

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Заступник завідувача кафедри

 О.І.Дрозденко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“01” червня 2020 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації)

171 «Електроніка»
(код та назва спеціальності)

на тему: «Метод музичної терапії на основі впливу складними аудіосигналами»

Виконав: студент 4 курсу, групи ДГ-г61-1
(шифр групи)

Гаган Андрій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник в.о. зав. каф. АМЕС, д.т.н., проф. Найда С. А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Консультант

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доц.каф. ЕПС, к.т.н., доц. Клен К.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет

Електроніки

(повна назва)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

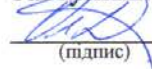
Спеціальність (спеціалізація)

171 «Електроніка»

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник завідувача кафедри



(підпис)

О.І.Дрозденко
(ініціали, прізвище)

“01” червня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Гагану Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Метод музичної терапії на основі впливу складними аудіосигналами»

керівник проекту (роботи) Найда Сергій Анатолійович, д.т.н, проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1196-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 1 «червня» 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): використовувати аудіо-сигнали різного компонентного складу, для запису сигналів використовувати електроенцефалограф BRAINTEST.

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити): 1) Огляд та проблематика; 2) Електроенцефалографія та методи аналізу сигналів головного мозку у часовій та частотній областях; 3) Дослідження спектрів складних аудіо-сигналів; 4) Експериментальне дослідження впливу складних аудіо-сигналів на ритми головного мозку людини; 5) Висновки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 2 «лютого» 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури	03.02 – 9.02	Виконано
2	Написання вступу	10.02 – 16.02	Виконано
3	Написання 1-го розділу	17.02 – 01.03	Виконано
4	Написання 2-го розділу	02.03 – 29.03	Виконано
5	Написання 3-го розділу	30.03 – 03.05	Виконано
6	Написання 4-го розділу	04.05 – 24.05	Виконано
7	Написання реферату та оформлення всієї роботи	25.05 – 01.06	Виконано

Студент


(підпис)

А.С. Гаган
(ініціали, прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

С.А. Найда
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

В даній роботі проведено аналіз наявної інформації на тему музичної терапії. На основі цього було зроблено висновок, що сфера музичної терапії відносно нова та є малодослідженою відносно інших сфер. Було отримано інформацію про попередні дослідження, такі як використання музики для полегшення відчуття фізичного болю.

Для дослідження впливу складних аудіо-сигналів на біоелектричну активність мозку використовувався комплекс електроенцефалографічний комп'ютерний «BRAINTEST». В якості складних аудіо-сигналів було обрано музичні композиції з різним компонентно-структурним складом та з різних частотних груп. Розділення аудіо-сигналів на частотні групи відбувалося після дослідження їх спектрограм, які було отримано за допомогою програми «Audacity».

Візуалізація отриманих результатів з електроенцефалографа відбувалася у пакеті «MATLAB», оскільки працювати з програмним забезпеченням електроенцефалографа можна лише при підключенні до самого приладу.

ЗМІСТ

1. Реферат.....	4
2. Зміст.....	5
3. Вступ.....	6
4. Розділ 1. Огляд та проблематика.....	7
5. Розділ 2. Електроенцефалографія та методи аналізу сигналів головного мозку у часовій та частотній областях.....	26
6. Розділ 3. Дослідження спектрів складних аудіо-сигналів.....	40
7. Розділ 4. Експериментальне дослідження впливу складних аудіо-сигналів на ритми головного мозку людини.....	58
8. Висновки.....	76
9. Література.....	77

ВСТУП

Після аналізу інформації можна прийти до висновку, що сфера музичної терапії відносно нова. До сьогодні не встановлені точні характеристики музики, прослуховування якої могло б допомогти людині у лікуванні та медицині загалом. Не варто забувати і про те, що музику варто розглядати не просто як набір сигналів, а як повну композицію, оскільки один і той самий аудіотрек може викликати різні емоції у різних осіб.

Також важливим фактором у дослідженнях з енцефалографом є відсутність у учасників досліджень музичної освіти, оскільки це може призвести до отримання не совсем коректних результатів. Це пов'язано з тим, що люди з музичною освітою можуть сприймати музику дещо інакше, і намагатися розділити її на окремі складові, що в свою чергу призводить до додаткової когнітивної активності.

Сфера електроенцефалографії на сьогодні є достатньо дослідженою. Її широко використовують при діагностуванні різних захворювань. Процедура вимірювання є цілком безпечною і безболісною. Чітких протипоказань до процедури немає, але іноді вимірювання можуть бути недоступні через наявність відкритих ран у області вимірювання та травм, що заважають якісному приєднанню електродів. Завдяки розвитку електронної техніки та програмного забезпечення, процес отримання результатів з електроенцефалографа відбувається за допомогою комп'ютера, де є велика кількість налаштувань та функцій як для вимірювань, так і для обробки отриманої електроенцефалограми.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА ПРОБЛЕМАТИКА

1.1. Музична терапія.

У наш час дуже велика кількість людей слухає музику щодня. Або дорогою до роботи чи місця навчання, або за кермом, або навіть просто при звичайній прогулянці чи знаходячись вдома. Різноманітність музики знаходиться на дуже високому рівні: тут і рок, і танцювальна музика, і класична. Кількість жанрів порахувати неймовірно складно, особливо враховуючи те, що вони і досі утворюються.

Також відомо, що музика має неймовірну властивість викликати у людини різні емоції. Але як саме впливає музика на людину з наукової точки зору? І чи можна вважати музичну терапію ефективним засобом у медицині? Це питання на сьогодні є малодослідженим відносно інших сфер. Проводилися різні експерименти щоб знайти відповідь на це питання. Одним із експериментів, який пов'язаний з музикою, була перевірка здатності музики полегшувати біль та її аналіз.

1.2. Використання музики для полегшення болю.

Прослуховування бажаної музики (тієї, яку обирає учасник) виявилось ефективним засобом для пом'якшення наслідків болю в порівнянні з тишею та різноманітними методами відволікання уваги. Широкий діапазон жанрів, темпу та структури музики, обраний учасниками досліджень, що відчують експериментально спричинений біль, призвів до твердження, що структура не відіграє значної ролі, швидше прослуховування улюбленої музики робить її «функціонально рівноцінною» щодо впливу на сприйняття болю.

Дослідження стосувалося цього припущення та проводило детальний аналіз добірки музики, обраної з трьох больових досліджень. Музичний аналіз показав значну кореляцію між тембральним та тональним аспектами музики та

вимірюванням терпимості болю та сприйнятою інтенсивністю болю. Результати говорять про те, що, крім особистих уподобань, асоціації з музикою та контекстом прослуховування, емоція, виражена музикою, визначається її акустичним змістом, має важливе значення для посилення емоційного залучення до музики і, отже, підвищує рівень зменшення болю та її терпимості [1].

Відповіді, отримані шляхом прослуховування музики в різних ситуаціях, були в центрі уваги групи досліджень. Приклади включають сприйняття часу очікування, поведінку під час повсякденних заходів, таких як покупки, водіння та гри у відеоігри. У цих дослідженнях рідко вивчається акустичний зміст музики, а опис музичного сигналу, як правило, обмежується такими складовими як темп, складність або потенціал збудження. Останніми роками спостерігається тенденція до досліджень, зосереджених на ефектах прослуховування уподобаної музики, обраної учасником у різних повсякденних заходах.

Музика відіграє значну роль у повсякденній діяльності, насамперед спрямована на цілі, і, як було встановлено, вона впливає на поведінку в різних контекстах. У дослідженнях, що використовують вподобану музику, акцент робиться на стосунках учасника з музикою, а не на змісті самої музики. Ці дослідження проілюстрували, що переважний вибір музики є різноманітним, оскільки він сильно різниться за виконавцем, темпом та жанром. Однак акустичні властивості відповідної музики невідомі і не були детально досліджені. Таким чином, можливий вплив акустичних параметрів на спостережувані сприятливі ефекти прослуховування музики не досліджено [1].

Важливою областю цього дослідження є вплив прослуховування музики для полегшення болю. Дослідження анагетичного впливу музики проводилися як в клінічних, так і в лабораторних умовах. Систематичний огляд цих досліджень робить висновок, що прослуховування музики у відповідному контексті може знизити рівень інтенсивності болю та знизити опіоїдні потреби учасників з післяопераційним болем. Вплив музики на сприйняття інтенсивності болю в

дослідженнях невеликий, і автори роблять висновок, що специфічне використання музики для полегшення болю в клінічних умовах не зовсім зрозуміло. Однак були продемонстровані позитивні ефекти прослуховування музики на різноманітні фізіологічні та психологічні ефекти болю в клінічному контексті. Наприклад, зниження артеріального тиску, зменшення нудоти та блювоти, зменшення больових відчуттів. Прослуховування музики може пом'якшити негативні афективні переживання, пов'язані з болем, а також зменшити відчуття болю.

Значна частина досліджень причинно-наслідкових механізмів для зменшення больових ефектів музики розроблена на основі теорії нейтроматріксу. Ця теорія дозволяє припустити, що потік нервових імпульсів від периферичних нервових волокон до центральної нервової системи може модулюватися когнітивними та емоційними процесами, і це породило широкий обсяг літератури про потенційні втручання для модулювання уваги, емоцій чи сприйняття контролю над болем. Так, наприклад, за цією теорією, введення місцевого анестетика (лідокаїну) в певні зони головного мозку (бічний гіпоталамус, зубчасте ядро і ін.), що робиться досить легко і безпечно, може блокувати процес формування больових нейросігнатур на період, значно більш тривалий, ніж тривалість фармакологічної дії препарату [1, с. 1673].

У попередніх дослідженнях були запропоновані два основні теоретичні пояснення впливу музики на біль. Перший - це можливість вільно користуватися музикою в будь-який час, переживаючи біль - надаючи відчуття контролю та можливість зробити щось для протидії негативним відчуттям. Друге - відволікання уваги від болю, що говорить про відволікання зовнішніх завдань, які залишають обмежені психічні ресурси для сприйняття болю. Пізніші дослідження показали, що емоційна взаємодія зі стимулом створює найсильніше відволікання. Цей емоційний зв'язок може фільтруватися чинниками, що оточують саму музику. Докази зменшення болю під час прослуховування приємної музики підкреслюють, що позитивна емоційна індукція може відігравати основу в ефекті музики. Емоційні фактори поза музикою досліджуються все більшою кількістю

досліджень музичної психології. Вони висвітлюють емоційний компонент відволікання, описуючи "асоціативний" контекст прослуховування як особисті спогади та значення, пов'язані з музикою. Ці питання вивчаються завдяки збільшенню кількості досліджень улюбленої музики учасників, на відміну від музики, обраної для її передбачувальних розслаблюючих чи заспокійливих ефектів [1, с. 1673].

Музика, обрана учасниками досліджень, що вивчають терпимість до болю, призвела до зниження тривоги, посилення розслаблення та позитивного впливу на терпимість та сприйняття болю. Корисні ефекти були пов'язані з підвищенням рівня залучення до музики, що, в свою чергу, залежить від знайомства та минулих асоціацій з музикою та культурного контексту. Ефективність вподобаної музики в цьому контексті підтверджується рядом лабораторних досліджень, що використовують методи холодного тиску, де бажана умова прослуховування музики призводила до наступного:

- 1) Підвищена терпимість до болю і прийнятний контроль над болем порівняно з білим шумом і спеціально вибраною музикою, що розслабляє.
- 2) Значне підвищення терпимості до болю порівняно з арифметичним завданням для відволікання, і значно збільшене сприйняття контролю порівняно з гумором як захоплююче відволікання.
- 3) Значно підвищена терпимість і сприйнятий контроль над болем, зниження тривожності порівняно з відволіканням зору та тишею та зниження інтенсивності болю порівняно з тишею.
- 4) Значно більша терпимість болю порівняно з тишею та зосередженістю на болю, та значно більший сприйманий контроль, ніж при фокусуванні на болі [1, с. 1674].

Зміст музики, використаної в цих дослідженнях, підкреслюється рідко. Дослідники, які вивчають перевагу музики та полегшення болю, припускають, що особливості структури не можуть пояснити емоційні реакції у слухача. Скоріше

зовнішні фактори відіграють ключову роль в емоційному значенні музики, і те, що особистий сенс і спогади, пов'язані з музикою, впливають на наш емоційний зв'язок з нею. Підвищена терапевтична ефективність бажаної музики в порівнянні з вибраною для експериментаторів музикою говорить про те, що корисні ефекти залежать від особистих асоціацій та емоційного залучення до музики, і що цей ефект не залежить від музичних особливостей, присутніх у передбачуваній заспокійливій або розслабляючій музиці. Неформальна пост-спеціальна експертиза музики, обраної учасниками цих експериментів, схоже, підтримує це твердження, оскільки воно сильно різниться з точки зору виконавця, темпу та жанру. Було запропоновано, що слухання вподобаної музики може робити композиції з широко різними структурними особливостями "функціонально еквівалентними". Зокрема, пропонується, щоб учасники вибирали музику з різними структурними особливостями для досягнення однакових психологічних цілей, а саме - зменшення болю та тривоги. Література про вподобану музику та полегшення болю підтримує важливість особистих уподобань, асоціацій з музикою та контексту слухання. Однак музика, що використовується в цих дослідженнях, не піддавалася детальному аналізу, і тому немає доказів, що підтверджують твердження про те, що корисні ефекти не залежать від структури музики. Основна увага в цій статті полягає у вивченні можливого впливу структури в музиці, обраної для полегшення болю.

З огляду на те, що ефективність музичних подразників для відволікання від болю пов'язана з емоційною взаємодією із подразниками, впливає, що зміст музики важливий у цьому плані. Музичні дослідження вже давно зосереджуються на дослідженні музики та емоцій, приділяючи особливий акцент впливу конкретних структурних елементів на емоції слухача. Слухачі проявляють загальну емоційну реакцію на широкий спектр подразників, і помітна схожість в емоції, яка виражається музикою між різними слухачами. Це говорить про те, що культурні відмінності можуть бути не настільки сильними, щоб зробити культуру емоційної категоризації специфічною. [1]

Найпоширенішою метою слухання музики є вплив на емоції. Деякі дослідження були зосереджені на сильних емоційних відповідях на музику, також відомих як "хвилювання" або "озноб". Акцентовано увагу також на конкретних параметрах музичного виконання, важливих для викликання емоційних реакцій. Інші вивчили концепцію музичного очікування, припущення, що під час прослуховування музики людина формуватиме очікування щодо її продовження. Відповідні емоційні реакції викликаються у слухача, якщо припущення порушені. Але залишаються значні дискусії щодо природи музичних емоцій. Існує чітке розмежування емоції, яку переживає слухач, і сприйняття емоції, вираженої музикою, але існує розбіжність щодо того, чи насправді музика викликає емоції у слухача чи ні. Цей конфлікт призвів до синтезу цілісної, багатовимірної рамки для вивчення індукції емоції при прослуховуванні музики - моделі BRECSEM - метою якої є вивчення основних психологічних механізмів, які впливають на емоційну реакцію слухачів на музику. Три з основних механізмів, описаних у моделі, в тій чи іншій мірі залежать від структури музики. Це стовбуровий рефлекс мозку, де основні акустичні характеристики музики викликають відповідну активацію центральної нервової системи; емоційне зараження, яке наводить на думку слухача, імітує настрій, виражений музичним твором; і тривалість музики. Точні механізми виклику емоції музикою ще не до кінця вивчені, і ці механізми були запропоновані як основа для майбутніх емпіричних досліджень виклику емоції через прослуховування музики. Однак зміст і структура музики відіграє значну роль у передачі емоції музикою [1, с. 1675].

1.2.1. Метод дослідження

У кожному експерименті використовувався комерційно доступний холодний пресор (рис. 1), який вимагає від учасника помістити руку в холодну циркулюючу воду. Ця методика дозволяє застосовувати точну та контрольовану температуру та забезпечує повторювані результати.



Рис 1. Холодний пресор, що використовується в больових експериментах.

Кожен учасник проходив три випробування у холодній воді. Стимули були представлені в урівноваженому порядку, а умови тестування в експериментах були наступними:

- 1) Бажана музика, тиша та відволікання зору. Візуальне відволікання набуло форми картини, обраної учасником на вибір 15 популярних художніх творів. У цьому дослідженні брали участь 80 учасників.
- 2) Бажане прослуховування музики та ментальність арифметичних відволікань порівняно з тишею. У цьому дослідженні брали участь 72 учасники.
- 3) Тиша, зосередження уваги на болю (де учасники звертали увагу на хворобливе відчуття та те, як воно змінювалося з часом), і прослуховування обраної музики. 55 учасників [1, с. 1676].

У кожному випадку стимули доставлялися через навушники та встановлювались учасниками на «комфортному» рівні. Учасники знали природу експерименту ще до участі, тому їх попросили принести з собою трохи музики. Улюблену музику вибирали у 87% випадків. Залежні змінні були однакові у кожному експерименті: час допуску (кількість часу, в секундах, скільки учасник

тримав руку у воді); інтенсивність болю (вимірюється за допомогою візуальної аналогової шкали та індексу оцінювання болю; сприймається рейтинг контролю за візуальною аналоговою шкалою оцінки.

У аналізі музики цих експериментів є дві ключові цілі. Спочатку слід вивчити структуру кращої музики порівняно з вимірюванням болю, проведеними в експериментах, з метою встановити, чи вплинула якась структурна ознака на її ефективність у пом'якшенні наслідків болю. Цей аналіз включає змістовну класифікацію настрою бажаної музики з метою вивчення того, чи є спільність в емоції, вираженій музикою, обраною учасниками. По-друге, проводиться порівняння між кращою музикою для експериментів та широким діапазоном музики з метою встановити, чи існують якісь всебічні структурні відмінності між музикою, що виявляє сприятливий вплив в експериментах [1].

Дані були зібрані для відбору учасників вищевказаних експериментів, включаючи дані вимірювання болю та музику, яку вибрали учасники. Відбір даних для аналізу ґрунтується на вимірюваннях, проведених під час больових експериментів. Окрім статі та віку учасників, ці вимірювання є наступними:

- 1) Терпимий час (TOLdiff) - час від занурення руки до моменту, коли учасники вже не можуть терпіти подразник і відвести руку. Вимірюється в секундах за допомогою годинника (секундоміра). Параметр TOLdiff виробляється шляхом обчислення різниці в терпимості між тишею та бажаними умовами музики.
- 2) Рейтинг інтенсивності болю за 100-мм візуальною аналоговою шкалою (VASdiff), на якій учасникам пропонується зробити позначку між відсутністю дискомфорту та найгіршим можливим дискомфортом. Параметр VASdiff виробляється шляхом обчислення різниці номінальних рівнів дискомфорту між тишею та бажаними умовами музики.
- 3) 100-міліметрова сприйнята візуальна аналогова шкала оцінювання (PCdiff), на якій учасники відзначають ступінь, на який вони відчували, що можуть успішно управляти або змінювати відчуття болю між "зовсім ні" та "повністю". Параметр

PCdiff виробляється шляхом обчислення різниці сприйманого контролю між тишею та бажаними умовами музики.

4) Коротка форма опитування тривожності з рейтингом, що виставляється між 1 (повністю згоден) та 7 (категорично не згоден) за пункти "Я почував себе спокійно", "Я почував себе розслабленим", "Я відчував напругу", "Я відчував себе комфортно "та" Я відчував тривогу ". Міра ANXdifff виробляється шляхом обчислення різниці номінальних рівнів тривоги між тишею та бажаними умовами музики [1, с. 1676].

1.2.2. Результати.

Ці дослідження продемонстрували ефективність бажаної музики для пом'якшення наслідків болю, і особливо її вплив на підвищення толерантності до болю. Музика, яка виявилася найбільш ефективною в експериментах, вибирається для аналізу, а вибір здійснюється за двома критеріями. По-перше, збільшення терпимості від прослуховування улюбленої музики. Час терпимості до болю є ключовою об'єктивною мірою в експериментах з болем. Другий критерій відбору - загальний бал за всі чотири вимірювання болю

Це дослідження вивчає музику, обрану учасниками попередніх лабораторних експериментів, що стосуються експериментально викликаного болю. Література про вподобану музику та полегшення болю підтримує важливість особистих уподобань, асоціацій із музикою та контексту слухання. Результати говорять про те, що зміст та структура музики також можуть грати роль у виборі музики учасників та ефективності прослуховування музики для полегшення болю. Музика, яку обирають учасники, переважно виражає задоволення, як правило, яскравіша, ніж інша музика, і більш важлива в модальності. Акустичні особливості є ключовими для визначення емоції, вираженої музикою, і тембральні та тональні особливості показують, що вони суттєво співвідносяться з вимірюваннями толерантності до болю та сприйнятою інтенсивністю болю. Висловлюється думка, що акустичний зміст та емоції,

виражені музичним твором, сприяють емоційній взаємодії учасника з музикою та посилюють відволікання від болю [1].

1.3. Властивості музики.

Ще багато років тому було доведено, що для вивчення впливу музики на організм та психіку людини, важливе значення має дослідження процесів вищої нервової діяльності. У той самий час спостерігається досить серйозний дефіцит розуміння специфіки самої музики; тоді як очевидно, що ефективність терапії залежить від естетичного переживання музики і від розуміння самим музикотерапевтом того, що музичний твір, до якого він звертається, є цілісним. Причому важливий не мажор чи мінор, не «настрій» композиції, а темпоритм та драматургія. Вищезазначений дефіцит розуміння не може не призводити до локалізації, точковості впливів; до підміни музикотерапії прикладним використанням деяких співзвучь і їх послідовностей для створення розслаблюючого фону [2, с. 204].

За інформацією з клінічних спостережень, найбільш сприятливо на людину впливає класична музика. Вона знімає м'язову напругу, тонізує, заспокоює, сприяє зниженню тривожності. Особливу увагу науковці приділяють унікальному впливу музики Моцарта на когнітивну активність людини та її фізичний стан. Даний ефект називають “ефектом Моцарта”.

Музика Моцарта містить високочастотні звуки, які надають лікувальну дію і стимулюють мозок. Для неї є характерним перетікання звуків “голосно–тихо” в тридцятисекундному діапазоні, що відповідає характеру біотоків та біоритмам головного мозку. Резонанс в корі головного мозку викликають регулярні 20–30-секундні секвенції повільних творів Моцарта, наближені до тимчасового періоду ЕЕГ-мозкових хвиль і повторювані у роботах композитора частіше, ніж в інших творах [3, с. 30].

1.4. Зв'язок між музичними уподобаннями та музикою для релаксації.

Також повідомлялося, що молоді люди часто мають колекції улюбленої музики, яку слухають, коли відчувають стрес. Наступне дослідження було проведено з метою вивчення кореляції між музичними уподобаннями, музичним досвідом та ступенем сприйняття відповідей, пов'язаних з релаксацією у музиці, для студентів коледжу. Мета цього дослідження полягала в наступному: (1) обстеження музичних типів розслаблюючої музики для студентів коледжу та відмінності між статтю та спеціальностями; (2) дослідити вплив музичних уподобань, музичної експертизи та ступеня розуміння музичного змісту на сприйнятті ними реакції, пов'язані з релаксацією; та (3) проаналізувати відповідність музичних емоцій музичним характеристикам, таким як темп, режим, динамічний діапазон та ритмічний малюнок [4].

1.4.1. Властивості музики для релаксації

Вченими було визначено динамічні фактори в музиці, які впливають на зміни настрою. Було описано, що седативна музика має стійкі мелодійні лінії, повільні атаки, низький динамічний рівень і навіть прості ритми з великою кількістю повторень. В одному з досліджень терапевти припустили, що розслаблююча музика піднімає тенденцію до темпу приблизно 60 ударів в хвилину тональностями, орієнтованими навколо C5 (октава вище середнього C або C4). Вони також, ймовірно, будуть діатонічними з одним тональним центром і матимуть невеликі динамічні зміни у всій музиці. Крім того, підбірки музики з дуже простими ритмами сприймалися як більш розслаблюючі. Ступінь релаксації зростала зі зниженням темпу та мелодичної та ритмічної складності, варіацією динаміки та меншими комбінаціями інструментів. Серцево-судинні та дихальні ефекти, спричинені музикою, залежали не від музичних властивостей, а від переваг слухачів, повторення музики чи звикання.

