (2011). Pictures cueing threat: Brain dynamics in viewing explicitly instructed danger cues. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(6), 611–622. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr032>
82. Schindler, S., Caldarone, F., Bruchmann, M., Moeck, R., & Straube, T. (2020). Time-dependent effects of perceptual load on processing fearful and neutral faces. *Neuropsychologia*, 146, 107529. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107529>
83. Blechert, J., Sheppes, G., Di Tella, C., Williams, H., & Gross, J. J. (2012). See what you think. *Psychological Science*, 23(4), 346–353. <https://doi.org/10.1177/0956797612438559>
84. Müller-Bardorff, M., Schulz, C., Peterburs, J., Bruchmann, M., Mothes-Lasch, M., Miltner, W., & Straube, T. (2016). Effects of emotional intensity under perceptual load: An event-related potentials (ERPs) study. *Biological Psychology*, 117, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.03.006>
85. Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 937–951. <https://doi.org/10.1162/089892901753165854>
86. Gosling, A., & Eimer, M. (2011). An event-related brain potential study of explicit face recognition. *Neuropsychologia*, 49(9), 2736–2745. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.025>
87. Hinojosa, J. A., Mercado, F., & Carretié, L. (2015). N170 sensitivity to facial expression: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 498–509. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.002>
88. Schweinberger, S. R., & Neumann, M. F. (2016). Repetition effects in human ERPs to faces. *Cortex*, 80, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.11.001>
89. Bublatzky, F., Gerdes, A. B. M., White, A. J., Riemer, M., & Alpers, G. W. (2014). Social and emotional relevance in face processing: Happy faces of future interaction partners enhance the late positive potential. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00493>

90. Morel, S., George, N., Foucher, A., Chammat, M., & Dubal, S. (2014). ERP evidence for an early emotional bias towards happy faces in trait anxiety. *Biological Psychology*, *99*, 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.03.011>
91. Hajcak, G., Dunning, J. P., & Foti, D. (2009). Motivated and controlled attention to emotion: Time-course of the late positive potential. *Clinical Neurophysiology*, *120*(3), 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.11.028>
92. Brenner, C. A., Rumak, S. P., Burns, A. M. N., & Kieffaber, P. D. (2014). The role of encoding and attention in facial emotion memory: An EEG investigation. *International Journal of Psychophysiology*, *93*(3), 398–410. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.06.006>
93. Itz, M. L., Schweinberger, S. R., Schulz, C., & Kaufmann, J. M. (2014). Neural correlates of facilitations in face learning by selective caricaturing of facial shape or reflectance. *NeuroImage*, *102*, 736–747. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.08.042>
94. Campagnoli, R. R., Wieser, M. J., Gruss, L. F., Boylan, M. R., McTeague, L. M., & Keil, A. (2019). How the visual brain detects emotional changes in facial expressions: Evidence from driven and intrinsic brain oscillations. *Cortex*, *111*, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.10.006>
95. Wieser, M. J., & Brosch, T. (2012). Faces in context: A review and systematization of contextual influences on affective face processing. *Frontiers in Psychology*, *3*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00471>
96. Goffaux, V., & Rossion, B. (2006). Faces are "spatial"--holistic face perception is supported by low spatial frequencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*(4), 1023–1039. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.4.1023>
97. Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face processing stages: Impact of difficulty and the separation of effects. *Brain Research*, *1123*(1), 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.09.031>
98. Jacques, C., d'Arripe, O., & Rossion, B. (2007). The time course of the inversion effect during individual face discrimination. *Journal of Vision*, *7*(8), 3. <https://doi.org/10.1167/7.8.3>