Дослідники з Китаю прокоментували, що ставлення людини до музики суттєво корелює із сприйнятим ступенем розслабленості. Прослуховування

вподобаної музики збільшує позитивні сенсорні переживання, внаслідок чого в організмі відбуваються позитивні хімічні зміни. Порівнюючи типи музики з впливом на розслаблення, було визначено, що музичні уподобання є більш потужним збудником релаксу. Також зазначалося, що седативні властивості музики мають більший вплив на зменшення тривожності, ніж музичні переваги. Музичні уподобання - це постійно продовжуючий цикл зворотного зв'язку, що виникає з багатьох різних компонентів, таких як музичні властивості та музичний фон слухачів. Деякі дослідження виявили гендерні відмінності в музичних смаках: жінки-підлітки віддають перевагу легким музичним якість, оскільки така музика відображає їх соціалізацію, пов'язану з емоційною виразністю, тоді як чоловіки віддають перевагу важким музичним якість, оскільки це відображає їх соціалізацію, пов'язану з незалежністю. Улюбленими стилями музики студентів китайських коледжів були популярні китайські пісні, західні популярні пісні та легка музика / кришталева музика. Перевага музики хеві-металу / рок-н-ролу показала значну позитивну кореляцію зі шкалою тривоги, тоді як перевага старих китайських пісень та популярних західних пісень показала значну негативну кореляцію до шкали психологічної депресії [4, с. 3].

Попередні дослідження виявили значну кореляцію між знайомством із музикою та ступенем сприйняття релаксації незалежно від попередньої музичної підготовки слухача. Музиканти могли розпізнавати різні комбінації інструментів у різній текстурі легше, ніж не музиканти.

1.4.2. Метод

У цьому дослідженні взяли участь 297 студентів (137 чоловіків та 160 жінок). Їх набирали з двох університетів. Було 65 музичних спеціальностей (7 чоловіків і 58 жінок), 107 бізнес спеціальностей (59 чоловіків і 48 жінок), і 89 інженерних спеціальностей (71 чоловік і 18 жінок).

Список десяти музичних уривків, що використовувались у досліді, був таким:

(1) J. S. Bach's "Air on the G string", from "Music Me Goodnight", Jingo;

- (2) W. A. Mozart's Serenade K525, 4th movement, from "The Best Of Mozart", Castle;
- (3) Beethoven's Piano Sonata No. 8 op.13 "Pathetique", 2nd movement, from "Gate to Classical", Decca;
- (4) W. A. Mozart's Horn Concerto No.4, 3rd movement, from "The Best of Mozart", Castle;
- (5) W. A. Mozart's Clarinet Quintet in A major, 2nd movement, from "The Best of Mozart", Castle;
- (6).D. Gibson's "Gentle ascension" from "Natural Massage Therapy", Solitudes;
- (7) D. Gibson's "Up underhill lane" from "Celtic Awakening", Solitudes;
- (8) "Fight for win", the Taiwan pop song, from "Emergence", University of Pennsylvania Penny Chinese a cappella group;
- (9) Louis Armstrong's "What a wonderful world", Universal Music;
- (10) "Red Blouse" from "Ono Lisa best 1997-2001", Gold Typhoon Music.

Ці десять музичних уривків були обрані через їх унікальні музичні якості (див. Таблицю 1.4.1) [4, с. 4].

Таблиця 1.1. Особливості музичних уривків.

Назва	Темп	Лад	динамічний діапазон	Інструменти	Ритм
1. Bach's Air	Повільний	Мажор	Малий	Струнні	Неритмічний
2. Mozart's Serenade	Швидкий	Мажор	Великий	Струнні	Ритмічний
3. Beethoven's Pathetique II	Повільний	Мажор	Малий	Фортепіано	Неритмічний
4. Mozart's Horn Concerto	Швидкий	Мажор	Великий	Труби + оркестр	Ритмічний
5. Mozart's Cl. Quintet	Повільний	Мажор	Малий	Кларнет + струнні	Неритмічний
6. Gentle ascension	Повільний	Мінор	Малий	Етнічні інструменти + ударні	Ритмічний
7. Up underhill lane	Повільний	Мінор	Малий	Кельтська флейта + арфа	Неритмічний
8. Fight for win	Швидкий	Мажор	Великий	Вокал + джазова група	Ритмічний
9. What a wonderful world	Повільний	Мажор	Малий	Вокал + джазова група	Неритмічний
10. Red blouse	Швидкий	Мажор	Великий	Вокал + мала група	Ритмічний

1.4.3. Форма опитування

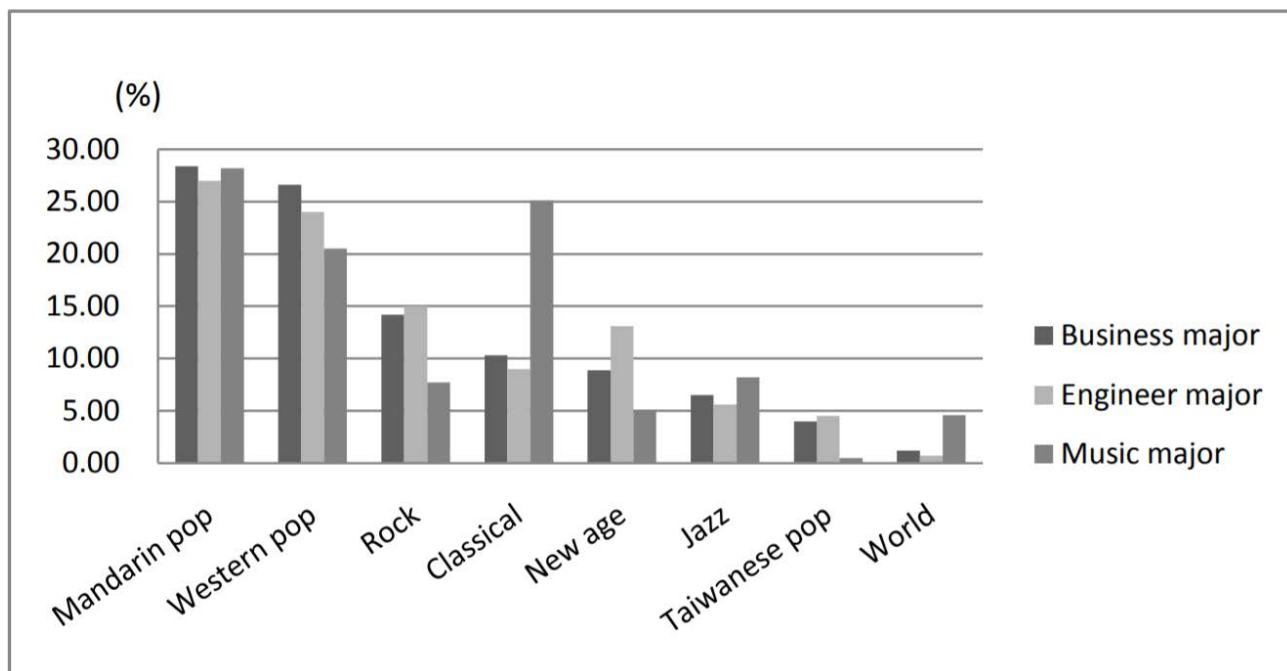
Для дослідження відповіді слухачів на кожен уривок музики було використано 5-бальну шкалу Лікерта з трьох пар біполярних прикметників (стрес-розслаблення, збудження-спокій, неприємно-приємно). Крім того, було запропоновано перевагу музики та ступінь розуміння музичного контенту. Також були зібрані довідкові відомості учасників, такі як сфера дослідження, стать, прослуховування музики на дозвіллі, музична освіта.

Після заповнення особистої довідкової інформації всім учасникам було доручено прослухати десять записаних музичних уривків. Учасників було запропоновано прослухати вибрані музичні твори та оцінити їх тривимірні емоційні відповіді, стрес-розслаблюючі, збудливі-спокійні, неприємно-приємні, за 5-бальною шкалою Лікерта. Всі отримані дані були проаналізовані.

1.4.5. Результати

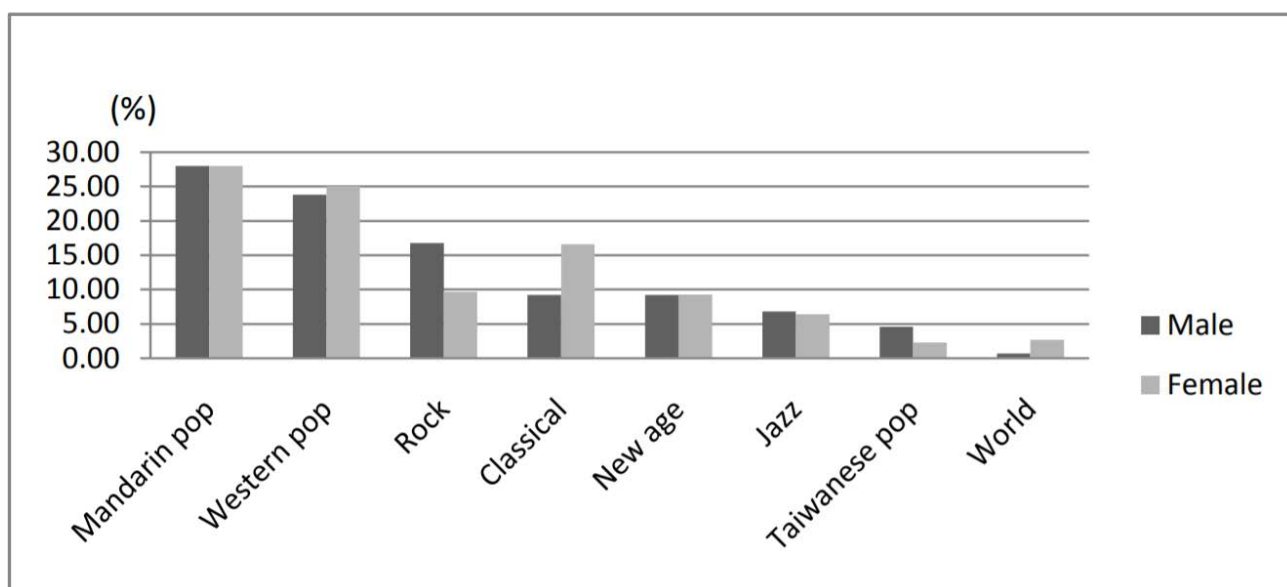
- Чотири найкращі типи прослуховування музики для студентів бізнес-спеціальності це поп-пісня жанру Mandarin (28,4%), західна поп-пісня (26,6%), рок-музика (14,2%) та класична музика (10,3%).
- Чотири переважні типи прослуховування музики для студентів-інженерів - це поп-пісня Mandarin (27,3%), західна поп-пісня (24,2%), рок-музика (15,2%) та музика розуму (13,3%).
- Чотири кращі типи прослуховування музики для студентів, що займаються музикою, - поп-пісня Mandarin (28,2%), класична музика (25,1%), західна естрадна пісня (20,5%) та джазова музика (8,2%) [4, с. 5].

Рис. 1.1. Результати залежно від спеціальності [4].



Три найкращі типи прослуховування музики для студентів-чоловіків - це поп-пісня Mandarin (28,2%), західна поп-пісня (24,0%) та рок-музика (16,9%). Три найкращі типи прослуховування музики для студенток - це поп-пісня Mandarin (28,0%), західна поп-пісня (25,1%) та класична музика (16,6%) (див. Рис. 1.2). Спеціальності були показані в таблиці 1.2.

Рис. 1.2. Результати залежно від статі [4].



Таблиця 1.2. Спеціальності.

Спеціальність	Тип музики	Відсоток	Тип музики	Відсоток
Бізнес	Чоловіки(N=59)		Жінки(N=84)	
	Mandarin pop song	29.4	Mandarin pop song	27.8
	Western pop song	26.0	Western pop song	27.0
	Rock music	18.6	Classical music	11.5
	Classical music	8.5	New age music	11.5
Інженерна	Чоловіки(N=71)		Жінки(N=18)	
	Mandarin pop song	26.8	Mandarin pop song	27.8
	Western pop song	23.0	Western pop song	27.8
	Rock music	15.0	Rock music	14.8
	New age music	13.1	New age music	13.0
Музична	Чоловіки(N=7)		Жінки(N=65)	
	Mandarin pop song	28.6	Mandarin pop song	28.2
	Classical music	19.0	Classical music	25.9
	Rock music	19.0	Western pop song	21.3

Засоби тривимірних емоцій (стрес-розслаблення, збудження-спокій, неприємно-приємно) для 10 уривків музики були показані наступним чином (див. Табл. 1.3)

Таблиця 1.3. Емоції.

Назва	стрес- розслаблення (1-5)	збудження- спокій (1-5)	неприємно- приємно (1-5)
1. Bach's Air	3.67	3.79	2.99
2. Mozart's Serenade	2.94	2.49	4.00
3. Beethoven's Pathetique II	4.16	4.26	3.13
4. Mozart's Horn Concerto	3.18	2.80	3.94
5. Mozart's Cl. Quintet	3.81	4.03	2.96
6. Gentle ascension	3.45	3.46	3.10
7. Up underhill lane	3.91	3.85	3.80
8. Fight for win	2.89	2.41	3.66
9. What a wonderful world	3.57	3.38	3.47
10. Red blouse	3.92	3.39	4.09

Що стосується музичних уподобань, у цьому дослідженні улюбленими стилями музики студентів коледжу були «мандаринські естрадні пісні» та західні естрадні пісні. Для гендерного ефекту результати показали, що студенти жіночої статі віддають перевагу легкій музиці, тоді як чоловічої - музиці жанру рок та

металу більше, ніж жінки, що підтверджує результати попередніх досліджень. Але ефект від музичних уподобань також відрізнявся залежно від навчальної сфери. Не дивно, що студентам, які вивчали музику, більше подобалася класична музика, ніж іншим спеціальностям. Крім того, вподобання музики, навчання музиці та ступінь розуміння музичного змісту були суттєво співвіднесені із сприйнятими позитивними емоціями у цьому дослідженні. Що стосується музичних властивостей, результати вказували на те, що сприйнятий ступінь розслабленості та спокою збільшується при зменшенні темпу, динамічного діапазону та ритмічної складності [4, с. 14-15].

1.5. Збір даних за допомогою електроенцефалографа.

Звісно, у дослідженнях, пов'язаних з музикою, збір результатів шляхом опитування є логічним, оскільки сама по собі музика це дещо більше, ніж просто набір сигналів. Як зазначалось вище, це і різні жанри, і виконавці, і загалом у кожної людини є своє ставлення до деяких музичних творів. Саме тому дослідження впливу на людину у даній роботі буде відбуватися за допомогою електроенцефалографа, що допоможе зареєструвати активність мозку під час прослуховування аудіосигналів, зокрема альфа-, бета-, дельта- і тета – ритми.

Такі дослідження проводилися і в Україні. Було досліджено зв'язок мозкової активності з характеристиками бета-ритмів під впливом аудіостимулів різного компонентного складу. Дослідження проводилося у спеціальному безеховому приміщенні. Учасниками були 35 добровольців віком 20-23 років, без вад слуху, неврологічних захворювань та спеціальної музичної освіти [5, с. 125].

Для дослідження було обрано п'ять музичних композицій, які було розподілено на три групи, опираючись на критичні частоти у спектральному аналізі, яких було найбільше: низькі (НЧ), середні (СЧ) та високі (ВЧ). Діапазон був таким: НЧ – 20-300 Гц, середні частоти – 300Гц – 3 кГц, і для високих – 3-20кГц. Під час прослуховування музики відбувалися зміни у характеристиках активності мозку.

При прослуховуванні композицій двох, в яких переважав СЧ діапазон, відбувалося підвищення бета-ритму активності мозку. З цього можна зробити висновок, що подібний результат викликали саме середні частоти [5].

Синхронізація альфа та бета активності у неокортексі людини свідчить про те, що нервова система включає механізм самовідновлення та саморегуляції. Мозок починає покращувати свою роботу, людина набуває психічну стійкість [6].

Після детального аналізу та збору результатів, автори дослідження прийшли до висновку, що музичні композиції з переважанням низьких частот призводять до підвищення спектральної щільності потужності альфа-ритму. При переважанні середніх частот навпаки, було зареєстровано підвищення бета-ритму. Його підвищення відповідає зниженню концентрації уваги. Також стало відомо, що існує обернена залежність між динамікою вкладу бета-ритму та коефіцієнтом концентрації уваги, зміни якого в свою чергу прямо пропорційні змінам вкладу альфа-ритму. Під вкладом слід розуміти долю кожного ритму відносно 100% [5, с. 129].

Також була розроблена схожа методика по дослідженню впливу музичних композицій на ритми головного мозку, але з більшою кількістю музичних композицій, тобто 13, які було також поділено на три частотні групи – НЧ, СЧ та ВЧ. Вимірювання повинні проводитись у заглушеній кімнаті, наприклад на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем, за допомогою електроенцефалографічного комп'ютерного комплексу «BRAINTTEST» [6, с. 60].

Список обраних та проаналізованих композицій наведено у таблиці 4.

Таблиця 4. Обрані композиції для досліду [6].

№	Композиція	Частота з $A_{\max}$	Частотна група
1	«Симфонія №1» А.Брукнера	120-300 Гц	НЧ
2	«Фантазія-експромт» Ф.Шопена	250 Гц	НЧ
3	«Bohren Und Der Club of Gore» On Demon Wings	80 Гц	НЧ
4	«Charles-Camille SaintSaëns» Danse Macabre	40-100 Гц	НЧ
5	«LittleWalter» BlueLight	110 Гц	НЧ
6	«Bonobo» Kong	80 Гц	НЧ
7	«ParovStelar» Catgroove	150 Гц	НЧ
8	«Молитва за Україну» М.Лисенка	420 Гц	СЧ
9	«Мелодія» М.Скорика	450 Гц	СЧ
10	«Вступ до опери Р.Вагнера» Тристан і Ізольда	563 Гц	СЧ
11	«Я на небі» С.Вакарчука	1,5 кГц	СЧ
12	«Gag» - Chimaira	1,76 кГц	ВЧ
13	«Heavy metal gods» Infornal	2,25 кГц	ВЧ

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЯ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ У ЧАСОВІЙ ТА ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТЯХ

Отже, розглянемо питання електроенцефалографії дещо детальніше.

2.1 Термін та історія

Електроенцефалографія це метод реєстрації сумарної когнітивної активності людини, відведеної з поверхні шкіри голови. Можливість запису електричної активності головного мозку з інтактних кісток черепа вперше було продемонстровано в дослідях на тваринах у лабораторії фізіології Київського університету Святого Володимира Володимиром Володимировичем Правдичем-Немінським (1913). Першу електроенцефалограму людини у 20-х роках XX сторіччя зареєстрував австрійський психіатр Ганс Бергер (Hans Berger), якого вважають основоположником електроенцефалографії [7].

Він зареєстрував електричну активність частотою близько 10 Гц зі скальпу, яка отримала назву "альфа-ритм". В 40-х - 50-х роках XX ст. електроенцефалографія набула подальшого розвитку. Зокрема, була доведена специфічність базальної тета-активності для функціонування лімбічних структур мозку. Останні погляди на природу біоелектричної активності відображають думку, що ЕЕГ є результатом постійної циркуляції збудження всередині окремих нейронних угруповань і являється сумою аксонного, синаптичного і мембранного потенціалу [8].

Електроенцефалограма є складним коливальним електричним процесом, що може бути зареєстрований при розташуванні електродів на мозку або на поверхні скальпу, і є результатом електричної сумації і фільтрації елементарних процесів, що протікають в нейронах головного мозку [9].

Для того щоб нейрон генерував потенціал дії, що передає повідомлення іншим нейронам або ефektorним органам, необхідно, щоб його збудження

досягло певної порогової величини. Рівень збудження нейрона визначається сумою збуджуючих і гальмівних впливів, які надаються на нього в даний момент через синапси. Якщо сума збудливих впливів більше суми гальмівних на величину, що перевищує пороговий рівень, нейрон генерує нервовий імпульс, що поширюється потім по аксону. Описаним гальмівним і збудливим процесам в нейроні і його відростках відповідають певної форми електричні потенціали [9].

Мембрана, тобто оболонка нейрона, має свій електричний опір. За рахунок енергії обміну речовин концентрація позитивних іонів в екстраклітковій рідині підтримується на трохи вищому рівні, ніж усередині нейрона. В результаті існує різниця потенціалів, яку можна виміряти, ввівши один мікроелектрод всередину клітини, а другий розташували екстраклітково. Ця різниця потенціалів називається потенціалом спокою нервової клітини і становить близько 60-70 мВ, причому внутрішнє середовище заряджено негативно відносно екстракліткового простору. Наявність різниці потенціалів між внутрішньоклітинним і позаклітинним середовищами носить назву поляризації мембрани нейрона. Зменшення різниці потенціалів називається деполяризацією, а збільшення – гіперполяризацією.

Наявність потенціалу спокою є необхідною умовою нормального функціонування нейрона і генерування їм електричної активності. За припинення обміну речовин або зниженні його нижче допустимого рівня відмінності концентрацій заряджених іонів по обидві сторони мембрани згладжуються, з чим пов'язано припинення електричної активності в разі клінічної або біологічної смерті мозку. Потенціал спокою є тим вихідним рівнем, на якому відбуваються зміни, пов'язані з процесами збудження і гальмування, - спайкова імпульсна активність і градуально повільніші зміни потенціалу. Спайкова активність (від англ. Spike - вістря) характерна для тіл і аксонів нервових клітин і пов'язана з бездекрементною передачею збудження від однієї нервової клітини до іншої, від рецепторів до центральних відділів нервової системи або від центральної нервової системи до виконавчих органів. Спайкові потенціали з'являються в момент

досягнення мембраною нейрона деякого критичного рівня деполяризації, при якому настає електричний «пробій» мембрани і починається процес поширення збудження в нервовому волокні. При внутрішньоклітинній реєстрації спайк має вигляд високоамплітудного, короткого, швидкого позитивного піку [9].

Історія електроенцефалографії пов'язана із вдосконаленням методів реєстрації електроенцефалограми та розвитком методів її аналізу. Розвиток мікроелектронної техніки призвів до того, що сучасні електроенцефалографи є апаратно-програмними комплексами, які дозволяють якісно зареєструвати ЕЕГ сигнал та опрацювати його потужними та сучасними математичними методами. Математико-статистичні методи аналізу дають змогу отримати точну чисельну оцінку параметрам ЕЕГ, встановити закономірності узгодженості сигналу ЕЕГ у просторі та часі. Нові математичні методи дозволяють отримувати висновки щодо локалізації у глибині мозку різних компонентів його активності, що має важливе значення в першу чергу при клінічній діагностиці причин захворювання [7].

Феноменологія окремих компонентів ЕЕГ в своєму першому наближенні досить проста. Опис компонентів заснований на значеннях тривалості, амплітуди і форми коливань біопотенціалів. В літературі можна знайти відомості щодо формальних характеристик кожного окремого компоненту. Інформаційне значення компонентів відрізняється в нормі та патології і неоднаково для дорослих і дітей в різні вікові періоди дитинства до закінчення процесу формування морфофункціональних, фізіологічних зв'язків у нервовій системі [10].

2.2 Альфа-активність

Коливання з частотою 8-13 пер / сек. - основний компонент «нормальної» ЕЕГ. Максимально виражені в задніх (потиличній і тім'яній) областях конвексимальної кори великих півкуль мозку. Зникають вони при аферентних подразненнях будь-якої модальності, проте особливо чутливі до зорових подразнень. Амплітуда альфа-активності може варіювати (20 - 110МкВ). Вона максимальна в стані пасивного неспання, а знижується як в стані бадьорості

(активація кори), так і в стані сну (деактивація кори). Амплітуда альфа-ритму навіть в одному і тому ж стані коливається від мінімуму до максимуму, формуючи так звані «веретена» - горизонтально орієнтовані амплітудні модуляції. Частота альфа-ритму регулярна при збалансованому впливі на кору систем регуляції, що становлять неспецифічний, лімбіко-ретикулярний комплекс. Як посилення, так і ослаблення регулюючих посилок викликає нерегулярність (розкид частоти) альфа-ритму.

Екзальтація (або гіперсінхронізація) альфа-активності (збільшення індексу і амплітуди) спостерігається при подразненні як асоціативних, так і неспецифічних ядер таламуса. Дезорганізація альфаритму - нерегулярність частоти, зміна форми хвиль, збільшення амплітуди та порушення просторового розподілу по корі мозку, виникають при ураженнях зорового бугра. Редукція (ослаблення) альфаактивності - зменшення індексу, амплітуди коливань, уповільнення ритму, зазвичай супроводжує локальним або дифузним поразок самої кори великих півкуль, а також негрубим поразок різних рівнів стовбура мозку. Поряд з цим відомий феномен «альфа-коми» - наявності збереженої альфа-активності при коматозних станах з летальним результатом, пов'язаних з грубими ураженнями стовбура мозку на понто-мезенцефальному рівні [10].

2.3. Бета-активність

Розрізняють бета-активність низької частоти 14-25 пер / сек (β_1) і бета-активність високої частоти, більше 25 пер / сек (β_2). Коливання β_2 є обов'язковим компонентом ЕЕГ, що зникає лише при смерті мозку. У нормі вони мають малу амплітуду (5 - 10-15 Мкв), краще виражені в передніх (лобовій, центральній) областях мозку.

Функціональне значення коливань β_1 вивчалось у великій кількості спеціальних робіт. При вивченні спектральних характеристик біопотенціалів мозку собаки було показано, що в зонах потиличної кори існують піки β_1 на частотах 16-20 і 26,4Гц. Ці піки виявляються як в стані спокою, так і при

світлових подразненнях, але тільки за умови, що в полі зору тварини немає їжі. Піки зникають при дії барбітуратів. На підставі аналізу цих та інших даних, автори приходять до висновку, що $\beta 1$ виникає на ЕЕГ в результаті відправлення імпульсів з боку ретини через подушку і задній таламус, звідки пульсація надходить у кору таламокортикальними шляхами. Залежність появи $\beta 1$ від поведінкових ситуацій і від фармакологічних впливів дає підставу думати, що ця форма активності генерується за участю мереж гальмівний зворотного зв'язку, локалізованих поза кори в неспецифічних структурах мозку.

Загалом для здорових людей в стані бадьорості виділяють три варіанти $\beta 1$:

- потиличний, високоамплітудний, блокується при зоровій стимуляції (його синонім «швидкий варіант альфа-ритму»);
- центральний, блокується контралатерально при сенсомоторних подразненнях. Цей варіант пов'язаний з руховою діяльністю.
- дифузний, низькоамплітудний, що не змінюється при будь-яких подразненнях. У хворих на епілепсію $\beta 1$ цього варіанту посилюється перед спонтанним розвитком судомних нападів. При цьому ритм спочатку має частоту 24-22 пер / сек, потім сповільнюється до 18-16 пер / сек, нерідко супроводжуючись в цей час появою комплексів «пик-хвиля». Автори відносять $\beta 1$ третього варіанту до особливої форми синхронізованою епілептиформні активності [10].

2.4. Тета-активність

Коливання частотою 4-7 пер / сек, амплітуда їх найрізноманітніша, так само як і локалізація. Ці коливання переважають в дитячому віці, поки ще не сформована альфа-активність. У здорових дорослих людей нерегулярна, низькоамплітудна тета активність може зберігатися в передніх відділах мозку, яка є ознакою патології. Також встановлено зв'язок тета активності з емоційними станами. Дифузно виражена тета-активність відзначається у хворих з клінічними ознаками ураження диенцефальної області. У лобових відділах тета-активність

виявляється при патології в області задньо-черепної ямки з впливом на мозочок. Переміжна тета-активність в задніх відділах мозку відзначається у хворих з психічними порушеннями. Відомо, що тета-активність людини і тварин мають різне походження і тому дані, отримані в експериментах не можна безпосередньо використовувати в клінічній практиці. Наявні в літературі вказівки пов'язують формування тета-активності у людини в умовах патології або з безпосередніми ураженнями кори великих півкуль або з впливами з боку лімбічних структур, головним чином гіпокампу [10].

2.5. Дельта-активність

Коливання біопотенціалів з частотою 1-3 пер / сек, що мають різну амплітуду, реєструються на ЕЕГ при різних станах. У нормі - під час фізіологічного сну. У патології - як найбільш характерна ознака порушення функціонального стану мозку. Місцевими факторами, які викликають зміни діяльності коркових нейронів з появою дельта-активності, є, головним чином, гіпоксія, порушення метаболізму і дисциркуляторні розлади в системах лікворообігу і кровообігу. У літературі також відома поява дельта-активності на ЕЕГ у зв'язку зі станом нижчих структур мозку, а саме: фармакологічне блокування таламуса, роздратування переднього гіпоталамуса, патологічні стани базолатеральних відділів мигдалин або заднього гіпоталамуса, ураження в області базальних систем переднього мозку, ураження мозочка та інших. У всіх цих випадках дельта-активність під впливом дистантних впливів з'являється або дифузно, всіми областями мозку, або тільки в лобових областях при ураженнях оральних відділів стовбура мозку, або тільки в тім'яно-потиличних областях при ураженнях каудальних відділів стовбура [10].

2.6. Процес вимірювання

З наведеної інформації маємо, що ЕЕГ є процесом, що обумовлений активністю великої кількості генераторів, і, згідно з цим, поле, що створюється ними, є вельми неоднорідним по всьому простору мозку і мінливим в часі. У

зв'язку з цим між двома точками мозку, а також між мозком і віддаленими від нього тканинами організму виникають змінні різниці потенціалів, реєстрація яких і є завданням електроенцефалографії. У клінічній електроенцефалографії ЕЕГ відводиться за допомогою електродів, розташованих на інтактних покриттях голови і в деяких екстракраніальних точках. За такої системи реєстрації потенціали, що генеруються мозком, істотно спотворюються внаслідок впливу покриттів мозку і особливостей орієнтації електричних полів при різному взаємному розташуванні. Ці зміни частково зумовлені сумацією і ослабленням потенціалів за рахунок шунтуючих властивостей середовищ, що оточують мозок. ЕЕГ, відведена скальповими електродами, в 10-15 разів нижче в порівнянні з ЕЕГ, відведеної від кори. Високочастотні складові при проходженні через покриття мозку послаблюються значно сильніше, ніж повільні компоненти. Також, крім амплітудних і частотних спотворень, відмінності в орієнтації електродів для відведення викликають також зміни фази активості, що реєструється. Всі ці фактори необхідно враховувати при запису та інтерпретації ЕЕГ [9].

Різниця електричних потенціалів на поверхні інтактних покриттів голови має відносно невелику амплітуду, в нормі не перевищує 100-150 мкВ. Для реєстрації таких слабких потенціалів використовують підсилювачі з великим коефіцієнтом підсилення (близько 20 000-100 000). З огляду на, що реєстрацію ЕЕГ практично завжди роблять у приміщеннях, обладнаних пристроями передачі і експлуатації промислового змінного струму, що створюють потужні електромагнітні поля, застосовують диференціальні підсилювачі. Вони володіють підсилювальними властивостями тільки щодо напруги на двох входах і нейтралізують синфазну напругу, що в однаково діє на обидва входи. З огляду на, що голова є об'ємним провідником, її поверхня практично екіпотенційна щодо джерела завад, які діють ззовні. Таким чином, завада прикладається до входів підсилювача у вигляді синфазної напруги. Кількісною характеристикою цієї особливості диференціального підсилювача є коефіцієнт приглушення синфазних перешкод (коефіцієнт режекції), який визначається як відношення величини синфазного

сигналу на вході до його величини на виході. В сучасних електроенцефалографах коефіцієнт режекції досягає 100 000. Використання таких підсилювачів дозволяє проводити реєстрацію ЕЕГ в більшості лікарняних приміщень за умови, що поблизу не працюють якісь потужні електротехнічні пристрої, такі як розподільні трансформатори, рентгенівська апаратура, фізіотерапевтичні пристрої. У тих випадках, коли неможливо уникнути сусідства потужних джерел електромагнітних полів, використовують екрановані камери. Найкращим способом екранування є обшивка стін камери, в якій розташовується обстежуваний, листами металу, звареними між собою, з подальшим автономним заземленням за допомогою дроту, який прикріплено до екрану і другим кінцем з'єднаний з металевою масою, яка закопана в землю до рівня контакту з ґрунтовими водами.

Сучасні електроенцефалографи представляють собою багатоканальні реєструючі пристрої, що поєднують від 8 до 24 і більше ідентичних підсилювально-реєструючих блоків (каналів), що дозволяють таким чином реєструвати одночасно електричну активність від відповідного числа пар електродів, встановлених на голові обстежуваного [9].

ЕЕГ реєструє різницю потенціалів між двома точками поверхні голови обстежуваного. Згідно з цим, на кожен канал реєстрації подаються напруги, відведені двома електродами: один - на позитивний, інший - на негативний вхід каналу посилення. Електроди для електроенцефалографії представляють собою металеві пластини або стрижні різної форми. Зазвичай поперечний діаметр електрода, що має форму диска, становить близько 1 см.

Волосся розсовують, шкіру ретельно протирають спиртом для видалення жирової плівки, яка утворюється виділеннями сальних залоз. Вона сильно збільшує опір в області контакту електрода зі шкірою і сприяє тим самим виникненню перешкод від зовнішніх електромагнітних полів.

При реєстрації ЕЕГ для контролю наркозу і стану центральної нервової системи під час хірургічних операцій допустимо відведення потенціалів за допомогою голчастих електродів, вколюють в покриви голови.

Найважливішим вимогою до матеріалу, з якого виготовляють електроди, є відсутність поляризації в процесі реєстрації. Явище поляризації пов'язано з тим, що внаслідок електрохімічних процесів в електролітній середовищі в області контакту електрода з шкірою накопичується надлишок іонів, що призводить до включення в запис коливань постійного потенціалу, різко спотворюють реєстрацію. Найкращими матеріалами для виготовлення електродів є хімічно чисте срібло і вугілля, що використовується в електротехнічних пристроях. Як правило, срібні електроди дають неспотворену реєстрацію ЕЕГ. У випадках виникнення явищ поляризації срібні електроди після попереднього очищення від оксидів піддають хлоруванню. Для цього срібний електрод приєднують до позитивного полюсу батареї напругою 1,5 В і занурюють в 1% розчин хлориду натрію. До негативного полюса батареї під'єднують срібну пластину, опущену в той же розчин. Внаслідок проходження струму через електроліт на електроді, що є анодом, буде відкладатися шар хлориду срібла (AgCl). Ознакою достатнього покриття служить рівномірне потемніння поверхні електрода, що походить від дії світла на хлорид срібла. Для того щоб покриття з хлориду срібла не порушувалося, електродний паста або розчин, яким змочують електроди, не повинні містити більше 5% хлориду натрію [9].

2.7. Дослідження за допомогою комплексу електроенцефалографічного комп'ютерного "BRAINTTEST".

В данній роботі дослідження проводяться за допомогою комплексу електроенцефалографічного комп'ютерного "BRAINTTEST". Разом з ним використовується програмний продукт "Braintest", що призначений для обробки, зберігання, аналізу і друку біоелектричних потенціалів головного мозку, переданих у цифровому вигляді підсилювачем на комп'ютер. Система дозволяє

вести структуровану базу даних пацієнтів, яка містить картки пацієнтів, записи сигналів, що реєструються, а також розрахунки їх параметрів і текстові висновки.

Робота із системою складається з таких етапів:

- введення даних про нового пацієнта в базу даних (або робота з раніше внесеним у базу пацієнтом);
- визначення протоколу дослідження;
- реєстрація електроенцефалограми;
- аналіз записаної електроенцефалограми;
- підготовка й друк висновку [11].

Після внесення до програми необхідної інформації пацієнта, програма відкриває вікно «Схема накладення електродів». У разі використання 24-канального КЕЕГ, система запропонує вибрати схему накладення електродів (рис. 2.1). Вибір здійснюється за допомогою списку «Монтаж» (1), що розкривається. У таблиці (2) наводиться відповідність каналів і електродів, а на схемі (3) будуть підсвічені канали, які використовуються відповідно до вибраного монтажу. За замовчуванням вибираються усі канали: 21 електроенцефалографічний канал (канали ЕЕГ), 2 електроокулографічні канали (канали ЕОГ) та 1 електрокардіографічний канал (канал ЕКГ). Так само запис може проводитися за допомогою шолома із вбудованими електродами. Також слід пам'ятати, що у разі використання 24-канального підсилювача обов'язковими для встановлення на пацієнтові є електроди Fpz і заземлювальний.

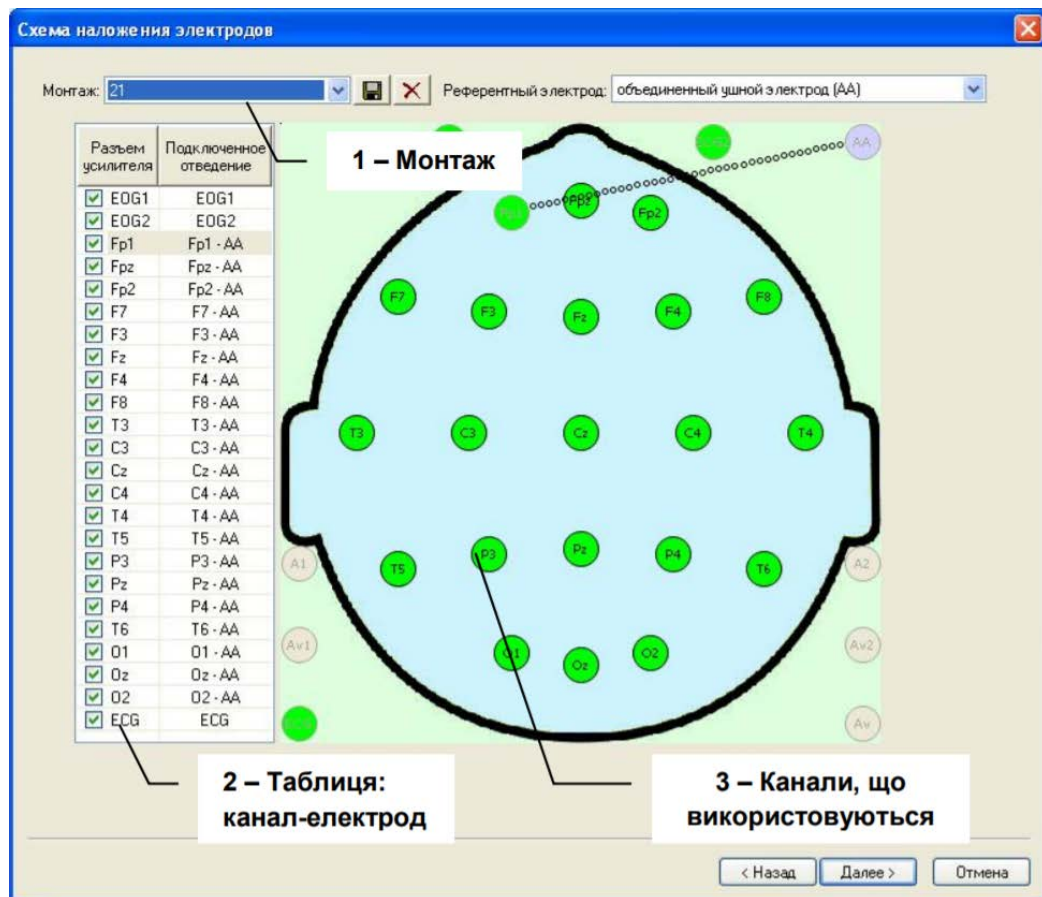


Рис 2.1. Схема накладання електродів

Точки розташування електродів у системі «10-20» визначають у такий спосіб. Вимірюють відстань по сагітальній лінії від iniop до nasion і приймають її за 100%. У 10% цієї відстані від iniop і nasion установлюють відповідно нижній лобовий (Fp) і потиличний (O) сагітальні електроди. Інші сагітальні електроди (F, Cz і P) розташовують між цими двома на рівних відстанях, що становлять 20 % від відстані iniop – nasion. Друга основна лінія проходить між двома слуховими проходами через вертекс (верхівку). Нижні скроневі електроди (T3, T4) розташовують відповідно в 10 % цієї відстані над слуховими проходами, а інші електроди цієї лінії (C3, Cz, C4) — на рівних відстанях, що становлять 20 % довжини біаурикулярної лінії. Через точки T3, C3, C4, T4 від iniop до nasion проводять лінії і на них розташовують інші електроди (P3, P4, T5, T6, F3, F4, F7, F8, Fp1, Fp2). На мочки вух поміщають електроди, які позначаються відповідно A1 та A2. Літерні символи позначають основні ділянки мозку й орієнтири на голові: O — occipitalis, P — parietalis, C — centralis, F — frontalis, A — auricularis. Непарні

цифрові індекси відповідають електродам над лівою, а парні — над правою півкулею мозку. [11]

Електрокардіографічні електроди встановлюють у такий спосіб. Жовта прищіпка ставиться на ліву руку, червона – на праву, чорна – на кожну з кінцівок. Усі “прищіпки” підключаються до ЕКГ кабелю.

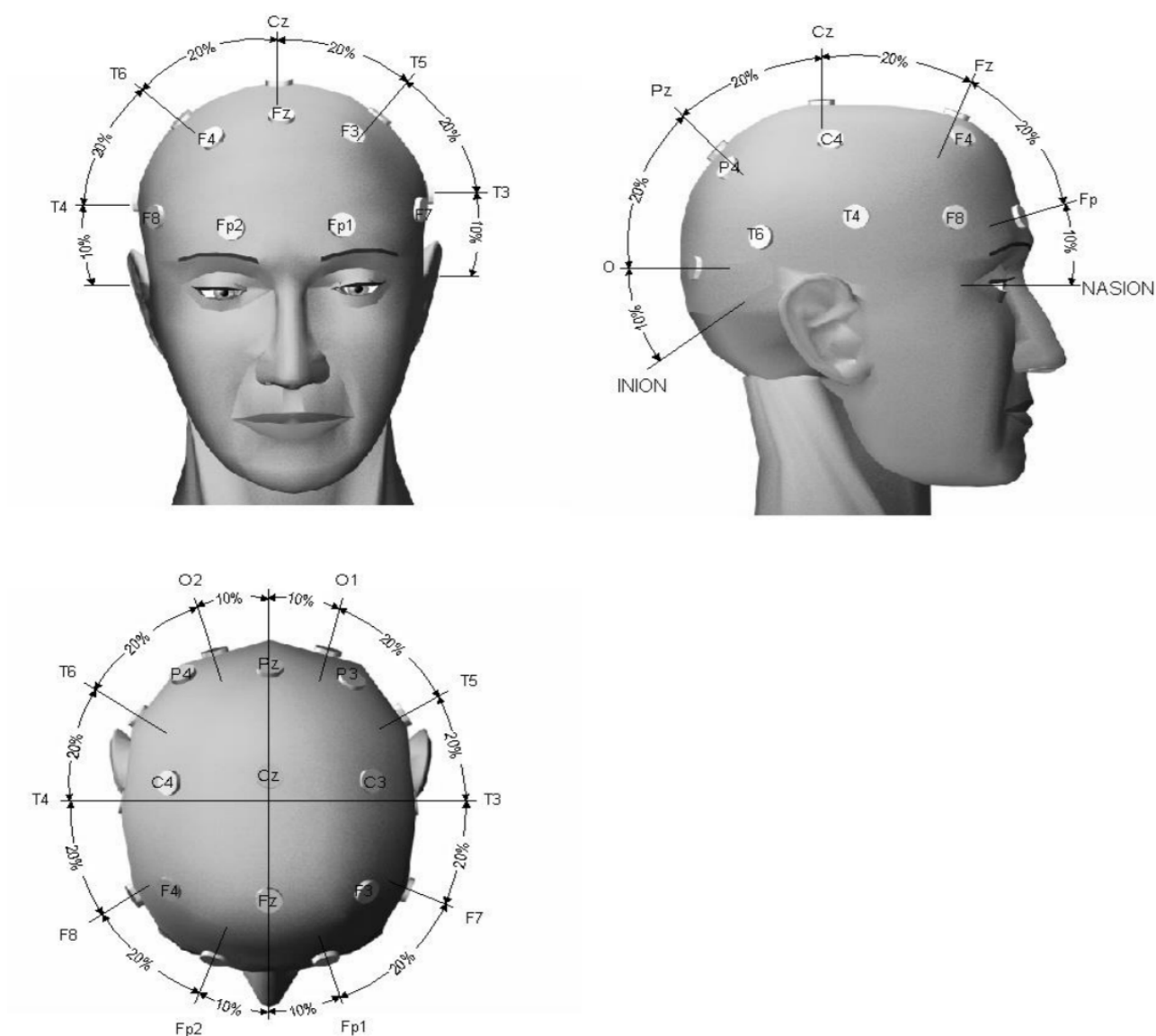


Рис 2.2. Схема розташування електродів за системою «10-20»

У вікні програми з'явиться сигнал енцефалограми, рис. 2.3. Ліворуч відображаються назви відведень і калібрувальний сигнал (1), вертикальними смугами на енцефалограмі відзначаються секунди. У правому верхньому куті (2)

відображається частота серцевих скорочень (ЧСС) (тільки для підсилювачів з ЕКГ каналом), а в правому нижньому куті головного вікна буде відображатися смуга індикації часу, що минув, з назвою проби (3).

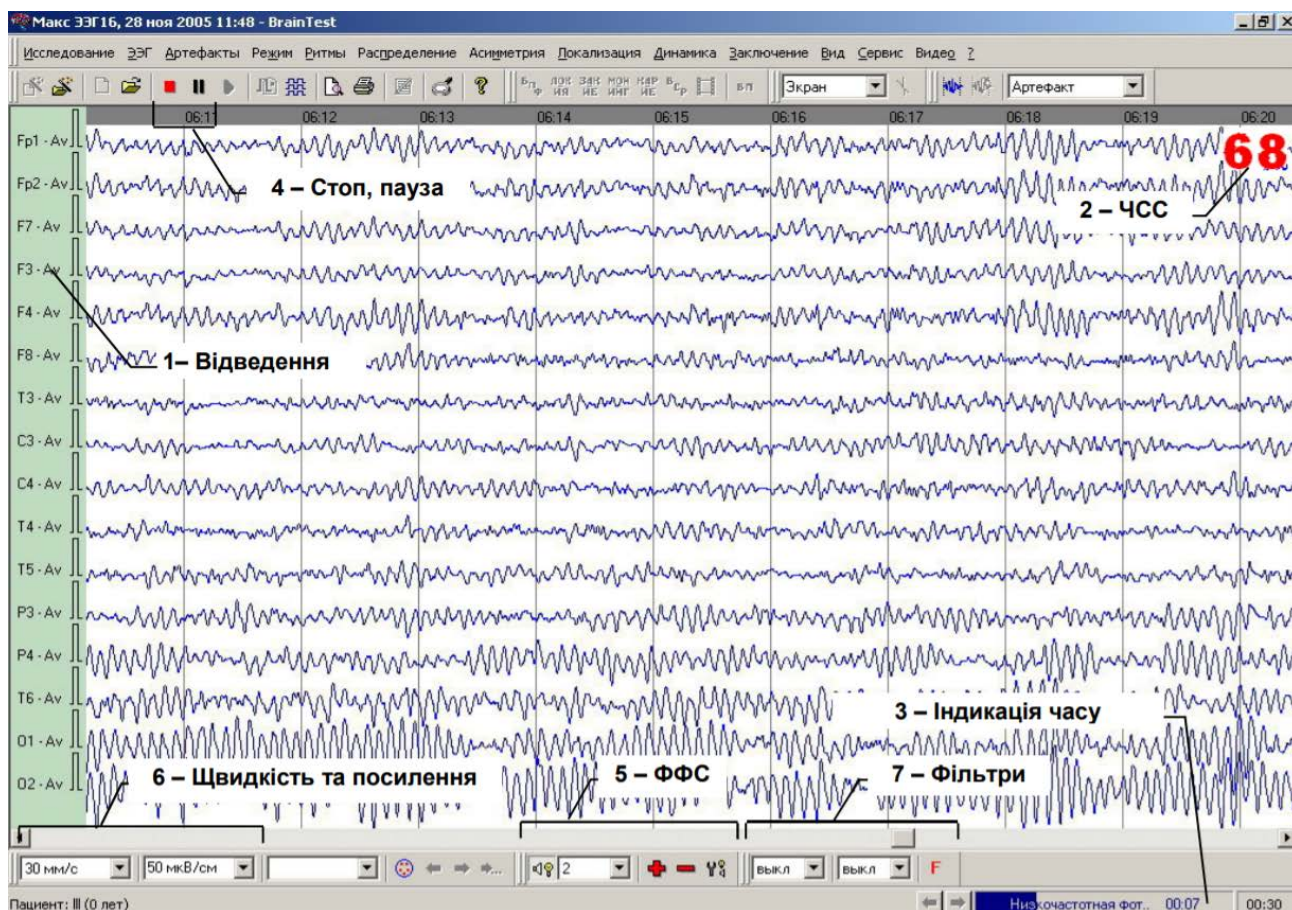


Рис. 2.3. Электроэнцефалограмма, що реєструється

Під час реєстрації енцефалограми артефактом є будь-яка активність, не пов'язана з електричною активністю мозку. Причини появи цих перешкод такі: апаратні артефакти й зовнішні перешкоди фізичної природи, і фізіологічні артефакти, від хворого, що реєструється [11].