99. Schindler, S., Zell, E., Botsch, M., & Kissler, J. (2017). Differential effects of face-realism and emotion on event-related brain potentials and their implications for the uncanny valley theory. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/srep45003>
100. Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 613–620. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(03\)00174-5](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(03)00174-5)
101. Ritter, W., & Ruchkin, D. S. (1992). A review of event-related potential components discovered in the context of studying P3. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 658(1 Psychophysiol), 1–32. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1992.tb22837.x>
102. Varela, F., Lachaux, J.-P., Rodriguez, E., & Martinerie, J. (2001). The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(4), 229–239. <https://doi.org/10.1038/35067550>
103. Eke, A., Herman, P., Kocsis, L., & Kozak, L. R. (2002). Fractal characterization of complexity in temporal physiological signals. *Physiological Measurement*, 23(1), R1—R38. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/23/1/201>
104. Werner, G. (2010). Fractals in the nervous system: Conceptual implications for theoretical neuroscience. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2010.00015>
105. Zorick, T., Landers, J., Leuchter, A., & Mandelkern, M. A. (2020). EEG multifractal analysis correlates with cognitive testing scores and clinical staging in mild cognitive impairment. *Journal of Clinical Neuroscience*, 76, 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.04.003>
106. Ando, M., Nobukawa, S., Kikuchi, M., & Takahashi, T. (2021). Identification of electroencephalogram signals in alzheimer's disease by multifractal and multiscale entropy analysis. *Frontiers in Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.667614>
107. Kantelhardt, J. W., Zschiegner, S. A., Koscielny-Bunde, E., Havlin, S., Bunde, A., & Stanley, H. E. (2002). Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 316(1-4), 87–114. [https://doi.org/10.1016/s0378-4371\(02\)01383-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4371(02)01383-3)

108. Keshmiri, S. (2020). Entropy and the brain: An overview. *Entropy*, 22(9), 917. <https://doi.org/10.3390/e22090917>
109. Sun, J., Wang, B., Niu, Y., Tan, Y., Fan, C., Zhang, N., Xue, J., Wei, J., & Xiang, J. (2020). Complexity analysis of EEG, MEG, and fmri in mild cognitive impairment and alzheimer's disease: A review. *Entropy*, 22(2), 239. <https://doi.org/10.3390/e22020239>
110. Pincus, S. M., & Goldberger, A. L. (1994). Physiological time-series analysis: What does regularity quantify? *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 266(4), H1643—H1656. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1994.266.4.h1643>
111. Richman, J. S., & Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 278(6), H2039—H2049. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.6.h2039>
112. Takahashi, T. (2013). Complexity of spontaneous brain activity in mental disorders. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 45, 258—266. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.05.001>
113. Di Ieva, A., Esteban, F. J., Grizzi, F., Klonowski, W., & Martín-Landrove, M. (2013). Fractals in the neurosciences, part II. *The Neuroscientist*, 21(1), 30—43. <https://doi.org/10.1177/1073858413513928>
114. Ding, C., Wu, Y., Chen, X., Chen, Y., Wu, Z., Lin, Z., Kang, D., Fang, W., & Chen, F. (2022). Global, regional, and national burden and attributable risk factors of neurological disorders: The Global Burden of Disease study 1990—2019. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.952161>
115. Keller, S. M., Reyneke, C., Gschwandtner, U., & Fuhr, P. (2022). Information contained in EEG allows characterization of cognitive decline in neurodegenerative disorders. *Clinical EEG and Neuroscience*, 155005942211207. <https://doi.org/10.1177/15500594221120734>
116. Borghini, G., Astolfi, L., Vecchiato, G., Mattia, D., & Babiloni, F. (2014). Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 58—75. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.10.003>

117. Bockbrader, M. A., Francisco, G., Lee, R., Olson, J., Solinsky, R., & Boninger, M. L. (2018). Brain computer interfaces in rehabilitation medicine. *Pm&r*, *10*, S233—S243. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.05.028>
118. Dan, A., & Reiner, M. (2017). EEG-based cognitive load of processing events in 3D virtual worlds is lower than processing events in 2D displays. *International Journal of Psychophysiology*, *122*, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.08.013>
119. Schmidt, M. T., Kanda, P. A. M., Basile, L. F. H., da Silva Lopes, H. F., Baratho, R., Demario, J. L. C., Jorge, M. S., Nardi, A. E., Machado, S., Ianof, J. N., Nitrini, R., & Anghinah, R. (2013). Index of alpha/theta ratio of the electroencephalogram: A new marker for alzheimer's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00060>
120. Xie, J., Xu, G., Wang, J., Li, M., Han, C., & Jia, Y. (2016). Effects of mental load and fatigue on steady-state evoked potential based brain computer interface tasks: A comparison of periodic flickering and motion-reversal based visual attention. *Plos One*, *11*(9), Стаття e0163426. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163426>
121. Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, *22*(4), 425–438. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9130-y>
122. Kamzanova, A., Kustubayeva, A., & Matthews, G. (2012). Diagnostic monitoring of vigilance decrement using EEG workload indices. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *56*(1), 203–207. <https://doi.org/10.1177/1071181312561019>
123. Mazher, M., Abd Aziz, A., Malik, A. S., & Ullah Amin, H. (2017). An eeg-based cognitive load assessment in multimedia learning using feature extraction and partial directed coherence. *IEEE Access*, *5*, 14819–14829. <https://doi.org/10.1109/access.2017.2731784>
124. Gola, M., Kaminski, J., Brzezicka, A., & Wrobel, A. (2008). Length of beta bursts and their frequency of occurrence — A neuronal correlates of visual attention mechanism — Change with age. *International Journal of Psychophysiology*, *69*(3), 261. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.191>