Джерелами артефактів фізичної природи можуть бути:

- погане встановлення електродів, наслідок – високий піделектродний опір;
- порушення контактів у проводах, що підводять, і в підсилювачі;
- погане або відсутнє заземлення;

- будь-які зовнішні перешкоди під час реєстрації ЕЕГ.

До джерел фізіологічної природи відносяться:

- електроокулограма;
- електроміограма;
- ЕКГ–сигнал, пов'язаний із серцевою діяльністю людини, поширюється в об'ємному провіднику тіла й накладається на сигнал ЕЕГ;
- судинні хвилі, пов'язані зі зміною імпедансу під електродом;
- шкірно-гальванічна реакція;
- дихальні хвилі за рахунок зсуву імпедансу електродів у такт дихання;
- глоссо-кінетичні потенціали, пов'язані з рухом язика.

У разі правильного накладання електродів і дотримання правил використання приладу (заземлення, відсутність джерел зовнішньої електромагнітної завади і т.д.), запис не міститиме артефактів. Однак на практиці трапляються випадки, коли дуже складно уникнути завад. На такий випадок в системі передбачено систему фільтрації ЕЕГ-сигналу. Система складається з фільтра високих частот, фільтра низьких частот, режекторних фільтрів 25 і 50 Гц.

Фільтр низьких частот

Обмеження нижньої смуги пропускання необхідне для виключення із запису артефактів:

- повільних змін потенціалу шкіри.
- змін потенціалу, пов'язаних з незначними зсувами електродів.
- змінами в області контактів між шкірою та електродом.

Фільтрація нижніх частот може набувати таких значень: 0,5; 1,5 ; 2 Гц [11].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ СКЛАДНИХ АУДІО-СИГНАЛІВ

Метою дослідження є вивчення та перевірка спектральних характеристик біоелектричної активності мозку при прослуховування складних аудіо-сигналів, тобто музичних композицій різного компонентно-структурного складу, що відрізняються як темпом, так і мелодією загалом. Дізнатися, як ті чи інші композиції впливають на альфа-, бета-, дельта-, і тета – ритми. І у разі позитивного ефекту детально проаналізувати зміни параметрів ритмів і локалізувати ділянки музичних композицій, які найефективніше впливають на ритми головного мозку людини, з метою лікування порушень функціонування центральної нервової системи, органічних ушкоджень головного мозку, стресів, та ефективної психологічної реабілітації загалом.

3.1. Що таке сигнал

Сигнал — це фізичний процес, що змінюється у відповідності із повідомленням, яке передається. В сучасних вимірювальних системах, як правило, використовуються сигнали електричної природи, тобто такі, у яких фізичною величиною, що несе інформацію, яка їх визначає, є електричний струм або напруга.

Сигнали завжди є функціями часу. Якщо сигнал представляє собою функцію $s(t)$, що приймає лише певні дискретні значення s_n (наприклад, 0 і 1), то його називають дискретним або, точніше, дискретним по станам. Так само і повідомлення, елементи яких приймають тільки деякі певні значення, називаються дискретними. Якщо сигнал (або елементи повідомлення) може приймати будь-які значення в певному інтервалі, то він називається неперервним по станам або аналоговим [12].

Основними параметрами електричних сигналів є амплітуда (розмах), частота (або спектр частот), фаза, динамічний діапазон, тривалість і параметри форми сигналів

(скважність, час наростання і час спаду, тривалість плоскої частини). Розглянемо деякі з них детальніше.

Амплітуда і розмах. Ці поняття ілюструє рис. 3.1.1. Амплітуда — це максимальне відхилення абсолютної величини сигналу від нуля (позн. A на рис. 3.1). Розмах — це різниця між максимальним та мінімальним значенням сигналу (позн. $2A$ на рис. 3.1.1) [12].

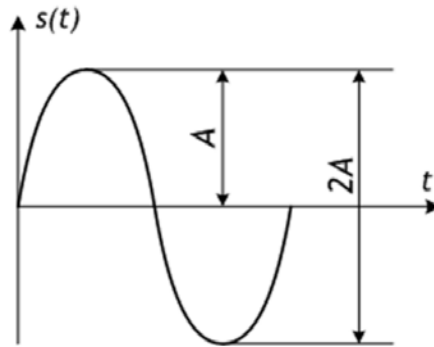


Рис. 3.1.1 - Амплітуда і розмах сигналу

Довжина хвилі та частота. існують два характерних параметри, які відрізняють хвильовий рух — довжина хвилі та частота. Довжину хвилі визначають як відстань між двома найближчими точками, які знаходяться в однаковому стані хвилі будь-якого типу (наприклад, акустичного або електромагнітного коливання). Частотою називають кількість повторюваних циклів хвилі за 1 секунду. На рис. 3.1.2 схематично показано поширення хвилі. Символом T позначений період коливання (при цьому горизонтальна вісь — це вісь часу), а символом λ — довжина хвилі (при цьому горизонтальна вісь — це вісь відстані). Період коливань пов'язаний з частотою простим співвідношенням:

$$f = \frac{1}{T}, T = \frac{1}{f}.$$

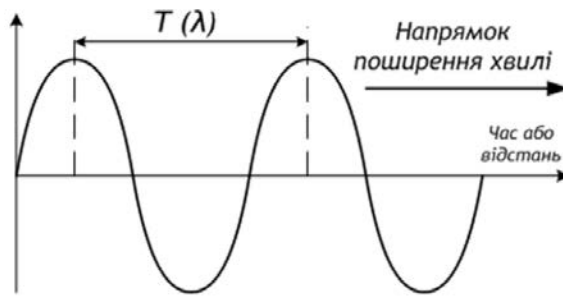


Рис. 3.1.2 - Період сигналу та довжина хвилі

3.2. Спектр сигналу

При вивченні складних сигналів довільної форми їх зручно представляти у вигляді деякої комбінації простих сигналів відомої форми. Такий прийом дуже широко використовується в електроніці, радіотехніці та обробці сигналів і полягає в тому, що початковий сигнал — довільна функція від часу — розкладається за різними системами детермінованих базисних функцій. Цей метод називається узагальненим спектральним аналізом.

В математиці доводиться, що довільна неперервна функція $s(t)$, для якої виконується умова обмеженості (скінченності енергії)

$$\int_{t_1}^{t_2} |s(t)|^2 dt < \infty$$

може бути абсолютно точно представлена у вигляді нескінченної суми ряду

$$s(t) = a_0\varphi_0(t) + a_1\varphi_1(t) + \dots + a_n\varphi_n(t) + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} a_i\varphi_i(t) \quad (3.1)$$

Де $\varphi_i(t)$ - система ортогональних неперервних функцій, a_i - коефіцієнти ряду, які визначаються як

$$a_i = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} s(t)\varphi_i(t)dt. \quad (3.2)$$

Розкладення (3.1) називають узагальненим рядом Фур'є, а коефіцієнти (3.1) — узагальненими коефіцієнтами Фур'є [12].

Система дійсних функцій $\phi_0(t), \phi_1(t), \phi_2(t), \dots$ називається ортогональною на відрізьку $[t_1, t_2]$ якщо

$$\int_{t_1}^{t_2} \phi_m(t) \phi_n(t) dt = 0 \text{ при } m \neq n.$$

При цьому додатковою умовою ортогональності є

$$\int_{t_1}^{t_2} (\phi_k(t))^2 dt \neq 0 \forall k$$

тобто жодна з них на цьому інтервалі нулю не дорівнює.

Узагальнений ряд Фур'є володіє дуже цінною практичною властивістю:

При обмеженій кількості складових у сумі (3.1) він забезпечує найкращу апроксимацію даної функції $s(t)$.

іншими словами, якщо нескінченна сума (3.1) дає можливість точно відновити довільну функцію $s(t)$ за набором коефіцієнтів ряду Фур'є, то при обмеженні кількості членів ряду ніякий інший спосіб розкладення не може дати кращого наближення суми (3.1) до функції $s(t)$.

Однією з найбільш зручних систем ортогональних функцій, які можуть використовуватися при розкладенні довільних сигналів, є тригонометричні функції — синуси та косинуси:

$$\phi_{ck} = \cos(\omega_k t), \phi_{sk} = \sin(\omega_k t),$$

Де $\omega_k = 2\pi f_k$ — кругова частота.

Вибір в якості базису розкладення саме гармонічних функцій обумовлений двома причинами:

1. гармонічне коливання є найпростішою функцією, яка не піддається подальшому розкладанню та визначена при всіх значеннях t ;
2. гармонічне коливання є єдиною функцією часу, яка не змінює своєї форми при проходженні через лінійні кола з постійними в часі параметрами (може змінюватися лише амплітуда і фаза коливання).

Якщо в якості базису розкладення вибрані тригонометричні функції, то говорять не про узагальнений ряд Фур'є, а просто — про розкладення сигналу в ряд Фур'є.

$$s(t) = \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)),$$

Де c_0 – постійна складова сигналу,

$$c_0 = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt,$$

і коефіцієнти ряду a_k та b_k обчислюються за формулами:

$$a_k = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) \cos(k\omega t) dt, \quad b_k = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) \sin(k\omega t) dt.$$

Набір коефіцієнтів ряду Фур'є називається спектром сигналу. Розкладення функції у ряд Фур'є називають її гармонічним або спектральним аналізом, а складові цього ряду — спектральними складовими або гармоніками. Таким чином, спектр сигналу показує, скільки і яких за величиною гармонік міститься у даному сигналі [12].

3.3. Вибір програми для отримання спектрограми аудіо-сигналів

Для дослідження спектрів складних аудіо-сигналів, які будуть використовуватися при дослідах, було обрано програмне забезпечення Audacity. Серед переваг варто відмітити безкоштовне завантаження та кросплатформність. Програма є багатифункціональною, а також досить проста у використанні.

Audacity можна використовувати для:

- запису звуку;
- оцифровки аналогових записів (касет, платівок);
- редагування файлів в форматах Ogg Vorbis, MP3 і WAV;
- фізичного редагування декількох файлів (вирізання, склейка, зведення);
- зміни швидкості і висоти тону запису;

Розпочнемо з встановлення програми. Необхідно зайти на офіційний сайт програми (www.audacityteam.org), обрати потрібну платформу, в нашому випадку це Windows (рис. 3.3.1).

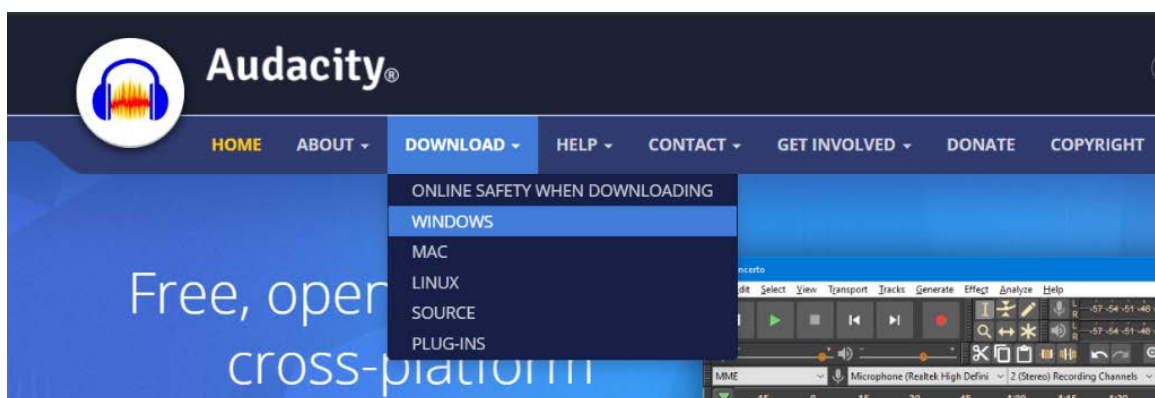


Рис. 3.3.1. Вибір платформи.

Далі потрапляємо на сторінку з останньою версією, де вказані рекомендації до встановлення (Рис 3.3.2.). Тут також можна обрати необхідні додатки до програми.

Current Version: 2.4.1

To find out what's new, visit [the New Features section](#) of the Manual.

Recommended Downloads – Latest Version of Audacity

- ▶ Left-click the Audacity installer link below to go to the Fosshub download page (where our downloads are hosted).
- ▶ Then left-click the appropriate link on the Fosshub site (Installer or Zip) to start the download.

The (recommended) Installer download comes with the Manual.

The alternative Zip is smaller with no Manual, but useful if restricted permissions prevent you from running the .exe installer.

- ▶ Then launch the downloaded .exe file and follow the online instructions (or unzip the .zip file)

- ▶ Audacity 2.4.1 installer (includes user manual)

SHA256 Checksum:

```
dde069264974b3bf7a0b556ea3037bb424630e3112735f99129f3d84921e547f
```

- ▶ Audacity 2.4.1 zip file – smaller download (without user manual).

SHA256 Checksum:

```
23f388b22974eb9ee05672e52d34971000e9c5656551bfe9b348e16ac1c5e495
```

- ▶ [View Checksums](#)
- ▶ [System Requirements](#)

Рис. 3.3.2. Вибір файлу.

Після цього переходимо на сайт з файлами та завантажуюмо останню версію.

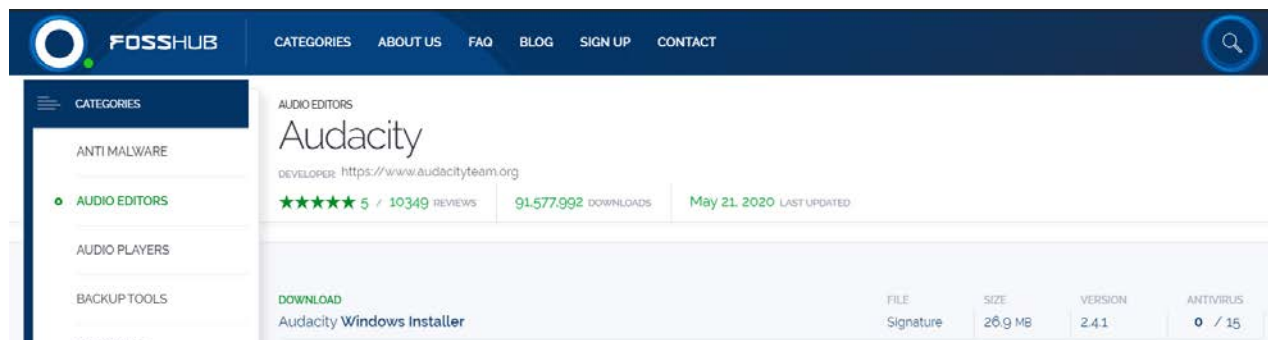


Рис. 3.3.3. Завантаження файлу.

Далі переходимо до установки програми. Вона є досить простою: достатньо запустити файл, який ми завантажили, і слідувати крокам.

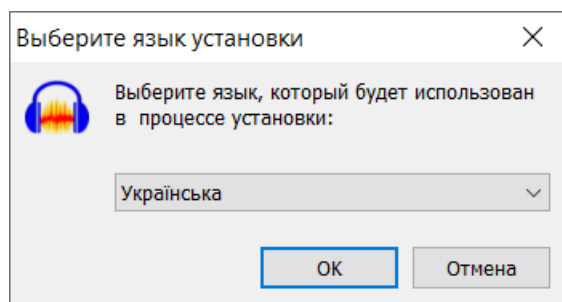


Рис. 3.3.4 Вибір мови.

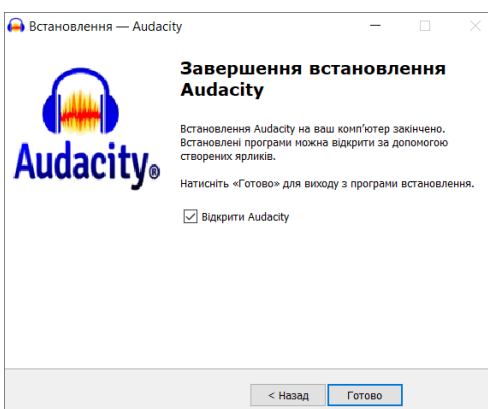
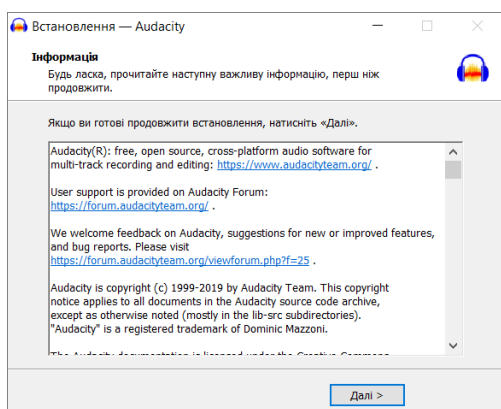
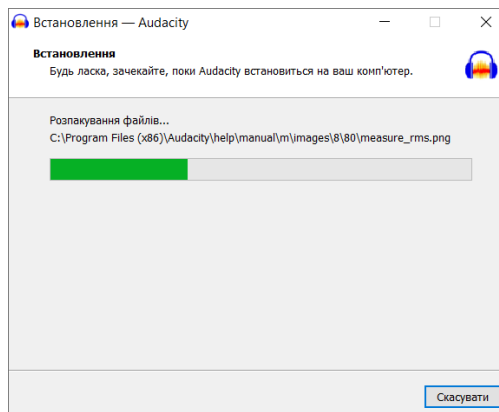
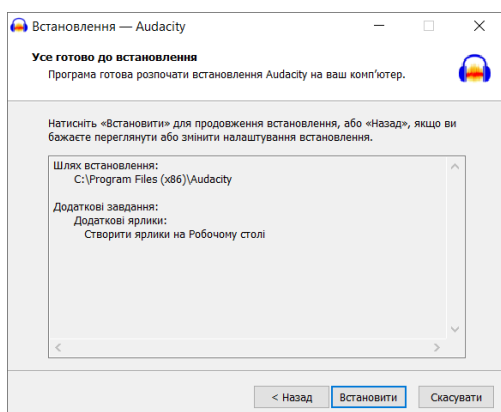
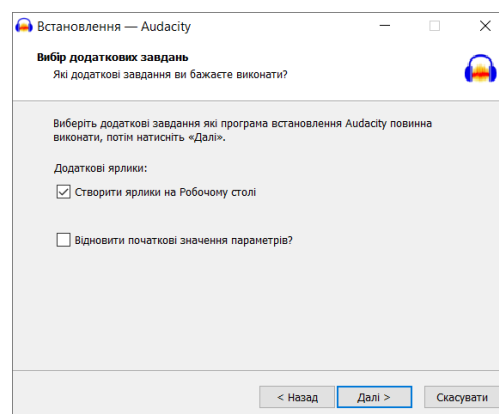
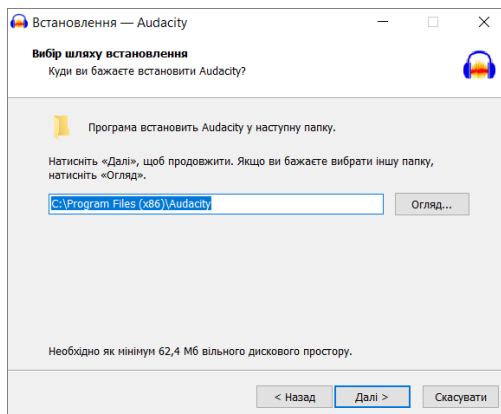
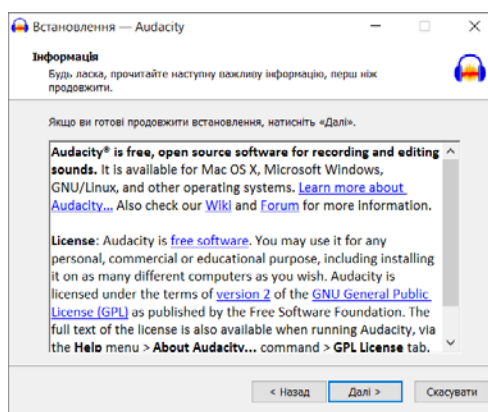
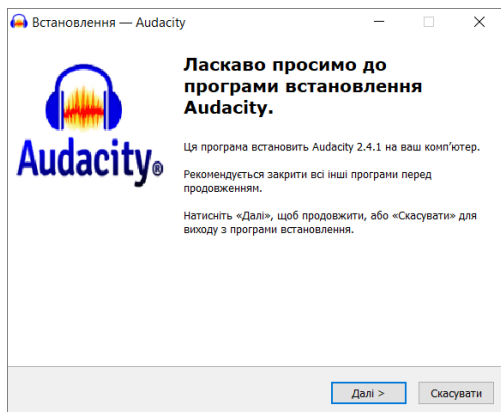


Рис. 3.3.5 - 3.3.12 – встановлення програми.

Програму встановлено, а отже можна перейти до аналізу аудіосигналів. Частина аудіо-сигналів було взято зі схожих попередніх досліджень. [6]

3.4. Аналіз аудіосигналів.

Виконується це наступним чином. Натискаємо на меню Файл – Відкрити, та обираємо потрібний аудіозапис. Це будет аудіозапис Bohren & Der Club of Gore - On Demon Wings.

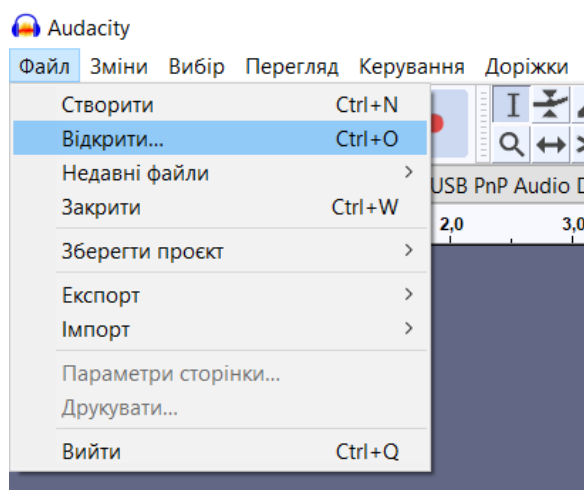


Рис. 3.4.1. Вибір файлу.

Коли файл завантажено, виділяємо необхідний нам уривок, переходимо у вкладку «Аналіз – Побудувати графік спектра»

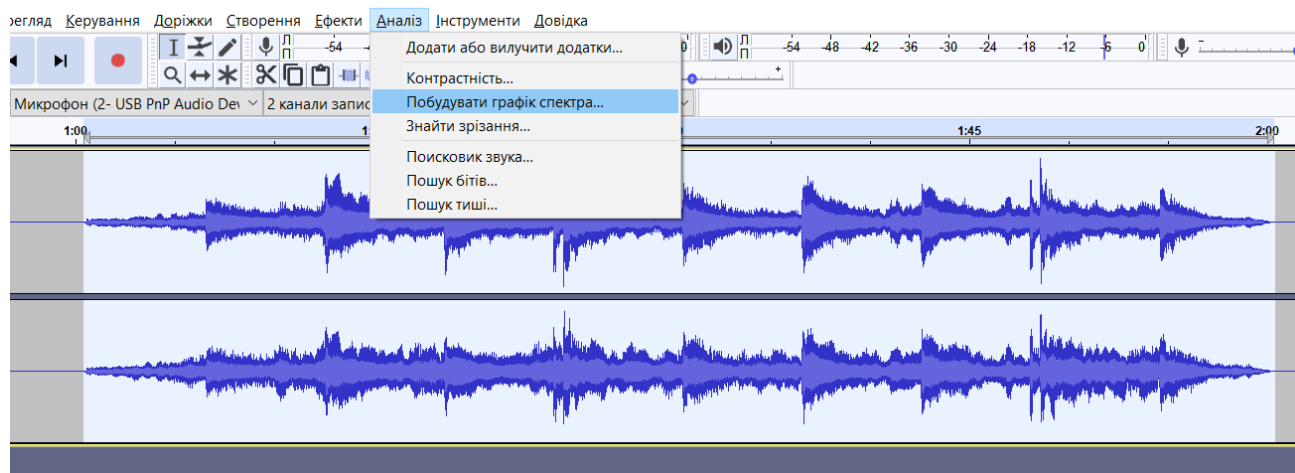


Рис. 3.4.2 – побудова графіку спектра.