125. Spitzer, B., & Haegens, S. (2017). Beyond the status quo: A role for beta oscillations in endogenous content (re)activation. *Eneuro*, 4(4), ENEURO.0170–17.2017. <https://doi.org/10.1523/eneuro.0170-17.2017>
126. Seshadri, N. P. G., Singh, B. K., & Pachori, R. B. (2023). EEG based functional brain network analysis and classification of dyslexic children during sustained attention task. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 1. <https://doi.org/10.1109/tnsre.2023.3335806>
127. Kakkos, I., Dimitrakopoulos, G. N., Gao, L., Zhang, Y., Qi, P., Matsopoulos, G. K., Thakor, N., Bezerianos, A., & Sun, Y. (2019). Mental workload drives different reorganizations of functional cortical connectivity between 2D and 3D simulated flight experiments. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(9), 1704–1713. <https://doi.org/10.1109/tnsre.2019.2930082>
128. Azami, H., Zrenner, C., Brooks, H., Zomorodi, R., Blumberger, D. M., Fischer, C. E., Flint, A., Herrmann, N., Kumar, S., Lanctôt, K., Mah, L., Mulsant, B. H., Pollock, B. G., & Rajji, T. K. (2023). Beta to theta power ratio in EEG periodic components as a potential biomarker in mild cognitive impairment and Alzheimer's dementia. *Alzheimer's Research & Therapy*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13195-023-01280-z>
129. MacLean, M. H., Arnell, K. M., & Cote, K. A. (2012). Resting EEG in alpha and beta bands predicts individual differences in attentional blink magnitude. *Journal of Vision*, 12(9), 262. <https://doi.org/10.1167/12.9.262>
130. Käthner, I., Wriessnegger, S. C., Müller-Putz, G. R., Kübler, A., & Halder, S. (2014). Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain–computer interface. *Biological Psychology*, 102, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.07.014>
131. Raufi, B., & Longo, L. (2022). An evaluation of the EEG alpha-to-theta and theta-to-alpha band ratios as indexes of mental workload. *Frontiers in Neuroinformatics*, 16. <https://doi.org/10.3389/fninf.2022.861967>
132. Abbass, H. A., Tang, J., Amin, R., Ellejmi, M., & Kirby, S. (2014). Augmented cognition using real-time eeg-based adaptive strategies for air traffic control. *Proceedings*

of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 58(1), 230–234. <https://doi.org/10.1177/1541931214581048>

133. Picken, C., Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2019). The theta/beta ratio as an index of cognitive processing in adults with the combined type of attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical EEG and Neuroscience*, 51(3), 167–173. <https://doi.org/10.1177/1550059419895142>

134. Massar, S. A. A., Kenemans, J. L., & Schutter, D. J. L. G. (2014). Resting-state EEG theta activity and risk learning: Sensitivity to reward or punishment? *International Journal of Psychophysiology*, 91(3), 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.10.013>

135. Angelidis, A., van der Does, W., Schakel, L., & Putman, P. (2016). Frontal EEG theta/beta ratio as an electrophysiological marker for attentional control and its test-retest reliability. *Biological Psychology*, 121, 49–52. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.09.008>

136. Vagg, P. R., Spielberger, C. D., & O'Hearn, T. P. (1980). Is the state-trait anxiety inventory multidimensional? *Personality and Individual Differences*, 1(3), 207–214. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(80\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0191-8869(80)90052-5)

137. Enriquez-Geppert, S., Huster, R. J., Figge, C., & Herrmann, C. S. (2014). Self-regulation of frontal-midline theta facilitates memory updating and mental set shifting. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00420>

138. Marzbani, H., Marateb, H., & Mansourian, M. (2016). Methodological note: Neurofeedback: A comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic and Clinical Neuroscience Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.15412/j.bcn.03070208>

139. Chang, J., & Choi, Y. (2023). Depression diagnosis based on electroencephalography power ratios. *Brain and Behavior*. <https://doi.org/10.1002/brb3.3173>

140. Bradley, M.M., Lang, P.J. (2017). International Affective Picture System. In: Zeigler-Hill, V., Shackelford, T. (eds) *Encyclopedia of Personality and Individual Differences*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8\\_42-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8_42-1)
141. *Scientific image and illustration software | biorender*. (б. д.). Scientific Image and Illustration Software | BioRender. <https://www.biorender.com/>
142. Brunner, C., Delorme, A., & Makeig, S. (2013). Eeglab – an open source matlab toolbox for electrophysiological research. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*. <https://doi.org/10.1515/bmt-2013-4182>
143. Carbone, A., & Kiyono, K. (2016). Detrending moving average algorithm: Frequency response and scaling performances. *Physical Review E*, 93(6). <https://doi.org/10.1103/physreve.93.063309>
144. Kappenman, E. S., & Luck, S. J. (2016). Best practices for event-related potential research in clinical populations. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 1(2), 110–115. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2015.11.007>
145. Yang, Q., Zhang, Y., Wang, J., & Wu, Y. (2020). Processing facial expressions that conflict with their meanings to an observer: An event related potential study. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01273>
146. Marek, S. & Dosenbach, N. (2018). The frontoparietal network: Function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping. *Dialogues in clinical neuroscience*. 20. 133-140. <https://doi.org/10.31887/dcons.2018.20.2/smarek>
147. Seleznov, I., Zyma, I., Kiyono, K., Tukaev, S., Popov, A., Chernykh, M., & Shpenkov, O. (2019). Detrended fluctuation, coherence, and spectral power analysis of activation rearrangement in EEG dynamics during cognitive workload. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00270>
148. Gu, G.-F., & Zhou, W.-X. (2010). Detrending moving average algorithm for multifractals. *Physical Review E*, 82(1). <https://doi.org/10.1103/physreve.82.011136>
149. Feldman, M. (2011). Hilbert transform in vibration analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25(3), 735–802. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2010.07.018>

150. Savitzky, A., & Golay, M. J. E. (1964). Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry*, 36(8), 1627–1639. <https://doi.org/10.1021/ac60214a047>
151. Tsujimoto, Y., Miki, Y., Shimatani, S., & Kiyono, K. (2016). Fast algorithm for scaling analysis with higher-order detrending moving average method. *Physical Review E*, 93(5). <https://doi.org/10.1103/physreve.93.053304>
152. Sidak, Z. (1967). Rectangular confidence regions for the means of multivariate normal distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 626. <https://doi.org/10.2307/2283989>
153. Engemann, D. A., & Appelhoff, S. (б. д.). *Explore event-related dynamics for specific frequency bands — MNE 1.7.0.dev11+g133d589ba documentation*. MNE tools. [https://mne.tools/dev/auto\\_examples/time\\_frequency/time\\_frequency\\_global\\_field\\_power.html](https://mne.tools/dev/auto_examples/time_frequency/time_frequency_global_field_power.html)
154. Engemann, D. A., & Gramfort, A. (2015). Automated model selection in covariance estimation and spatial whitening of MEG and EEG signals. *NeuroImage*, 108, 328–342. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.12.040>
155. Sund, R. (2019). *Computer Age Statistical Inference: Algorithms, Evidence, and Data Science*. Bradley Efron and Trevor Hastie Institute of Mathematical Statistics Monographs Cambridge University Press, 2016, (8th printing 2018), xix + 475 pages, ISBN: 978-1-107-14989-2. *International Statistical Review*, 87(1), 186–188. <https://doi.org/10.1111/insr.12320>
156. Caharel, S., Leleu, A., Bernard, C., Viggiano, M.-P., Lalonde, R., & Rebaï, M. (2013). Early holistic face-like processing of Arcimboldo paintings in the right occipito-temporal cortex: Evidence from the N170 ERP component. *International Journal of Psychophysiology*, 90(2), 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.06.024>
157. Rossion, B. (2014). Understanding face perception by means of human electrophysiology. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(6), 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.02.013>