Варто пам'ятати, що якщо вибрати занадто великий уривок, програма попередить про обмеження:

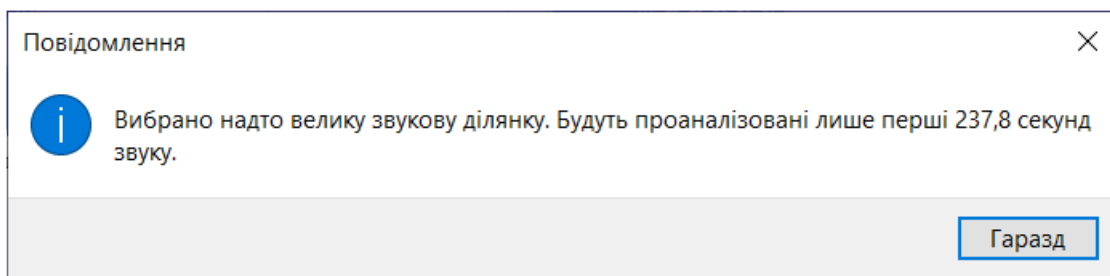


Рис. 3.4.3 – обмеження.

Отримуємо спектрограму. В налаштуваннях, що знаходяться під спектрограмою, вибираємо «Алгоритм - Спектр», «Функція – Вікно Блекмен», «Розмір - 2048», «Вісь – Частота запису журналу». Переклад програми має певні неточності. Під розміром мається на увазі частота дискретизації. Пункт «Частота запису журналу» означає логарифмічну шкалу частот.

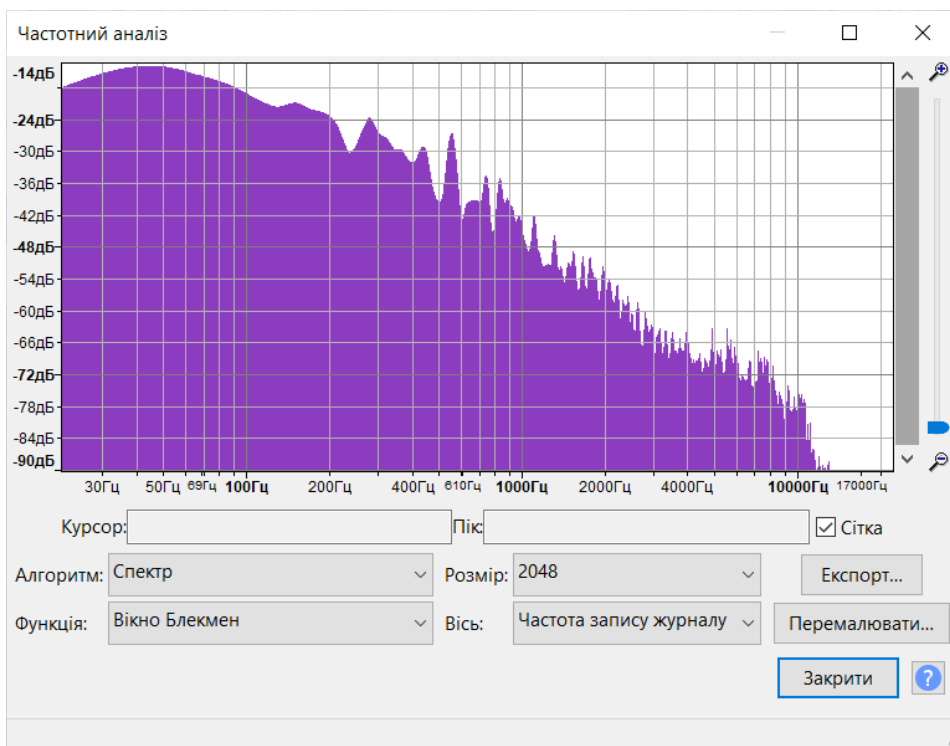


Рис. 3.4.4. Спектрограма композиції Bohren & Der Club of Gore - On Demon Wings.

За отриманими спектрограмами аудіо-сигнали будемо поділяти три частотні групи: низькочастотні (НЧ) в діапазоні від 20 Гц до 300 Гц, середньочастотні (СЧ) – від 300 Гц до 2.5 кГц і високочастотні (ВЧ) – від 2.5 кГц до 20 кГц.

У більшості музики для прослуховування зазвичай переважають низькі та середні частоти, оскільки там знаходиться як вокал, так і акомпанемент, що містить різні музичні інструменти. На високих частотах зазвичай знаходиться мало нот, але там є обертони та гармоніки, що надають композиції яскраве звучання. Звісно, якщо енергія цієї смуги буде занадто великою, композиція буде «різати слух», тобто викликати неприємні відчуття під час прослуховування. Тому вона, як і інші смуги частот, повинна бути збалансованою.

Розглянемо вищенаведену спектрограму композиції Bohren & Der Club of Gore - On Demon Wings. Тут можемо побачити, що у аудіо-сигналі переважають низькі частоти. Це пов'язано з партією на задньому фоні, що виконується на нижніх октавах. Основна партія тут відсутня, тому на середніх і високих частотах можна спостерігати не такий сильний сигнал.

Візьмемо інший аудіозапис: Parovoz – Catgroove.

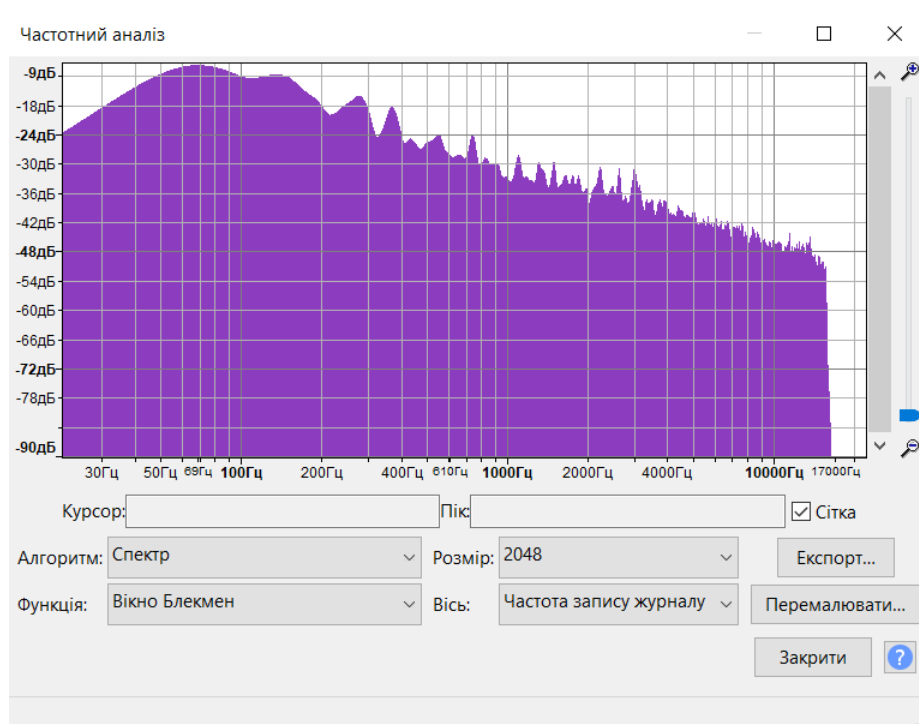


Рис. 3.4.5. Спектрограма композиції «Parov Stellar – Catgroove».

У порівнянні зі спектрограмою тут можна побачити, що середніх і високих частот стало більше, оскільки з'явилася вже основна мелодія.

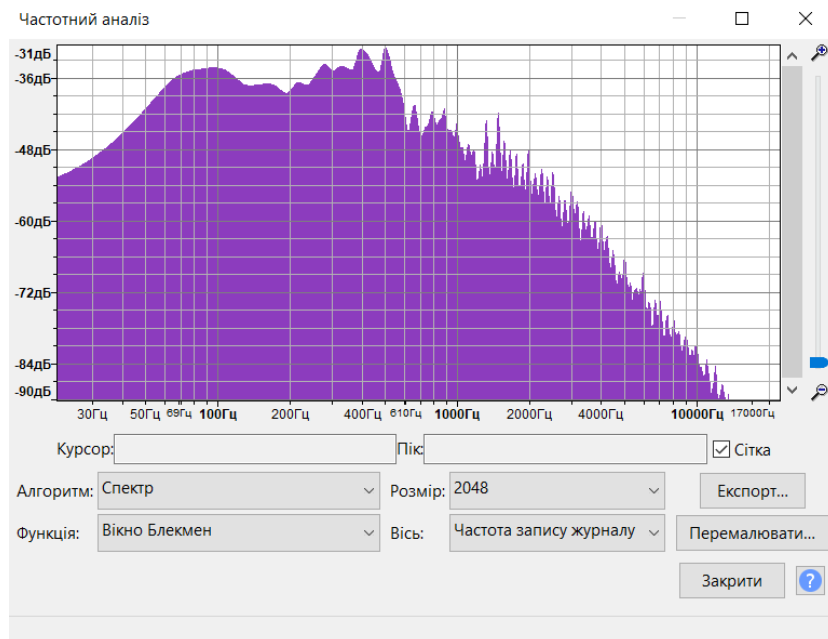


Рис. 3.4.6. Спектрограма композиції Ріхарда Вагнера – «Увертюра до опери «Тристан та Ізольда»»

В у вибраному уривку композиції звучать скрипки на низьких октавах, тому на спектрограмі можна спостерігати піки на середніх частотах. На високих сигнал вже не такий потужний.

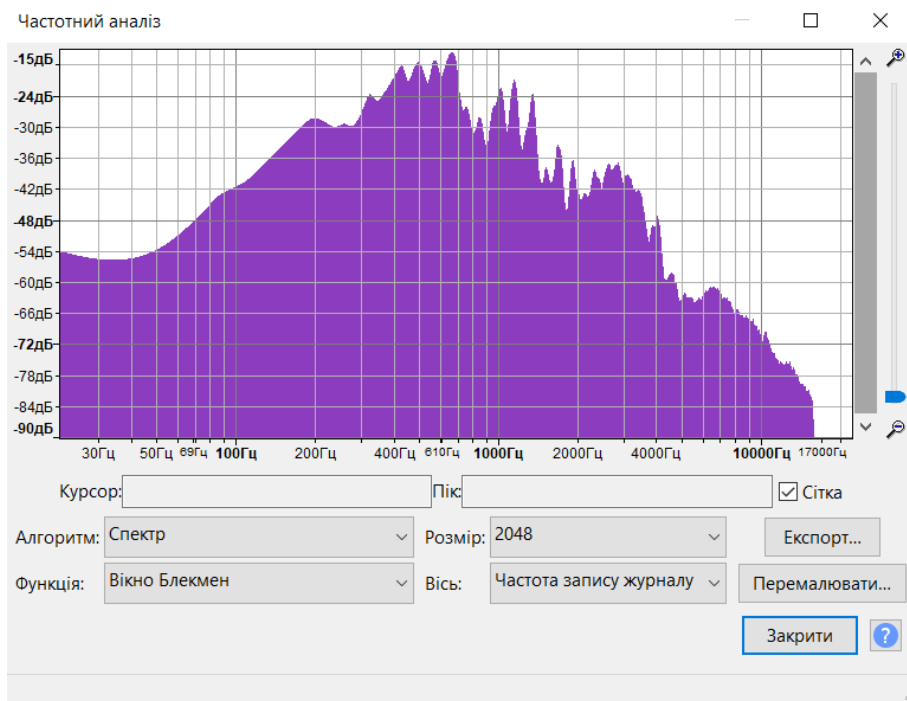


Рис. 3.4.7. Спектрограма композиції «Микола Лисенко - Молитва за Україну»

Цей уривок виконує хор, тому можна спостерігати сильний сигнал на середніх частотах, і слабкий сигнал у НЧ та ВЧ діапазоні.

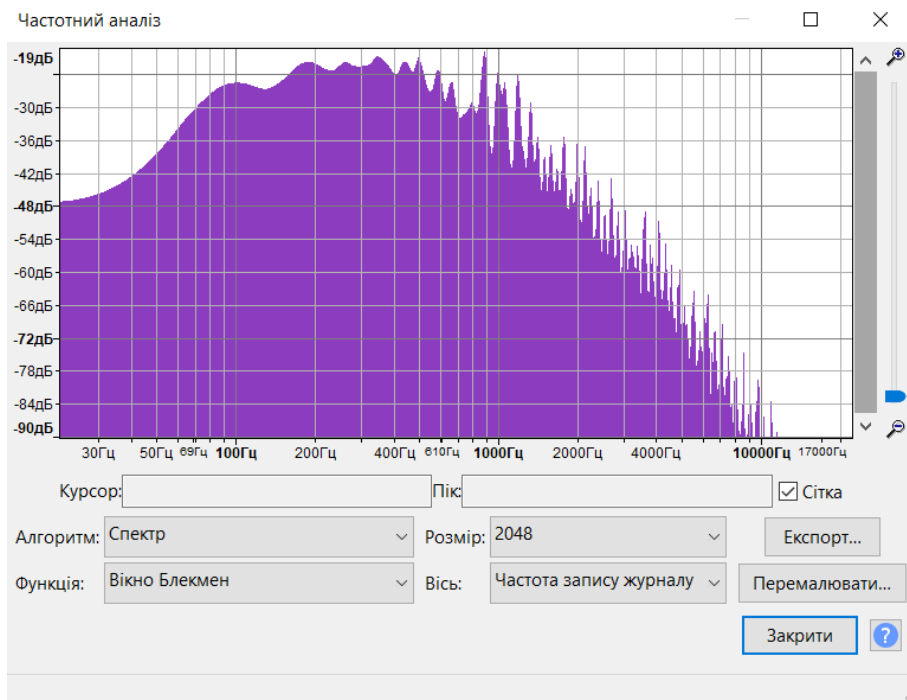


Рис. 3.4.8. Спектрограма композиції «Миростав Скорик – Мелодія» (виконується на фортепіано).

Тут видно, що переважають більше середні частоти, що, власне, і характерно для фортепіанних композицій.

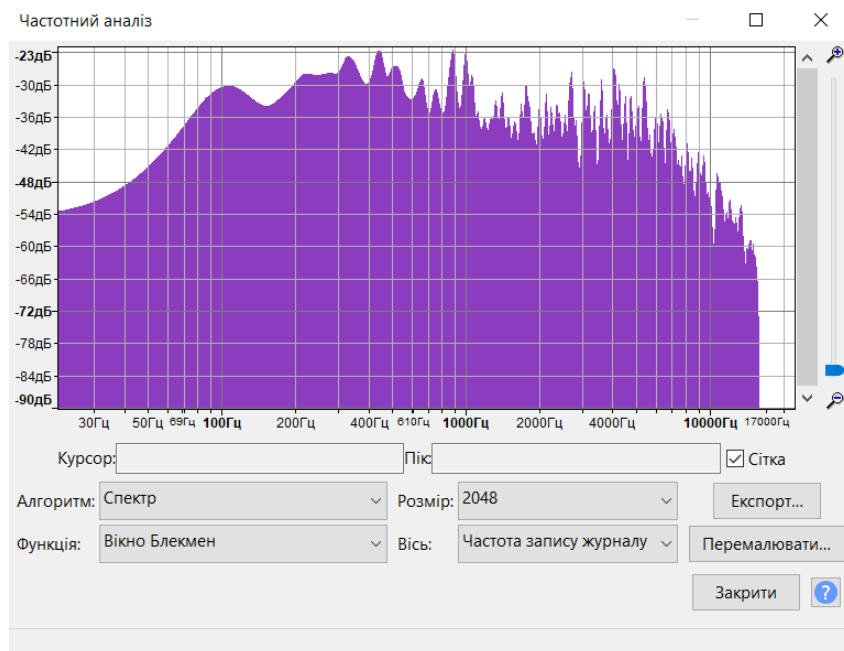


Рис. 3.4.9. Спектрограма композиції «Миростав Скорик – Мелодія» (виконується на скрипці).

Композиції, де будуть переважати тільки високі частоти, підібрати складно з ряду причин, про які вказувалося раніше. Хоч на спектрограмі вище видно піки на середніх частотах, на високих також я піки, причому з сильною амплітудою. Тому цей аудіозапис можна віднести до високочастотної групи.

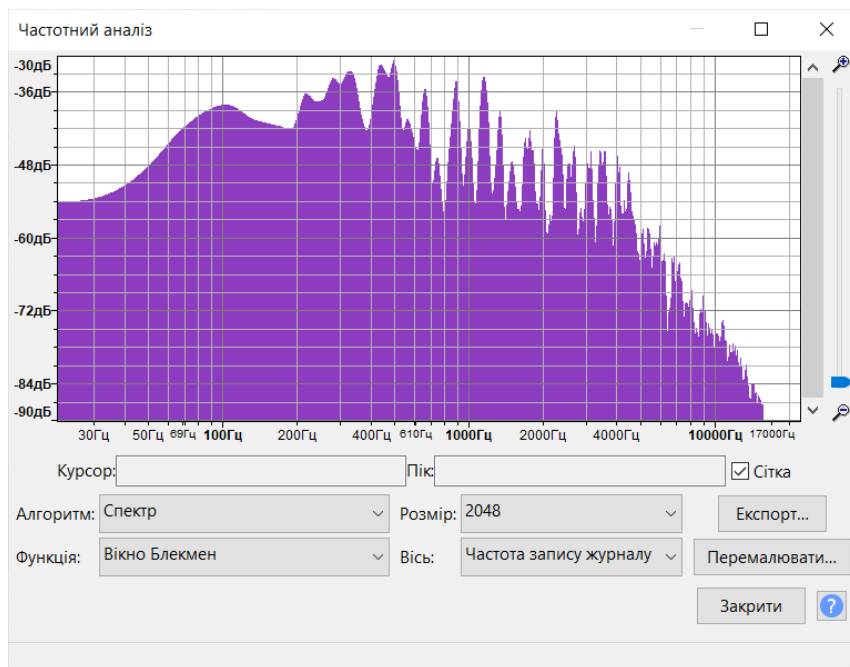


Рис. 3.4.10. Спектрограма композиції «Моцарт – уривок з концерту №5 для скрипки»

Аналогічно з попередньою композицією, бачимо високі амплітуди на високих частотах, оскільки грають скрипки на високих октавах.

Інші композиції розподілялися на частотні групи схожим чином.

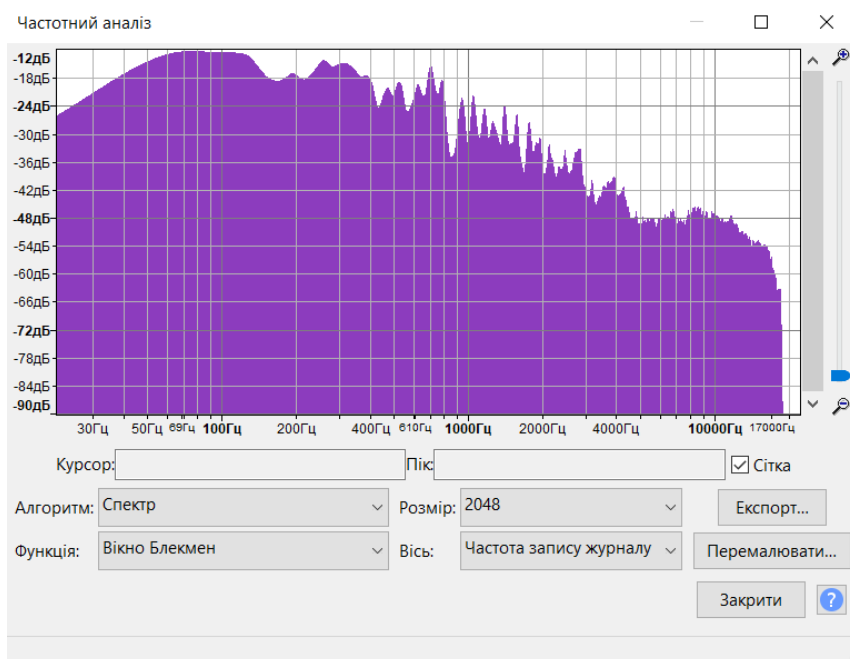


Рис. 3.4.11. Спектрограма композиції «Океан Ельзи – На небі» – СЧ група.

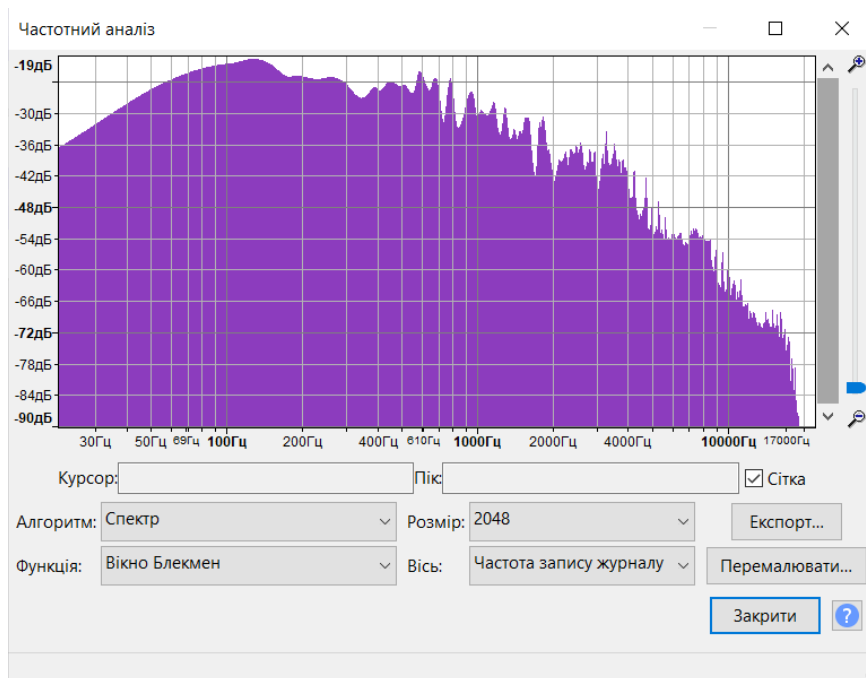


Рис. 3.4.12. Спектрограма композиції «Little Walter - Key To The Highway» – НЧ група.

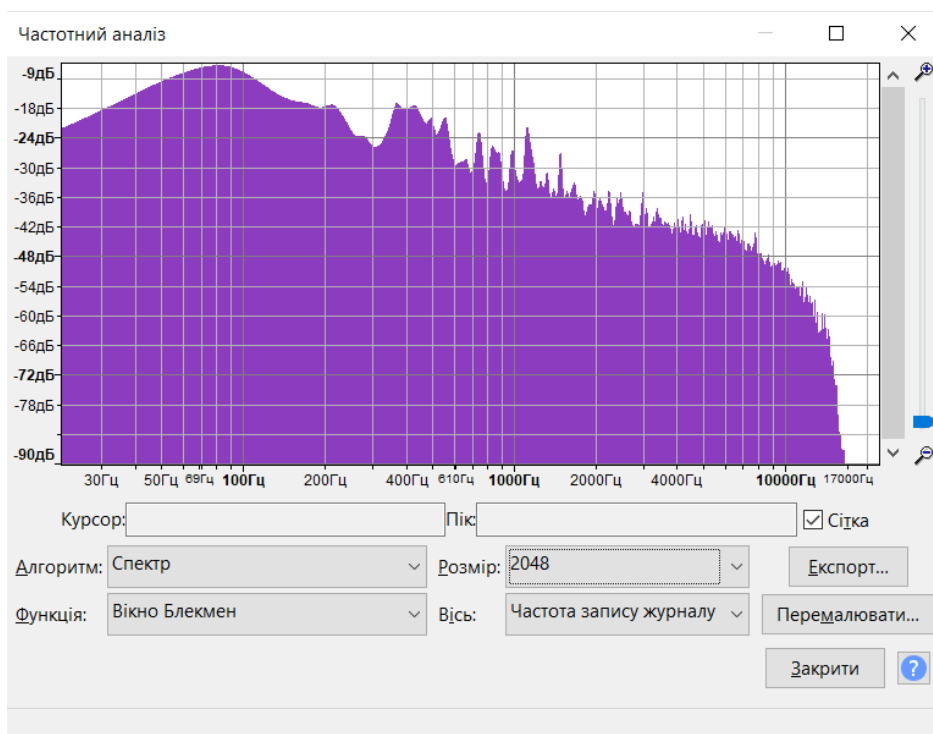


Рис. 3.4.13. Спектрограма композиції «Bonobo – Kong» – НЧ група.

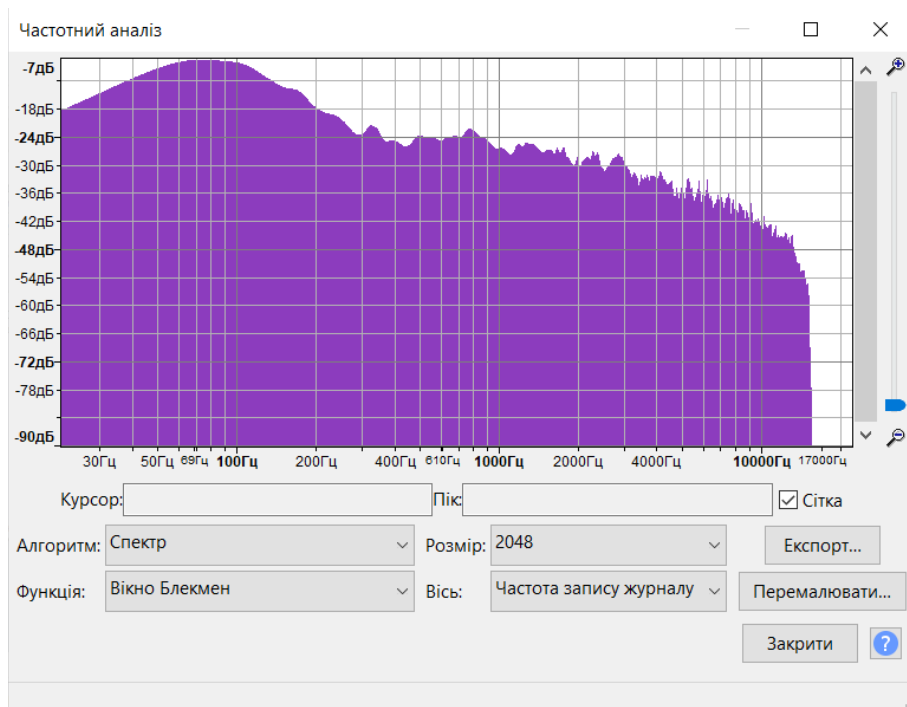


Рис. 3.4.14. Спектрограма композиції «Gag – Chimaira» - НЧ група.

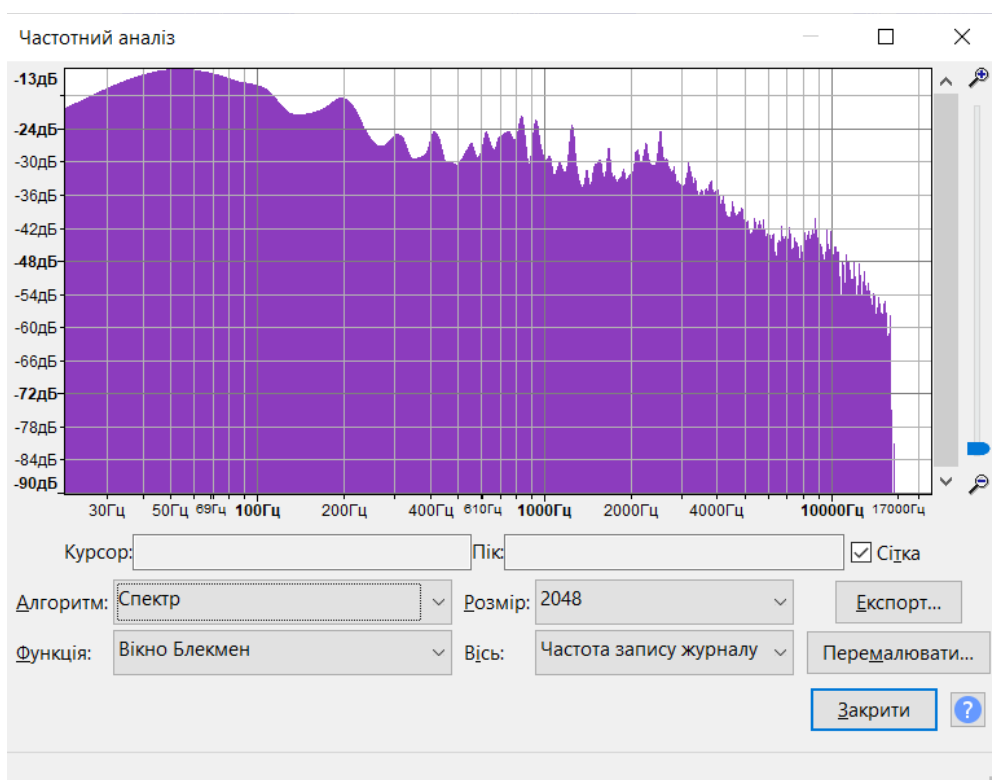


Рис. 3.4.15. Спектрограма композиції «AC/DC - Highway to Hell» - НЧ група.

Загалом список проаналізованих композицій виглядає наступним чином:

Таблиця 3.1. Список композицій

№	Назва композиції	Частотна група
1	Bohren & Der Club of Gore - On Demon Wings	НЧ
2	Parov Stelar – Catgroove	НЧ
3	AC/DC - Highway to Hell	НЧ
4	Little Walter - Key To The Highway	НЧ
5	Gag – Chimaira	НЧ
6	Bonobo – Kong	НЧ
7	Океан Ельзи – На небі	СЧ
8	Ріхард Вагнер - Увертюра до опери «Тристан та Ізольда»	СЧ
9	«Миростав Скорик – Мелодія» (фортепіано)	СЧ
10	Миростав Скорик – Мелодія» (скрипка)	ВЧ
11	В.А.Моцарт – уривок з концерту №5 для скрипки	ВЧ

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДНИХ АУДІО-СИГНАЛІВ НА РИТМИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ

Оцінка електроенцефалограми лише у часовій області і у випадку припущення про ефективне подавлення артефактів різного походження і достатньої динаміки досліджуваного сигналу є дуже складною проблемою. Причина – як в кількості каналів, тривалості реєстрованих повідомлень, так і в шерезі суб'єктивних впливів. Досі неясне діагностичне значення усіх графоелементів ЕЕГ, що посилюється (на відміну від ЕКГ) їх великою морфологічною різноманітністю. Для збільшення ефективності ЕЕГ у практиці зазвичай намагаються використовувати комбінації різних методів (включаючи і частотний аналіз) [13].

Для отримання електроенцефалограми будемо використовувати комплекс електроенцефалографічний комп'ютерний «BRAINTTEST» та невід'ємне програмне забезпечення «Braintest», що призначене для для обробки, зберігання, аналізу і друку біоелектричних потенціалів головного мозку, переданих у цифровому вигляді підсилювачем на комп'ютер. Ця система дозволяє вести структуровану базу даних пацієнтів, яка містить картки пацієнтів, записи сигналів, що реєструються, а також розрахунки їх параметрів і текстові висновки.

Підключення електродів до людини наведено в розділі 2. Після правильного підключення необхідно ретельно перевірити надійність підключення, оскільки це може дуже сильно вплинути на якість вимірювання. Потім треба обережно, щоб не порушити підключення, одягнути на людину якісні навушники, через які будуть відтворюватися складні аудіосигнали з будь-якого програвача (мобільний телефон, наприклад). Композиції, які було обраоно для прослуховування. НЧ-діапазон: «Bohren & Der Club of Gore - On Demon Wings», «Little Walter - Key To The Highway». СЧ-діапазон: ««Миростав Скорик – Мелодія» (виконується на фортепіано)», «Микола Лисенко - Молитва за Україну».

Після того, як все підключено та готово до вимірювань, необхідно включити на програвачі сигнал, і разом з цим натиснути відповідну кнопку в програмі Braintest, щоб почати вимірювання. Під час запису даних в кімнаті повинна бути тиша, що людина не відволікалася на щось інше, окрім музики. Коли музичний уривок завершився, необхідно в програмі натиснути кнопку «Стоп» (або «Пауза», якщо вимірювання ще не завершилися). Далі необхідно видалити всі так звані «артефакти», про які повідомлялося в розділі 2. Коли електроенцефалограма оброблена, можна приступати до її аналізу.

Оскільки працювати з електроенцефалограмою в програмі Braintest можна тільки з підключеним до ком'ютера електроенцефалографом, отримані результати було експортовано до звичайної таблиці Excel у вигляді чисел, а вже за ними було побудовано графіки у пакеті MATLAB.

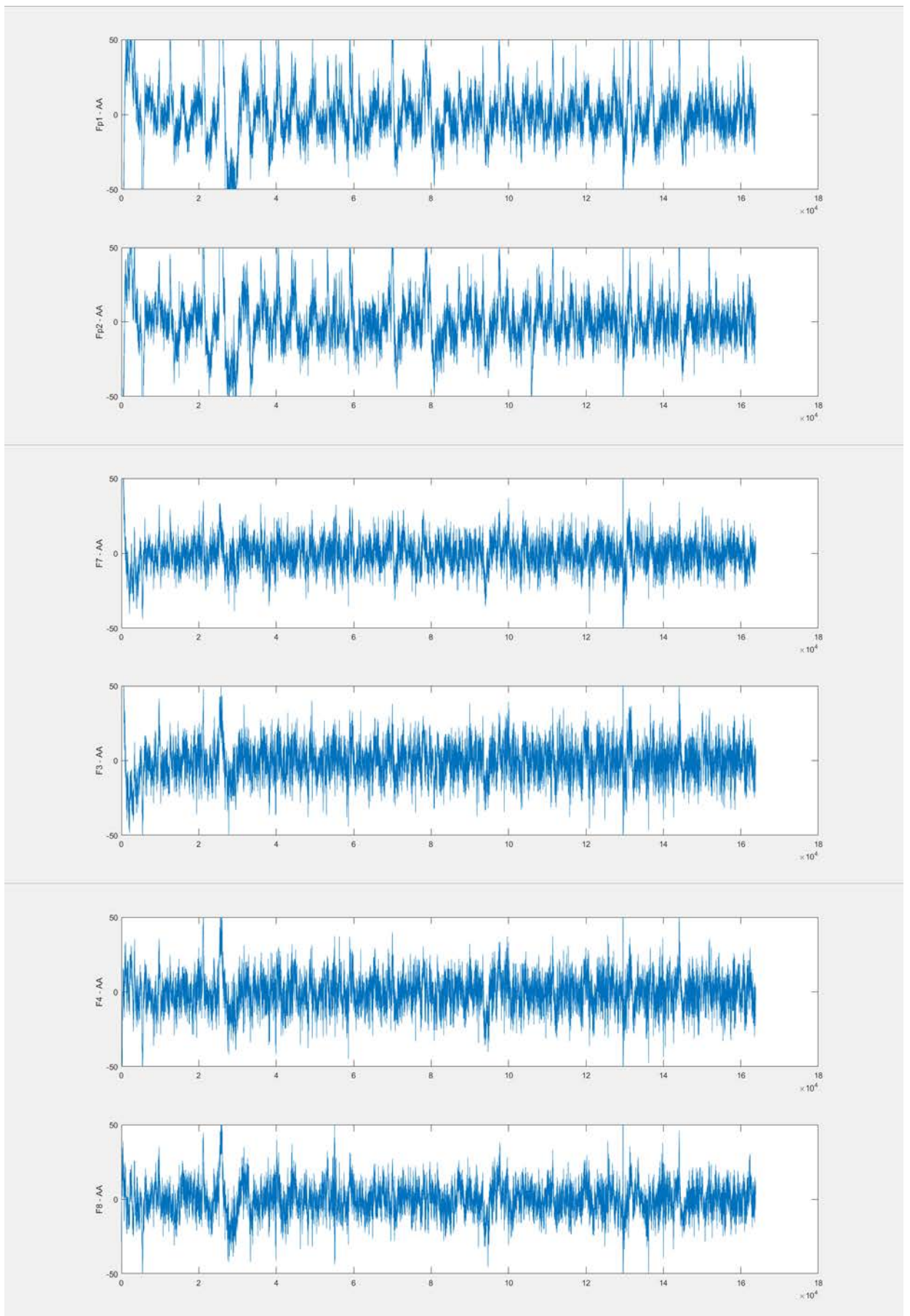


Рис. 4.1 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні НЧ сигналу.

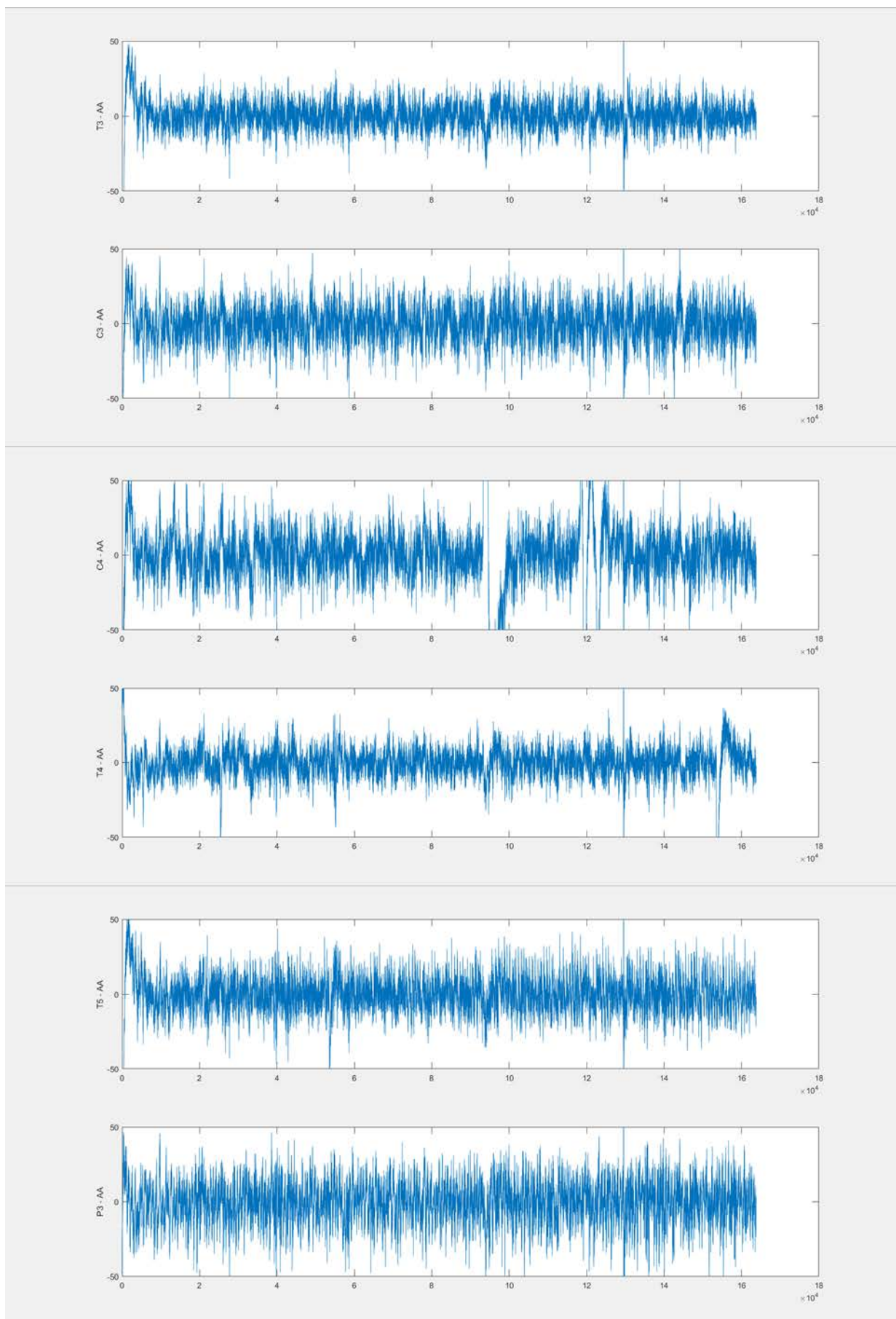


Рис. 4.2 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні НЧ сигналу.

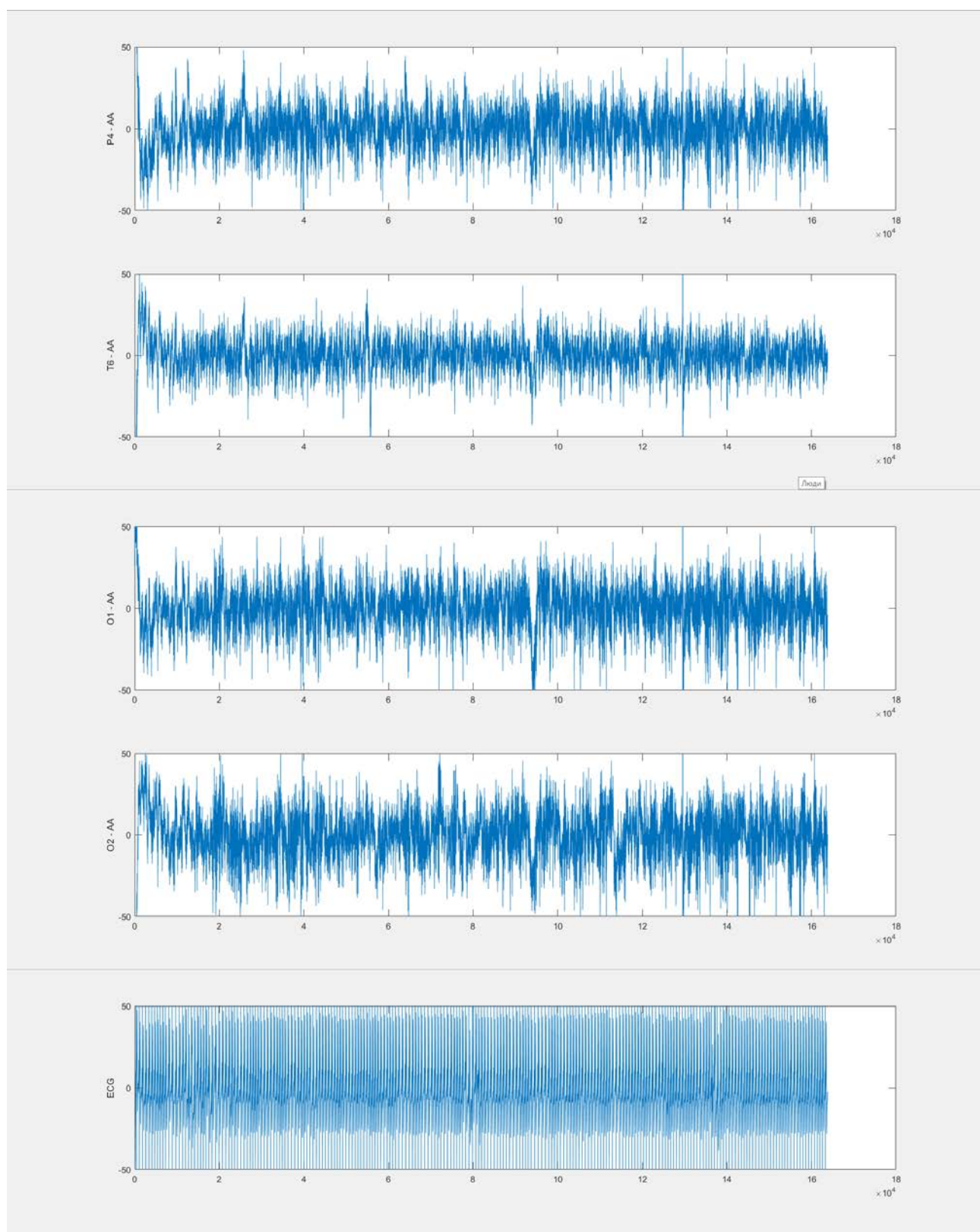


Рис. 4.3 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні НЧ сигналу.

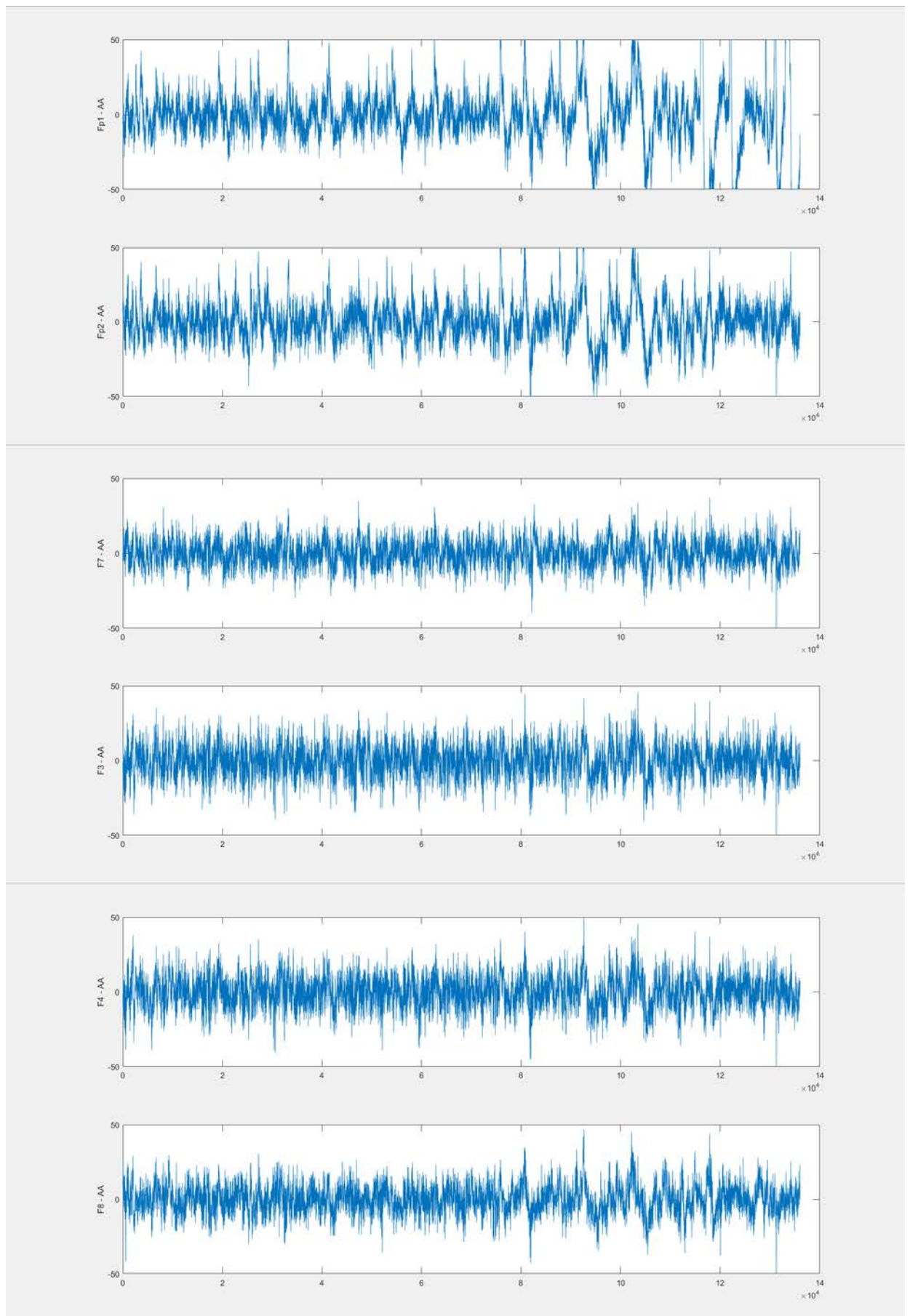


Рис. 4.4 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні СЧ сигналу.