158. Marhöfer, D. J., Bach, M., & Heinrich, S. P. (2015). Objective measurement of visual resolution using the P300 to self-facial images. *Documenta Ophthalmologica*, *131*(2), 137–148. <https://doi.org/10.1007/s10633-015-9502-1>
159. Hajcak, G., MacNamara, A., & Olvet, D. M. (2010). Event-Related potentials, emotion, and emotion regulation: An integrative review. *Developmental Neuropsychology*, *35*(2), 129–155. <https://doi.org/10.1080/87565640903526504>
160. Weinberg, A., & Hajcak, G. (2010). Beyond good and evil: The time-course of neural activity elicited by specific picture content. *Emotion*, *10*(6), 767–782. <https://doi.org/10.1037/a0020242>
161. Moran, T. P., Jendrusina, A. A., & Moser, J. S. (2013). The psychometric properties of the late positive potential during emotion processing and regulation. *Brain Research*, *1516*, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2013.04.018>
162. Hajcak, G., & Foti, D. (2020). Significance?... Significance! Empirical, methodological, and theoretical connections between the late positive potential and P300 as neural responses to stimulus significance: An integrative review. *Psychophysiology*, *57*(7). <https://doi.org/10.1111/psyp.13570>
163. Moser, J. S., Hajcak, G., Bukay, E., & Simons, R. F. (2006). Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: An ERP study. *Psychophysiology*, *43*(3), 292–296. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00402.x>
164. Myruski, S., Birk, S., Karasawa, M., Kamikubo, A., Kazama, M., Hirabayashi, H., & Dennis-Tiway, T. (2019). Neural signatures of child cognitive emotion regulation are bolstered by parental social regulation in two cultures. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *14*(9), 947–956. <https://doi.org/10.1093/scan/nsz070>
165. Hajcak, G., & Nieuwenhuis, S. (2006). Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *6*(4), 291–297. <https://doi.org/10.3758/cabn.6.4.291>
166. Proudfit, G. H. (2014). The reward positivity: From basic research on reward to a biomarker for depression. *Psychophysiology*, *52*(4), 449–459. <https://doi.org/10.1111/psyp.12370>

167. Klawohn, J., Santopetro, N. J., Meyer, A., & Hajcak, G. (2020). Reduced P300 in depression: Evidence from a flanker task and impact on ERN, CRN, and Pe. *Psychophysiology*, 57(4). <https://doi.org/10.1111/psyp.13520>
168. Lin, H., Liang, J., Jin, H., & Zhao, D. (2018). Differential effects of uncertainty on LPP responses to emotional events during explicit and implicit anticipation. *International Journal of Psychophysiology*, 129, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.04.012>
169. Olivares, E. I., Iglesias, J., Saavedra, C., Trujillo-Barreto, N. J., & Valdés-Sosa, M. (2015). Brain signals of face processing as revealed by event-related potentials. *Behavioural Neurology*, 2015, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2015/514361>
170. Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62(1), 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
171. Chernykh, M., & Zyma, I. (2023). Distorted face perception: an ERP study of emotional expression processing. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*. 2023. Vol. 94, no. 3. P. 46–53. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.94.46-53>
172. Schienle, A., Unger, I., & Schwab, D. (2022). Changes in neural processing and evaluation of negative facial expressions after administration of an open-label placebo. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10567-4>
173. Chernykh, M., & Zyma, I. (2021). Peculiarities of information transfer within functional cortical network during emotional face perception. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 84(1), 48–53. [https://doi.org/10.17721/1728\\_2748.2021.84.48-53](https://doi.org/10.17721/1728_2748.2021.84.48-53)
174. Taylor, J., Shehzad, Z., & McCarthy, G. (2016). Electrophysiological correlates of face-evoked person knowledge. *Biological Psychology*, 118, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.05.011>
175. Kang, K., Schneider, D., Schweinberger, S. R., & Mitchell, P. (2018). Dissociating neural signatures of mental state retrodiction and classification based on facial expressions. <http://hdl.handle.net/10454/17872>