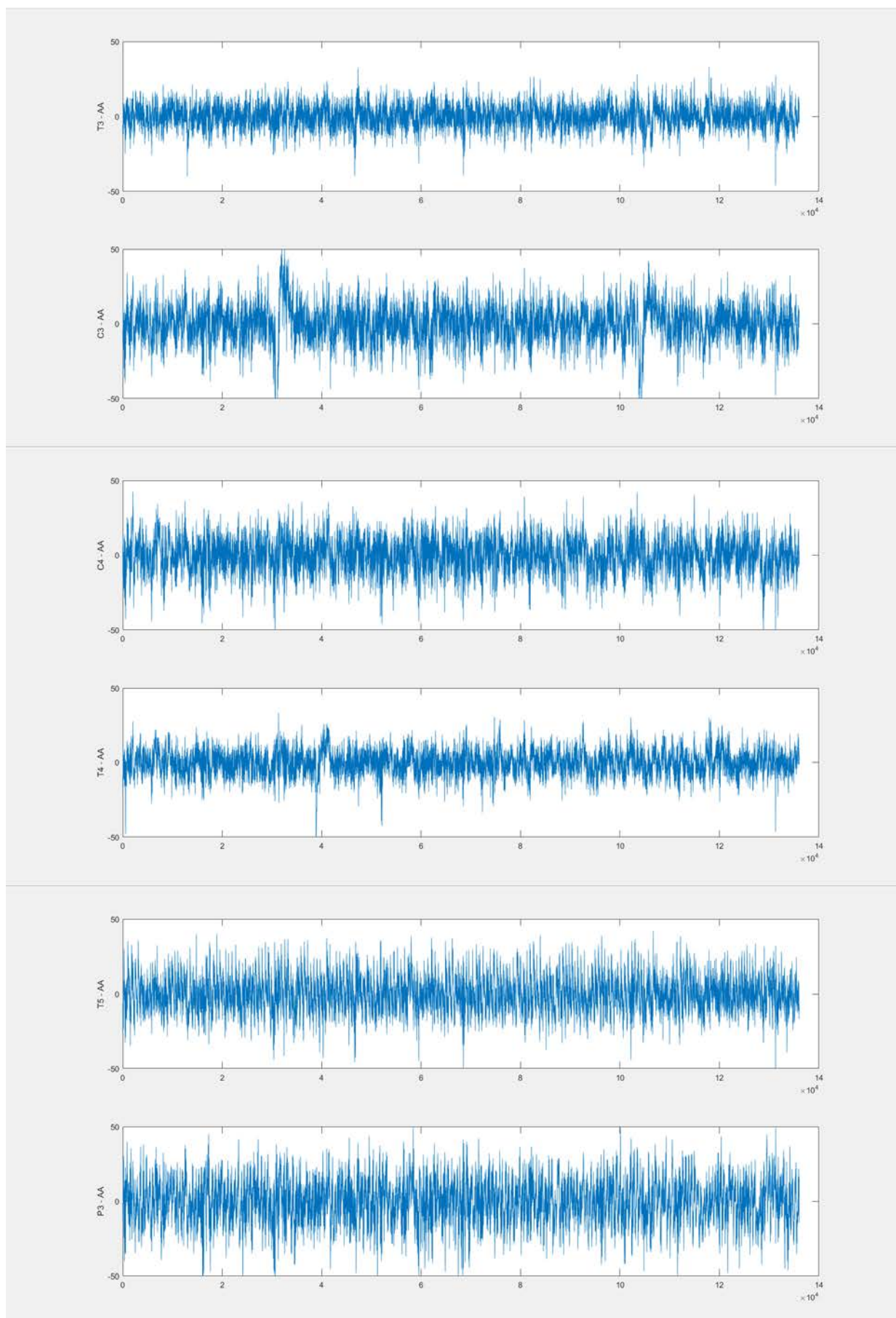


Рис. 4.5 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні СЧ сигналу.

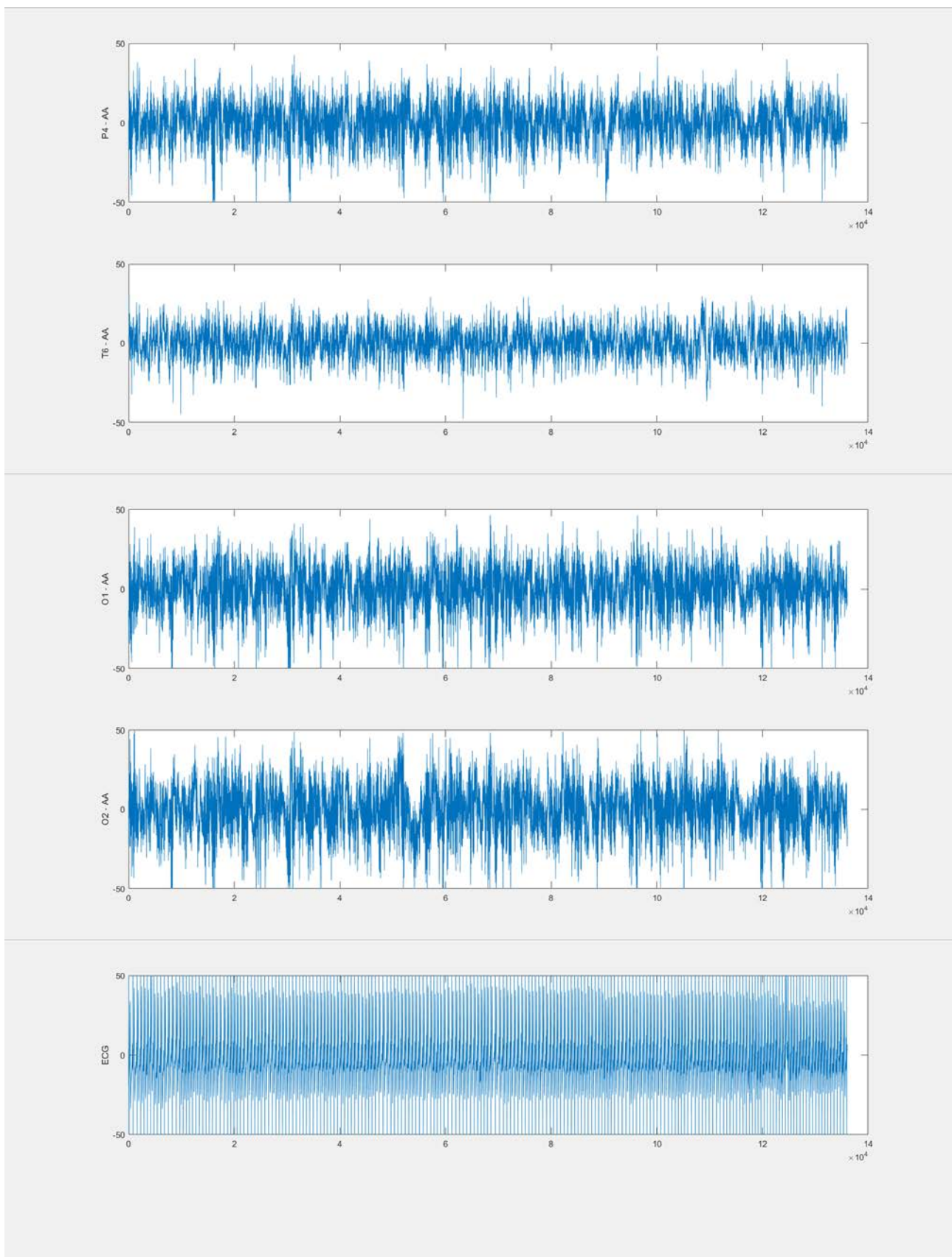


Рис. 4.6 - Частина електроенцефалограми при прослуховуванні СЧ сигналу.

Побудуємо спектри кожного з відведень:

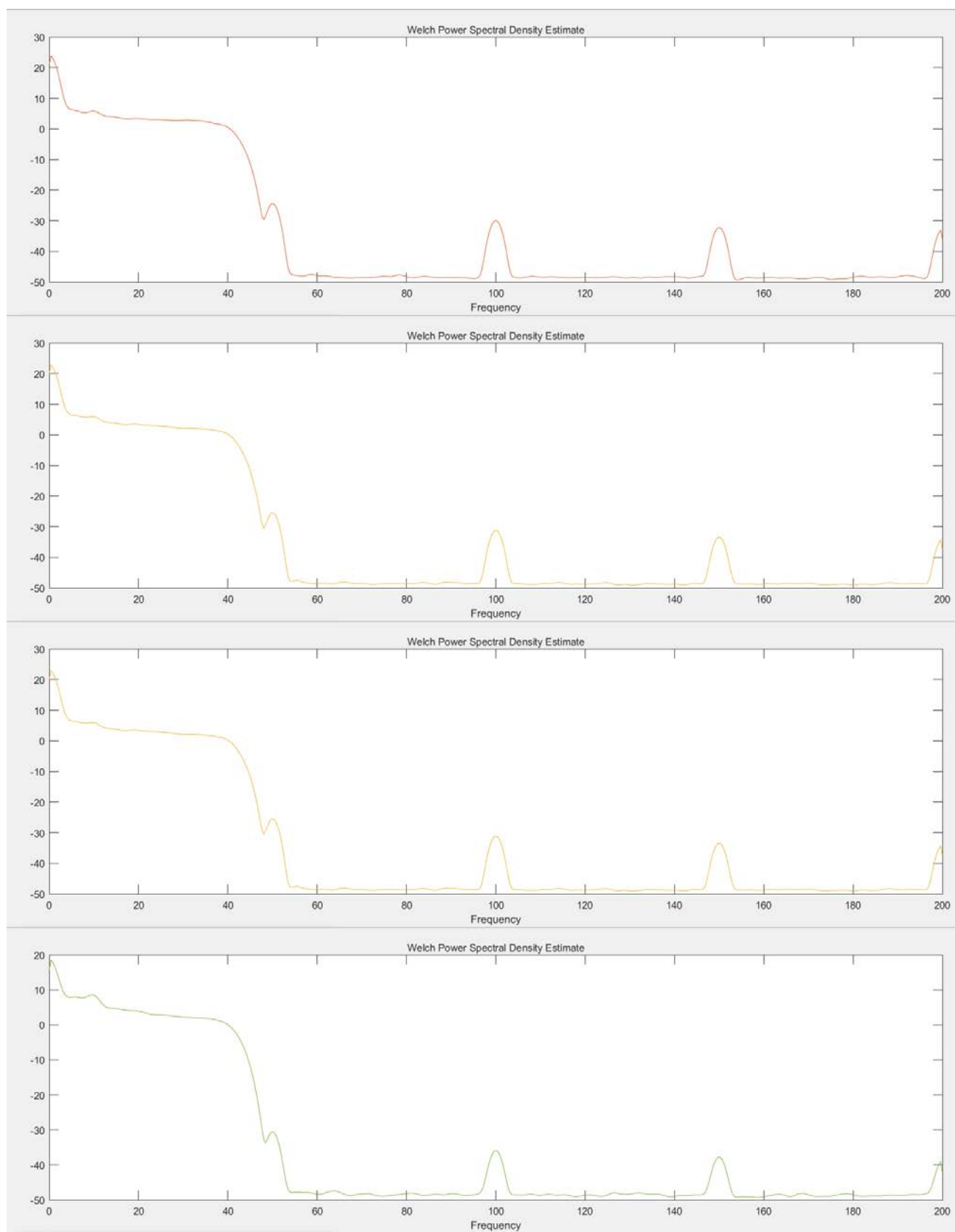


Рис. 4.7. Спектри відведень 1 – 4 (НЧ).

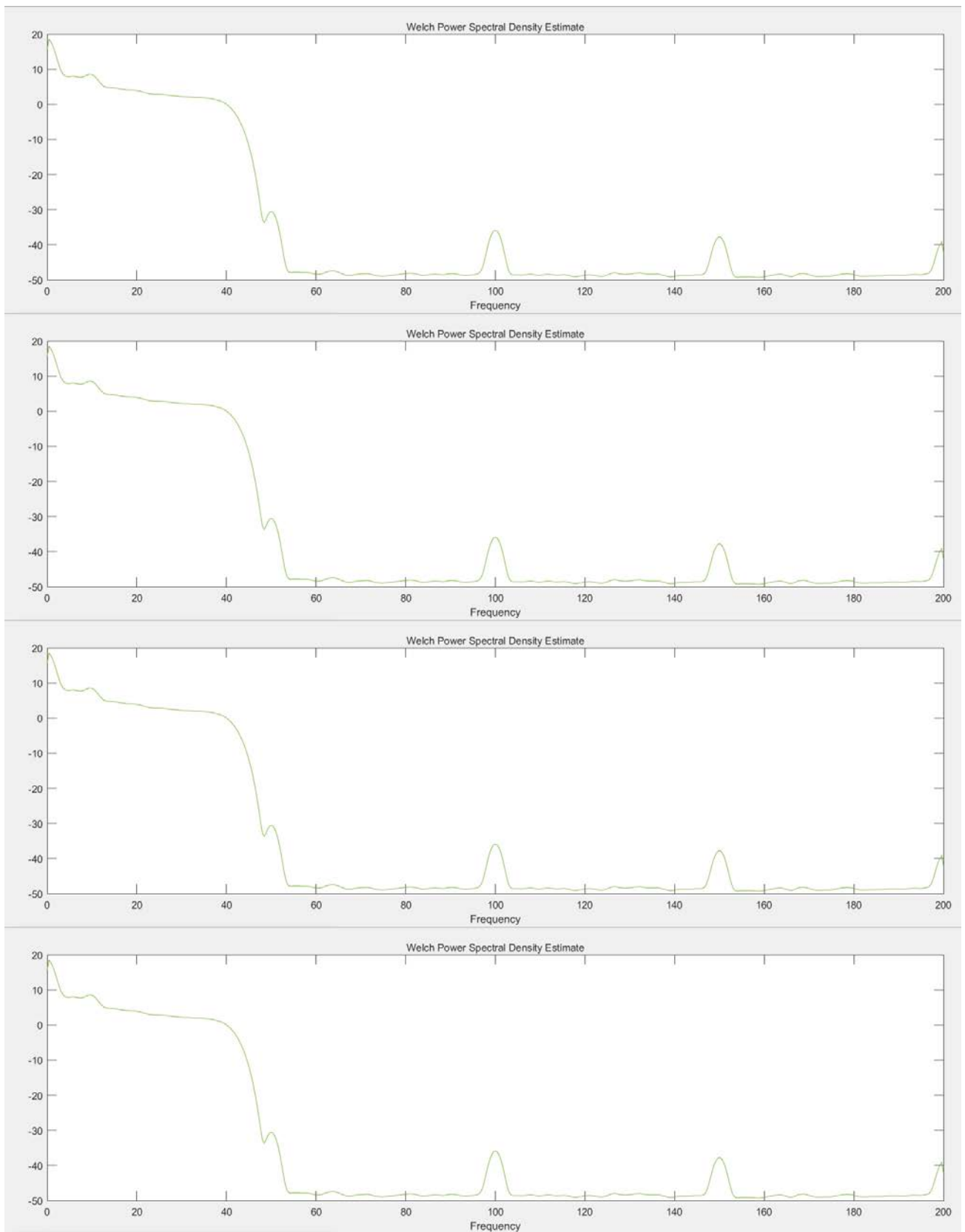


Рис. 4.8. Спектри відведень 5 – 8 (НЧ).

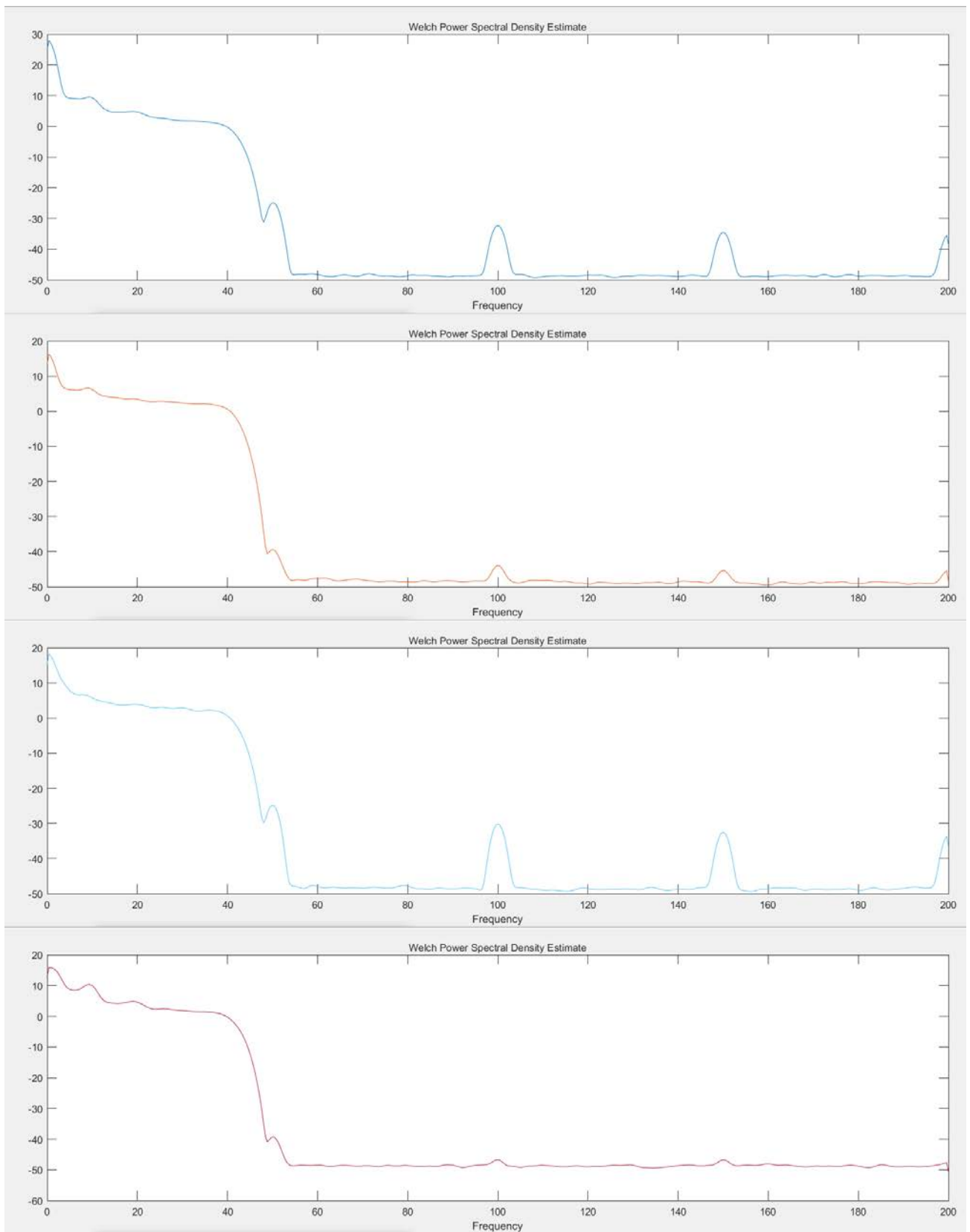


Рис. 4.9. Спектри відведень 9 – 12 (НЧ).

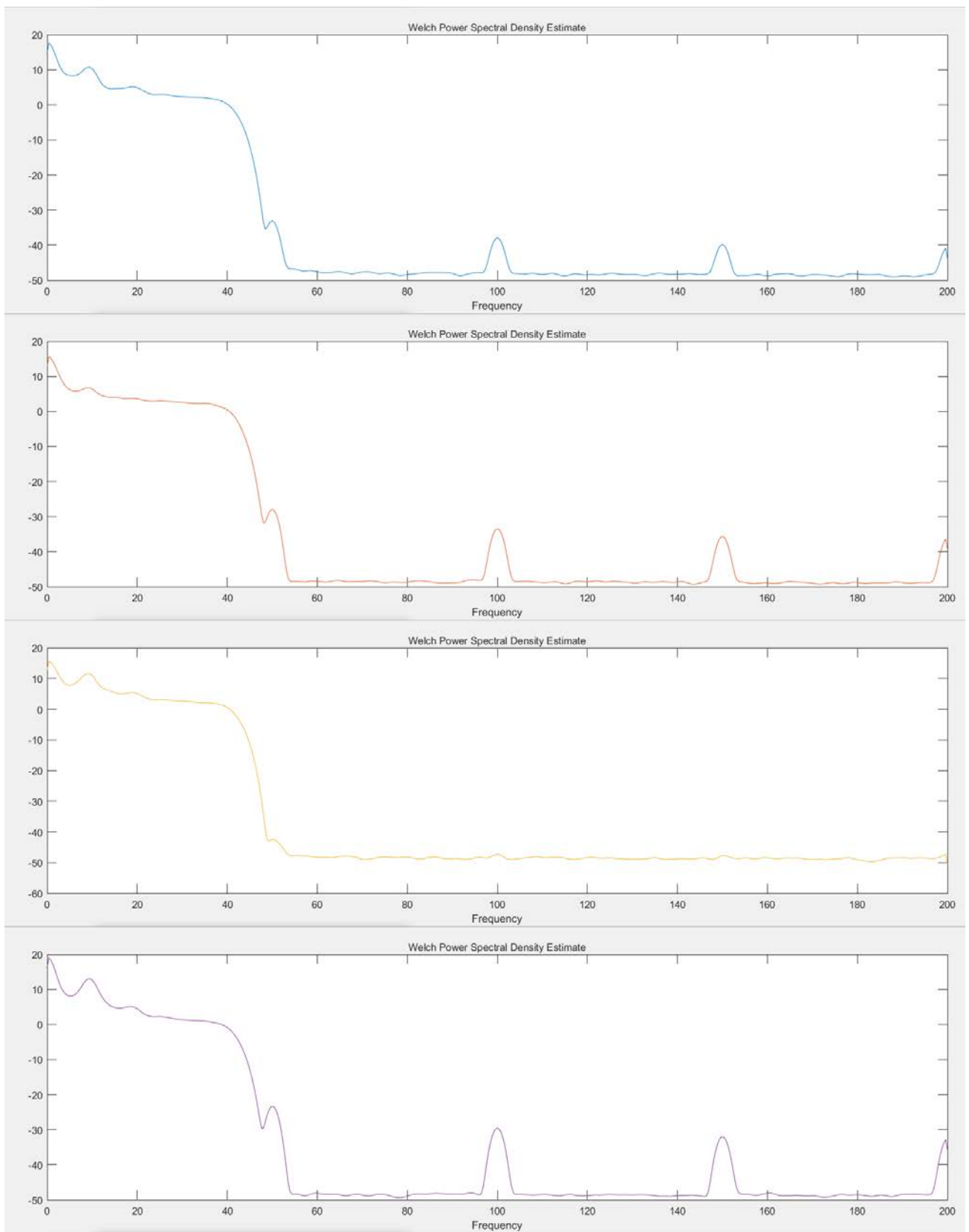


Рис. 4.10. Спектри відведень 13 – 16 (НЧ).