176. Subin, Y., Chernykh, M., & Zyma, I. (2023). Eeg dynamics during emotional face perception under the variable presentation time: An erp study. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 92(1), 10–16. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.92.10-16>
177. Hoffmann, H., Kessler, H., Eppel, T., Rukavina, S., & Traue, H. C. (2010). Expression intensity, gender and facial emotion recognition: Women recognize only subtle facial emotions better than men. *Acta Psychologica*, 135(3), 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.07.012>
178. Skolnick, A. J., Bascom, K. L., & Wilson, D. T. (2013). Gender role expectations of disgust: Men are low and women are high. *Sex Roles*, 69(1-2), 72–88. <https://doi.org/10.1007/s11199-013-0279-y>
179. Herrmann, M. J., Ehlis, A. C., Ellgring, H., & Fallgatter, A. J. (2004). Early stages (P100) of face perception in humans as measured with event-related potentials (ERPs). *Journal of Neural Transmission*, 112(8), 1073–1081. <https://doi.org/10.1007/s00702-004-0250-8>
180. Feuerriegel, D., Churches, O., Hofmann, J., & Keage, H. A. D. (2015). The N170 and face perception in psychiatric and neurological disorders: A systematic review. *Clinical Neurophysiology*, 126(6), 1141–1158. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.09.015>
181. Kret, M. E., & De Gelder, B. (2012). A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia*, 50(7), 1211–1221. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.022>
182. Andric, S., Maric, N. P., Knezevic, G., Mihaljevic, M., Mirjanic, T., Velthorst, E., & van Os, J. (2015). Neuroticism and facial emotion recognition in healthy adults. *Early Intervention in Psychiatry*, 10(2), 160–164. <https://doi.org/10.1111/eip.12212>
183. Hampson, E., Vananders, S., & Mullin, L. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: Test of an evolutionary hypothesis. *Evolution and Human Behavior*, 27(6), 401–416. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2006.05.002>

184. Connellan, J., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Batki, A., & Ahluwalia, J. (2000). Sex differences in human neonatal social perception. *Infant Behavior and Development*, 23(1), 113–118. [https://doi.org/10.1016/s0163-6383\(00\)00032-1](https://doi.org/10.1016/s0163-6383(00)00032-1)
185. Su, R., Rounds, J., & Armstrong, P. I. (2009). Men and things, women and people: A meta-analysis of sex differences in interests. *Psychological Bulletin*, 135(6), 859–884. <https://doi.org/10.1037/a0017364>
186. Olderbak, S., Wilhelm, O., Hildebrandt, A., & Quoidbach, J. (2018). Sex differences in facial emotion perception ability across the lifespan. *Cognition and Emotion*, 33(3), 579–588. <https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1454403>
187. Tahmasebi, A. M., Artiges, E., Banaschewski, T., Barker, G. J., Bruehl, R., Büchel, C., Conrod, P. J., Flor, H., Garavan, H., Gallinat, J., Heinz, A., Ittermann, B., Loth, E., Mareckova, K., Martinot, J.-L., Poline, J.-B., Rietschel, M., Smolka, M. N., Ströhle, A., ... Paus, T. (2011). Creating probabilistic maps of the face network in the adolescent brain: A multicentre functional MRI study. *Human Brain Mapping*, 33(4), 938–957. <https://doi.org/10.1002/hbm.21261>
188. Vatikiotis-Bateson, E., & Kuratate, T. (2012). Overview of audiovisual speech processing. *Acoustical Science and Technology*, 33(3), 135–141. <https://doi.org/10.1250/ast.33.135>
189. Mercer Moss, F. J., Baddeley, R., & Canagarajah, N. (2012). Eye movements to natural images as a function of sex and personality. *PLoS ONE*, 7(11), Стаття e47870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047870>
190. Schultz, D. H., Ito, T., & Cole, M. W. (2022). Global connectivity fingerprints predict the domain generality of multiple-demand regions. *Cerebral Cortex*. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab495>
191. Höll, M., Kiyono, K., & Kantz, H. (2019). Theoretical foundation of detrending methods for fluctuation analysis such as detrended fluctuation analysis and detrending moving average. *Physical Review E*, 99(3). <https://doi.org/10.1103/physreve.99.033305>