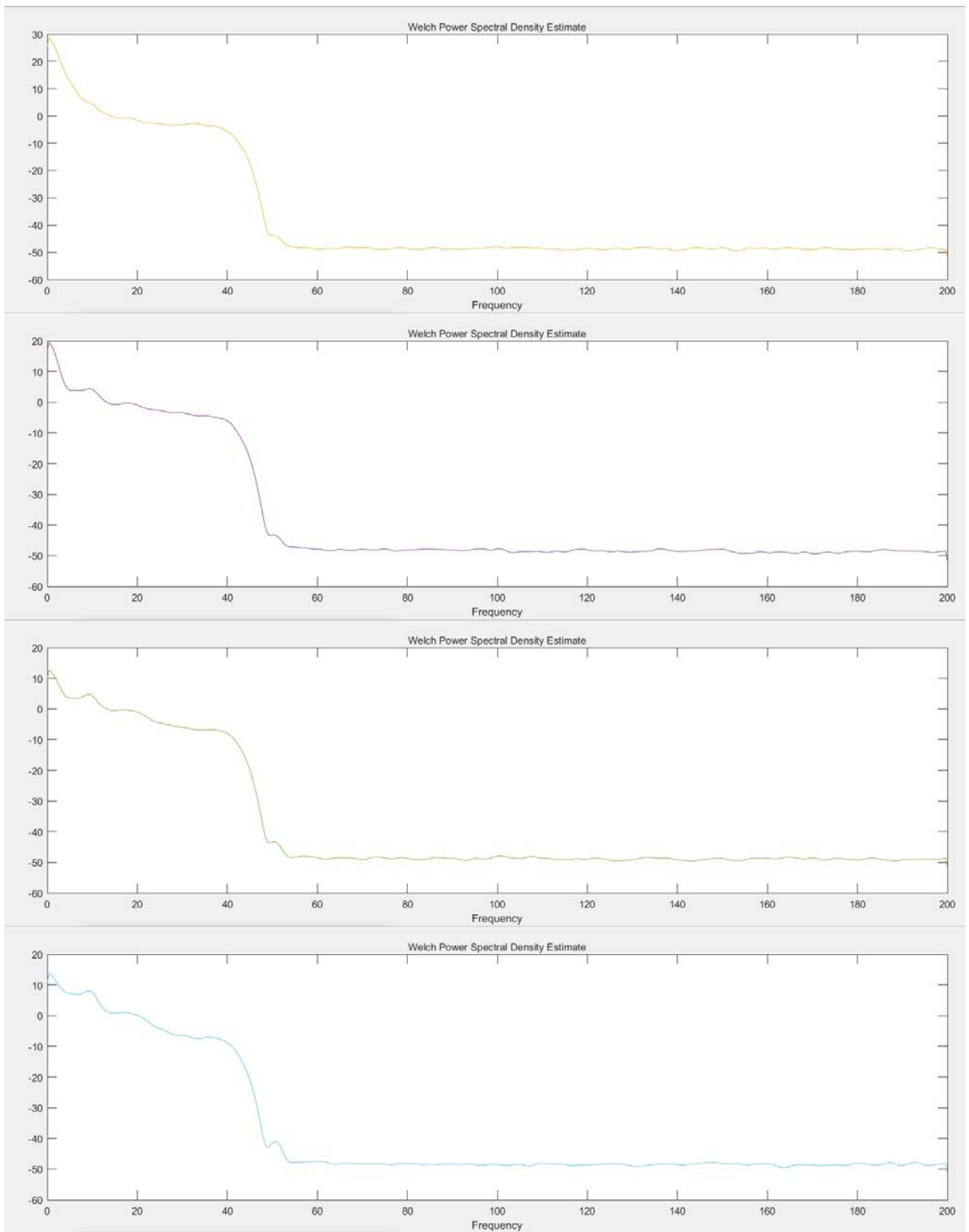


Рис. 4.11. Спектри відведень 1 – 4 (СЧ).

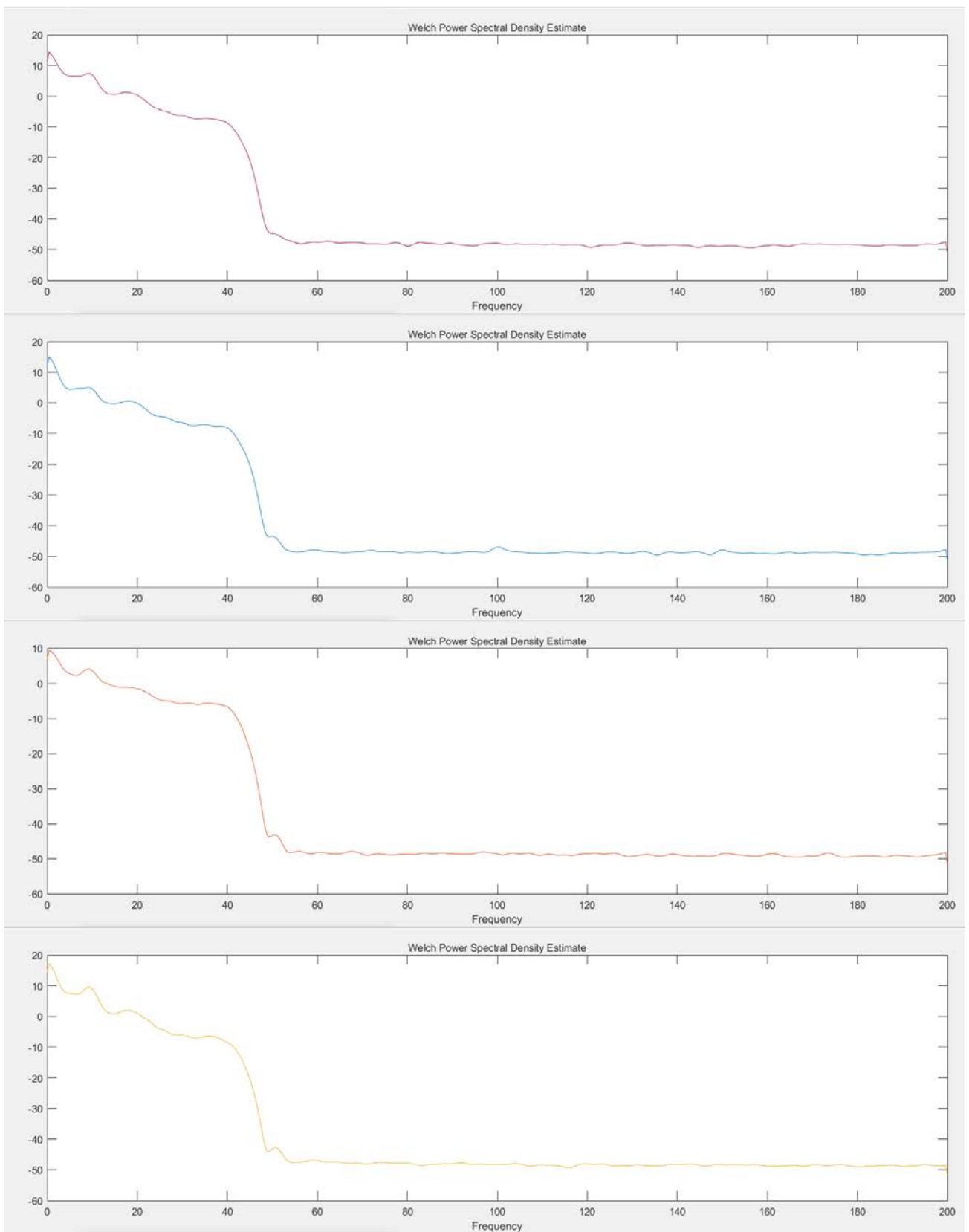


Рис. 4.12. Спектри відведень 5 – 8 (СЧ).

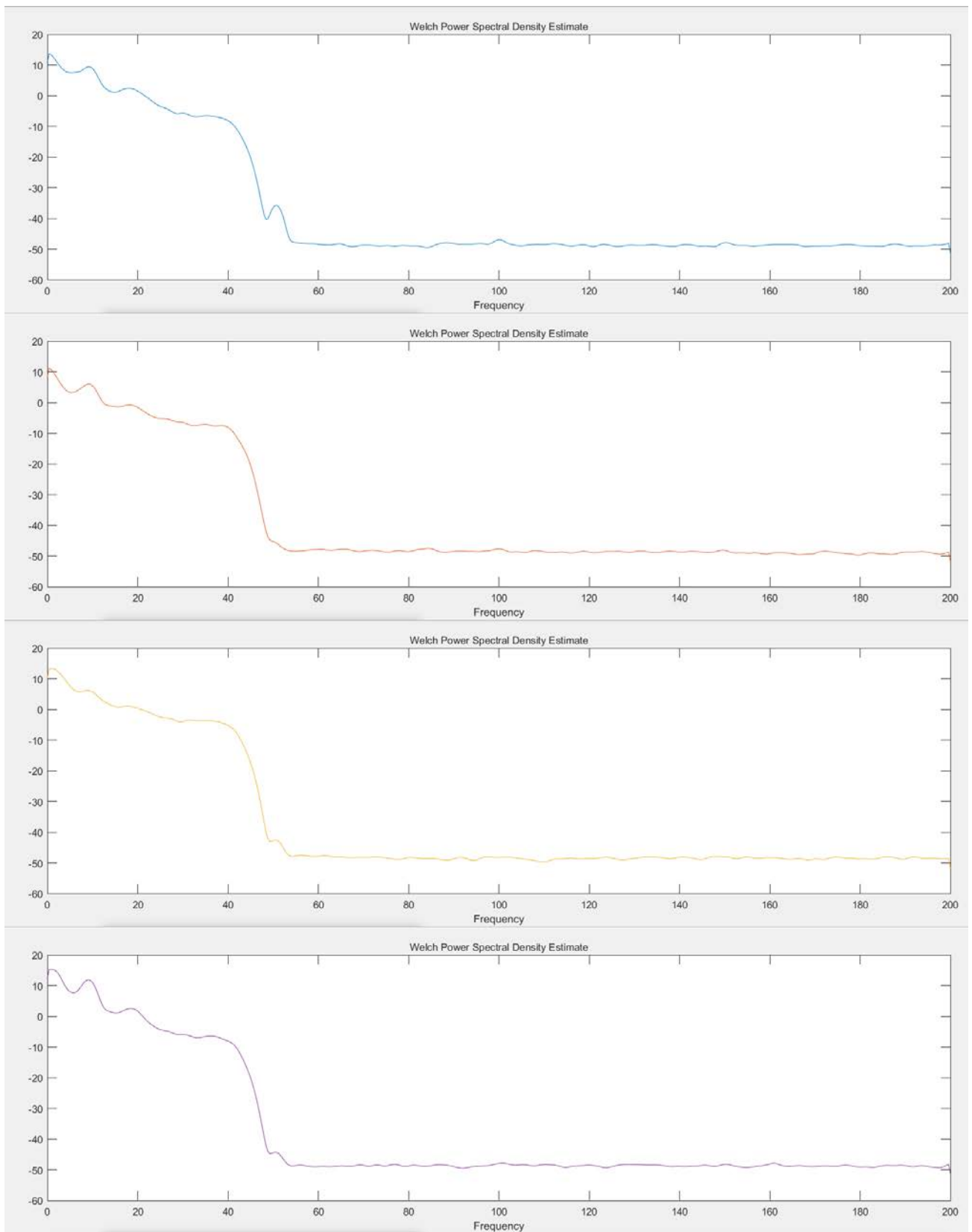


Рис. 4.13. Спектри відведень 9 – 12 (СЧ).

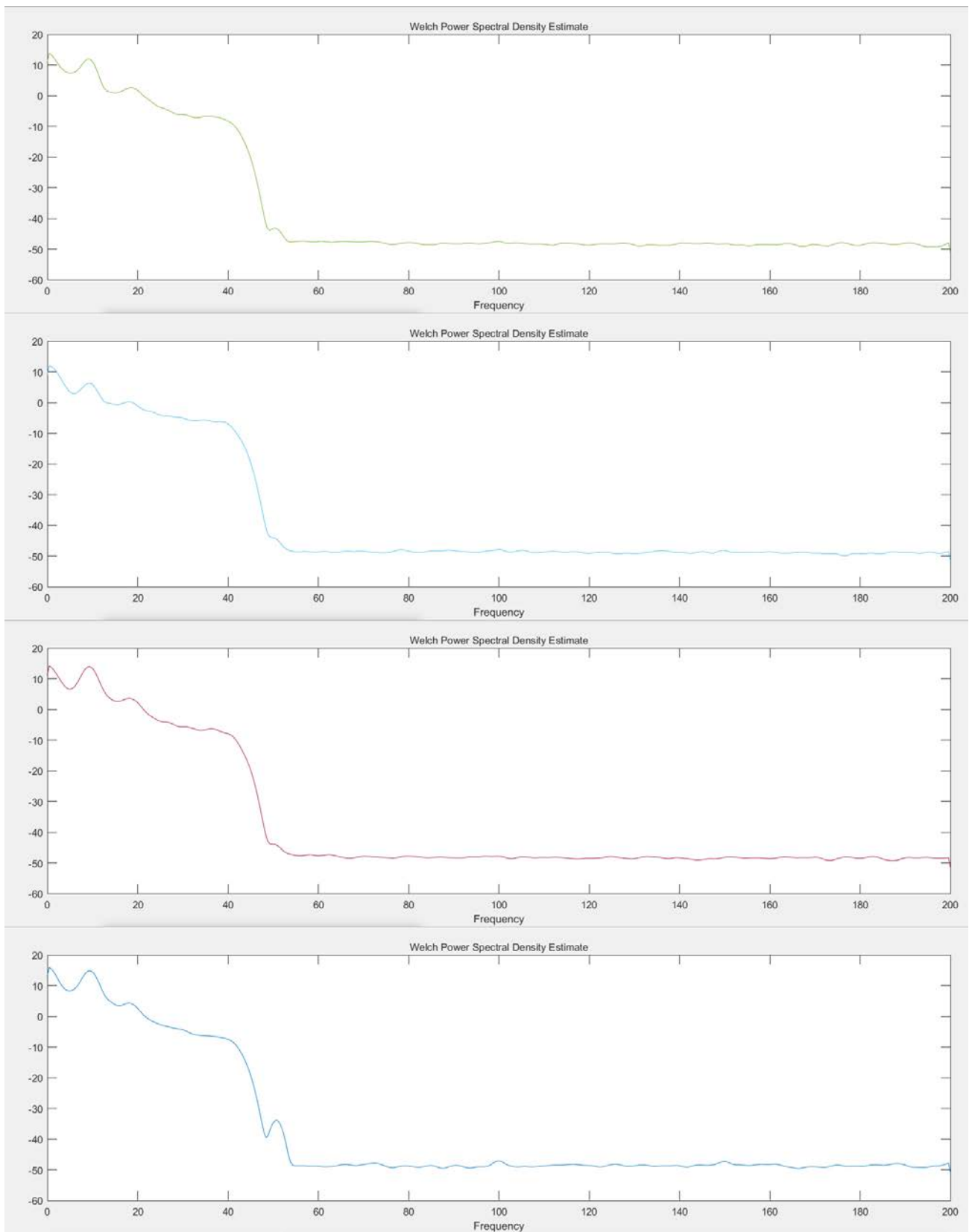


Рис. 4.14. Спектри відведень 13 – 16 (СЧ).

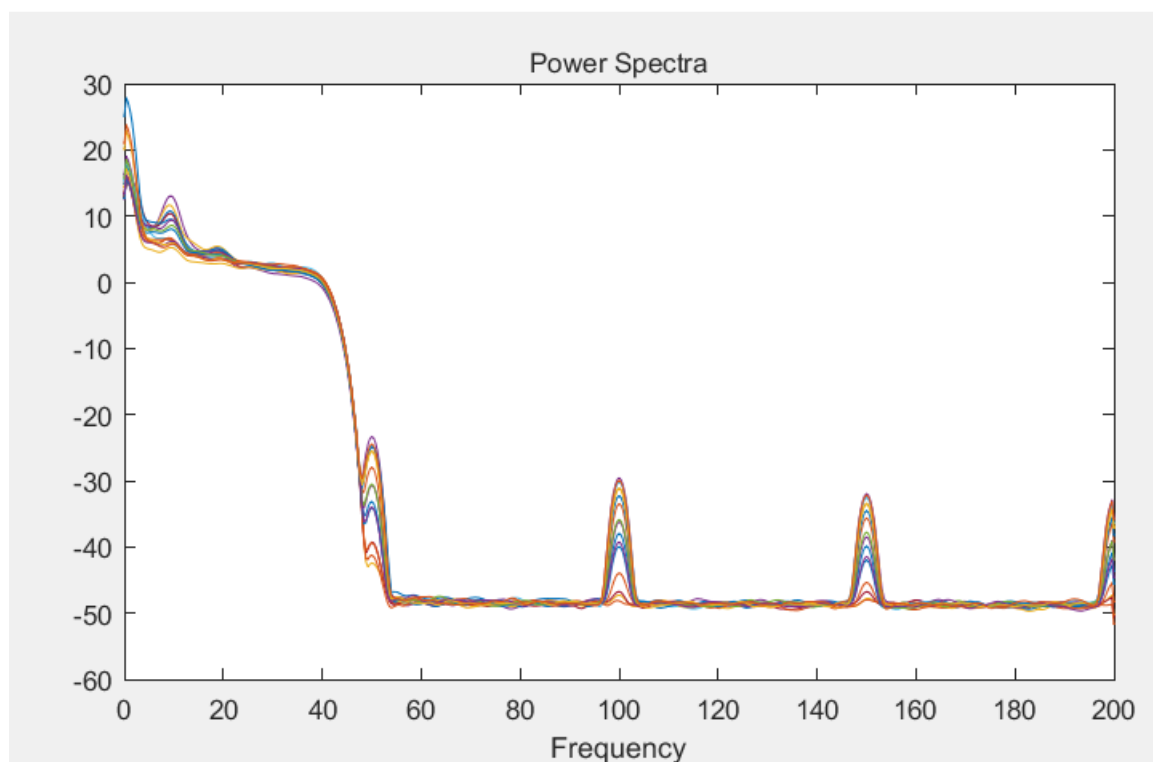


Рис. 4.15. Спектр НЧ.

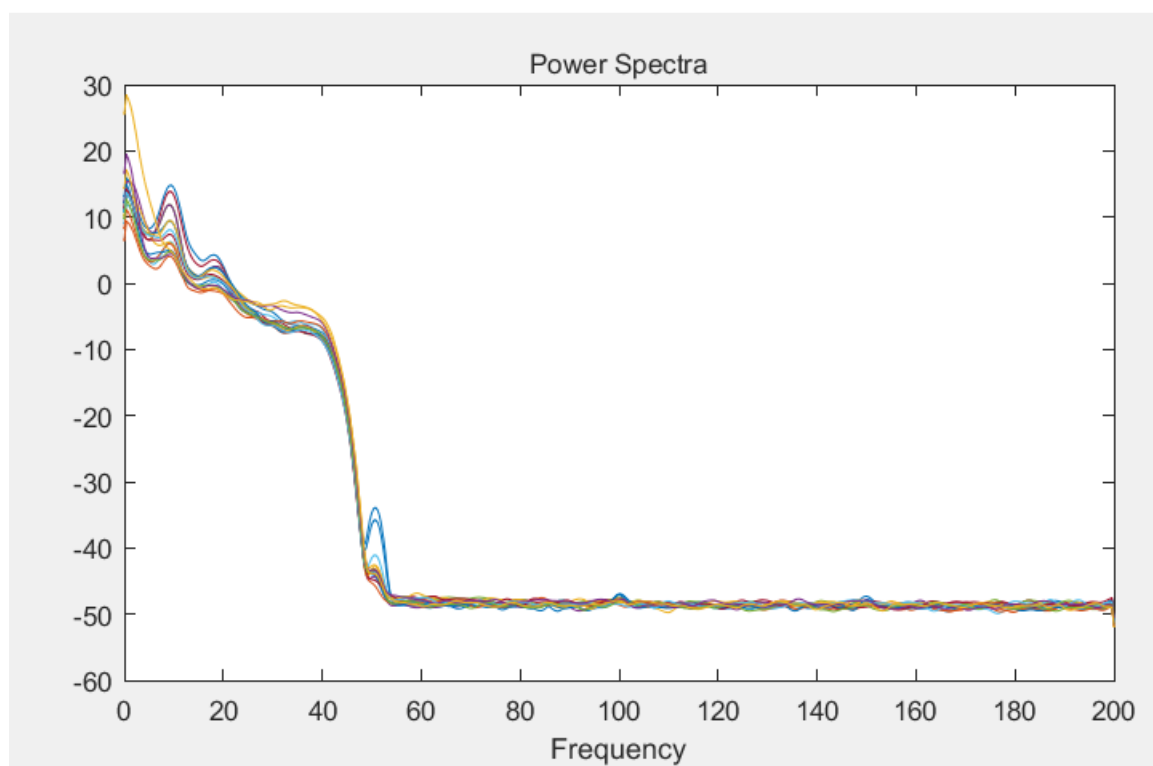


Рис. 4.16. Спектр ВЧ.

Подальшими діагностичними ознаками можуть бути абсолютний діапазон зміни сигналу, швидкість зміни сигналу крутої хвилі ЕЕГ (для оцінки використовують $(\beta_1 = 5,6 \frac{\text{мкВ}}{\text{с}}; \beta_2 = 12 \frac{\text{мкВ}}{\text{с}})$), кількість сплесків у даному часовому інтервалі тощо. Як для ЕКГ, так і для інших біосигналів для оцінки мозкової діяльності велике значення має часова послідовність карт, які відтворюють у даний момент розподіл потенціалів на поверхні голови. З зображень 4.15 та 4.16 можна побачити різницю між спектрами відведень при прослуховуванні НЧ та СЧ сигналів [13].

ВИСНОВКИ

Було проведено огляд літератури на тему музичної терапії, з якої була отримана інформація про досліді, які проводились у цій сфері. Зокрема, повідомлялося про дослід з використанням музики для полегшення болю. Виявилося, що коли людина слухає улюблену музику, ступінь терпимості болю дійсно підвищується.

Також було проведено дослідження впливу складних аудіо-сигналів на активність мозку людини. Для цього використовувався сучасний електроенцефалографічний комплекс «BRAINTTEST». Аудіо-сигнали обиралися після аналізу їх спектрограми у програмі «Audacity», після цього розподілялися на частотні групи. Вимірювання проводилися в той момент, коли людині в навушниках вмикали аудіо-сигнали.

Отримані електроенцефалограми було експортовано у таблиці Excel для подальшого аналізу, оскільки працювати з програмним забезпеченням «Braintest» можна виключно з підключеним до пристрою з програмою вищеназваного електроенцефалографа. Числа з таблиць було оброблено у пакеті «MATLAB» для отримання аналізу у часовій та частотних областях.

Результат дослідження показав, що різниця ЕЕГ при прослуховуванні НЧ та СЧ сигналів дійсно є, тобто музика змінює когнітивну активність людини, що можна використовувати у медичних цілях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Don Knox. Acoustic analysis and mood classification of pain-relieving music [Електронний ресурс] / Don Knox, Scott Beveridge, Laura A. Mitchell, and Raymond A. R. MacDonald // The Journal of the Acoustical Society of America. – 2011. - Режим доступу до ресурсу:
<https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.3621029>.
2. Рябiniна Е.В. К теоретическим основаниям использования практик музыкотерапии в экстримальной и кризисной психологии.
3. Аудіокорекція центральних механізмів регуляції функції дихання у дітей з бронхообструктивним синдромом / Калашнікова Л. Є., Бойчик К. О., Толкач С. І.
4. Wei-Chun Wang. A study of the type and characteristics of relaxing music for college students [Електронний ресурс] / Wei-Chun Wang // Proceedings of Meetings on Acoustics. – 2014. – Режим доступу до ресурсу:
<https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.4902001>.
5. Зв'язок когнітивної діяльності з характеристиками β -ритма під впливом аудіо стимулів різного компонентного складу / Калашнікова Л. Є., Овчаренко Г. Р., Александрова К. О.
6. Ляшко Д.О., Найда С.А. Дослідження спектрів складних аудіо-сигналів та методика музичної терапії // Електронна та акустична інженерія. – 2019. – № 2, Т.2. – С. 58-62.
7. Чернінський А. О. ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ / А. О. Чернінський, С. А. Крижановський, І. Г. Зима. – КИЇВ, 2011.
8. Тодорів І. В. ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЯ В ПСИХІАТРІЇ / І. В. Тодорів. – Івано-Франківськ, 2004. – 78 с.
9. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография / Л. Р. Зенков. – Москва: «МЕДпресс-информ», 2012. – 26 с.

10. Жирмунская Е. А. Клиническая электроэнцефалография / Е. А. Жирмунская. – Москва, 1991. – 118 с.
11. Інструкція до комплексу електроенцефалографічного комп'ютерного "BRAINTTEST".
12. Коломієць Р. О. ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКА БІОСИГНАЛІВ / Р. О. Коломієць, Т. М. Нікітчук, Д. С. Морозов. – Житомир, 2017. – 232 с.
13. Абакумов В. Г. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг / В. Г. Абакумов, О. І. Рибін, Й. Сватош., 2001. – 516 с.