192. Ibrahim, C. (2020). *New paradigms in neuroscience and related targets for drug discovery* (S. Salomone, Ред.). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/978-2-88963-820-8>
193. Yoo, J., Kwon, J., & Choe, Y. (2014). Predictable internal brain dynamics in EEG and its relation to conscious states. *Frontiers in Neurorobotics*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2014.00018>
194. Milstein, J., Mormann, F., Fried, I., & Koch, C. (2009). Neuronal shot noise and brownian 1/f<sup>2</sup> behavior in the local field potential. *PLoS ONE*, 4(2), Стаття e4338. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004338>
195. Halley, J. M. (1996). Ecology, evolution and 1f-noise. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(1), 33–37. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81067-6](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81067-6)
196. Schmidt, R., Herrojo Ruiz, M., Kilavik, B. E., Lundqvist, M., Starr, P. A., & Aron, A. R. (2019). Beta oscillations in working memory, executive control of movement and thought, and sensorimotor function. *The Journal of Neuroscience*, 39(42), 8231–8238. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1163-19.2019>
197. Mathewson, K. E., Lleras, A., Beck, D. M., Fabiani, M., Ro, T., & Gratton, G. (2011). Pulsed out of awareness: EEG alpha oscillations represent a pulsed-inhibition of ongoing cortical processing. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00099>
198. Taran, S., & Bajaj, V. (2019). Emotion recognition from single-channel EEG signals using a two-stage correlation and instantaneous frequency-based filtering method. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 173, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.03.015>
199. Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(12), 606–617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
200. Krause, C. M., Viemerö, V., Rosenqvist, A., Sillanmäki, L., & Åström, T. (2000). Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in humans to emotional film content: An analysis of the 4–6, 6–8, 8–10 and 10–12 Hz frequency

bands. *Neuroscience Letters*, 286(1), 9–12. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(00\)01092-2](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(00)01092-2)

201. Van Diepen, R. M., Foxe, J. J., & Mazaheri, A. (2019). The functional role of alpha-band activity in attentional processing: The current zeitgeist and future outlook. *Current Opinion in Psychology*, 29, 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.03.015>

202. Ozgoren, M., & Oniz, A. (2008). Beta in simple and complex cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 69(3), 192. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.517>

203. Luft, C. D. B., Zioga, I., Thompson, N. M., Banissy, M. J., & Bhattacharya, J. (2018). Right temporal alpha oscillations as a neural mechanism for inhibiting obvious associations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(52), E12144–E12152. <https://doi.org/10.1073/pnas.1811465115>

204. Cooper, N. R., Croft, R. J., Dominey, S. J. J., Burgess, A. P., & Gruzelier, J. H. (2003). Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(02\)00107-1](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(02)00107-1)

205. Tortella-Feliu, M., Morillas-Romero, A., Balle, M., Llabrés, J., Bornas, X., & Putman, P. (2014). Spontaneous EEG activity and spontaneous emotion regulation. *International Journal of Psychophysiology*, 94(3), 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.09.003>

206. Greicius, M. D., Supekar, K., Menon, V., & Dougherty, R. F. (2008). Resting-State functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cerebral Cortex*, 19(1), 72–78. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn059>

207. Pastötter, B., & Bäuml, K.-H. T. (2014). Distinct slow and fast cortical theta dynamics in episodic memory retrieval. *NeuroImage*, 94, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.03.002>

208. Chernykh, M., Vodianyuk, B., Seleznov, I., Harmatiuk, D., Zyma, I., Popov, A., & Kiyono, K. (2022). Detrending moving average, power spectral density, and coherence:

Three eeg-based methods to assess emotion irradiation during facial perception. *Applied Sciences*, 12(15), 7849. <https://doi.org/10.3390/app12157849>

209. Başar, E., Başar-Eroglu, C., Karakaş, S., & Schürmann, M. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 39(2-3), 241–248. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(00\)00145-8](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(00)00145-8)

210. Mohammadi, Y., & Moradi, M. H. (2020). Prediction of depression severity scores based on functional connectivity and complexity of the EEG signal. *Clinical EEG and Neuroscience*, 52(1), 52–60. <https://doi.org/10.1177/1550059420965431>

211. Wang, Y., Chai, F., Zhang, H., Liu, X., Xie, P., Zheng, L., Yang, L., Li, L., & Fang, D. (2016). Cortical functional activity in patients with generalized anxiety disorder. *BMC Psychiatry*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12888-016-0917-3>

212. Chae, J.-H., Jeong, J., Peterson, B. S., Kim, D.-J., Bahk, W.-M., Jun, T.-Y., Kim, S.-Y., & Kim, K.-S. (2004). Dimensional complexity of the EEG in patients with posttraumatic stress disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 131(1), 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2003.05.002>

213. Bob, P., & Svetlak, M. (2011). Dissociative states and neural complexity. *Brain and Cognition*, 75(2), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2010.11.014>

214. Baik, K., Jung, J. H., Jeong, S. H., Chung, S. J., Yoo, H. S., Lee, P. H., Sohn, Y. H., Kang, S. W., & Ye, B. S. (2022). Implication of EEG theta/alpha and theta/beta ratio in Alzheimer's and Lewy body disease. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21951-5>

215. van Son, D., De Blasio, F. M., Fogarty, J. S., Angelidis, A., Barry, R. J., & Putman, P. (2019). Frontal EEG theta/beta ratio during mind wandering episodes. *Biological Psychology*, 140, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.11.003>

216. Angelidis, A., Hagenars, M., van Son, D., van der Does, W., & Putman, P. (2018). Do not look away! Spontaneous frontal EEG theta/beta ratio as a marker for cognitive control over attention to mild and high threat. *Biological Psychology*, 135, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.03.002>

217. Herrera-Morales, W. V., Reyes-López, J. V., Tuz-Castellanos, K. N.-H., Ortégón-Abud, D., Ramírez-Lugo, L., Santiago-Rodríguez, E., & Núñez-Jaramillo, L.

(2023). Variations in theta/beta ratio and cognitive performance in subpopulations of subjects with ADHD symptoms: Towards neuropsychological profiling for patient subgrouping. *Journal of Personalized Medicine*, 13(9), 1361. <https://doi.org/10.3390/jpm13091361>

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА  
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:*

1. **Chernykh, M., & Zyma, I.** (2021). Peculiarities of information transfer within functional cortical network during emotional face perception. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 84(1), 48–53. [https://doi.org/10.17721/1728\\_2748.2021.84.48-53](https://doi.org/10.17721/1728_2748.2021.84.48-53). ISSN: 1728-2748. (Індексується в Index Copernicus)
2. **Chernykh, M., Vodianyk, B., Seleznov, I., Harmatiuk, D., Zyma, I., Popov, A., & Kiyono, K.** (2022). Detrending moving average, power spectral density, and coherence: Three eeg-based methods to assess emotion irradiation during facial perception. *Applied Sciences*, 12(15), 7849. (Special Issue "Application of Electroencephalography (EEG) Signal Analysis in Disease Diagnosis", Section "Applied Biosciences and Bioengineering") <https://doi.org/10.3390/app12157849>. ISSN: 2076-3417. (Індексується в Scopus та Web of Science, Q2).
3. Subin, Y., Chernykh, M., & Zyma, I. (2023). EEG dynamics during emotional face perception under the variable presentation time: An erp study. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 92(1), 10–16. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.92.10-16>. (Індексується в Index Copernicus)
4. **Chernykh, M., & Zyma, I.** (2023) Distorted face perception: an ERP study of emotional expression processing. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*. 94 (3), 46–53. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.94.46-53> (Індексується в Index Copernicus).

*Апробація наукових результатів дисертації:*

1. **Chernykh, M., & Zyma, I.** (2021). Analysis of the emotional stimuli presentation aftereffects within the effective neural networks in the human cerebral cortex. XIX Міжнародна конференція студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя. 12-13 травня 2021 р., сс.245-246.
2. Vodianyk, B., Seleznov, I., **Chernykh, M.**, Zyma, I., Popov, A., and Kiyono, K. (2021). Conference Paper. Signal Processing Symposium (SPSympo), Lodz, Poland, 2021, pp. 279-283, doi: 10.1109/SPSympo51155.2020.9593764. (Індексується в базах даних Scopus та Web of Science).
3. **Chernykh, M., & Zyma, I.** (2023). Blurred emotion: ERP study of emotion irradiation during distorted face perception. XX Міжнародна конференція студентів і молодих вчених Шевченківська Весна: Досягнення в науках про життя. 27-28 квітня 2023 р., сс.175-178.