

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Навчально-науковий інститут філології  
Кафедра української мови та прикладної лінгвістики

**ФОРМАНТНИЙ АНАЛІЗ ГОЛОСНИХ ЗВУКІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ  
ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗИ  
(НА МАТЕРІАЛІ УКРАЇНСЬКОГО МОВЛЕННЯ)**

**Кваліфікаційна робота**

магістрантки другого року навчання  
ОНП «Прикладна лінгвістика  
(редакторсько-перекладацька  
та експертна діяльність)»,  
спеціальності 035 «Філологія»,  
спеціалізації 035.10  
«Прикладна лінгвістика»,  
галузі знань 03 «Гуманітарні науки»  
**Ольги ДЕРМАН**

**Наукові керівники:**

канд. філол. н. **Зоя ДУДНИК**,  
асист. **Валентина РОБЕЙКО**

**Рецензент:**

канд. філол. н., доц.  
**Оксана БАС-КОНОНЕНКО**

«Допущено до захисту»

Протокол засідання кафедри

української мови та прикладної лінгвістики

№ 13 від 30 квітня 2025 року

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ **Сергій РІЗНИК**

КИЇВ – 2025

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ГОЛОСНИХ ФОНЕМ СУЧАСНОЇ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Артикуляційно-акустичні та функціональні ознаки голосних звуків.....	10
1.2. Класифікація голосних звуків української мови.....	17
1.3. Акустико-артикуляційна характеристика звукової реалізації фонему /а/ в українській мові.....	22
Висновки до розділу 1.....	27
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ.....</b>	<b>28</b>
2.1. Роль лінгвістичної експертизи в криміналістиці.....	29
2.2. Фоноскопична експертиза (відео-, та звукозапису) як підвид криміналістичної експертизи.....	32
2.3. Форманти як ключові параметри ідентифікації особи.....	38
2.4. Методологія формантного аналізу в експертній практиці.....	42
Висновки до розділу 2.....	45
<b>РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ КОРПУСУ ДЛЯ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ ГОЛОСНИХ ЗВУКІВ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ.....</b>	<b>47</b>
3.1. Методика збору аудіозаписів для аналізу формант.....	47
3.2. Критерії вибору респондентів у межах дослідження.....	50
3.3. Використання програмного забезпечення PRAAT у формантному аналізі. 54	
Висновки до розділу 3.....	56
<b>РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ.....</b>	<b>58</b>
4.1. Формантна структура голосного звука «а» в мовленні жінок Вінницької області.....	58

4.2. Приклади використання формантного аналізу в судовій експертизі (на матеріалі реальних записів).....	67
Висновки до розділу 4.....	73
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>74</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>78</b>
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>88</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>89</b>

## АНОТАЦІЯ

Актуальність завдання визначення місця голосних у системі фонем української мови та їх класифікації зумовила зміст першого розділу, в якому подано типологію голосних та здійснено аналіз звукових реалізацій фонем /a/ у контексті сучасної фонетики.

Другий розділ присвячено судово-лінгвістичній експертизі та фоноскопичному аналізу аудіо- та відеозаписів. Окреслено потенціал формантного аналізу як одного з методів ідентифікації мовця, а також основних параметрів, які використовують для ідентифікації особи.

Практичну частину дослідження здійснено на основі створеного корпусу аудіозаписів мовлення жінок Вінницької області. Проаналізовано слова з чітко реалізованим наголошеним [a] за допомогою програмного забезпечення PRAAT. Виявлено чотири варіанти реалізації [a] відповідно до класифікації голосних за МФА – від [ɑ] до наближених [a], [ã] та [ɐ], які не змінюють фонематичного статусу, але відображають індивідуальні артикуляційні особливості мовців. Отримане середнє значення F1, F2 для [a]: 731 Гц та 1279 Гц, що свідчить про його відкритий та задній характер звучання.

Застосування формантного аналізу до реальних аудіозаписів засвідчило його ефективність. Встановлено подібність акустичних параметрів у трьох аудіозаписах, що свідчить про ймовірну ідентичність мовця, тоді як четвертий запис демонструє істотні відмінності. Отримані результати підтверджують ефективність формантного аналізу в експертизі.

Матеріали дослідження можуть бути використані в судово-експертній практиці, в освітньому процесі, а також у подальших наукових розвідках з експериментальної фонетики та лінгвістичної ідентифікації.

**Ключові слова:** українська мова, голосні звуки, судова лінгвістика, ідентифікація мовця, фоноскопична експертиза, формантний аналіз.

## ABSTRACT

The relevance of defining the place of vowels within the phonemic system of the Ukrainian language and their classification determined the focus of the first chapter, which presents vowel typology and analyzes the sound realizations of the phoneme /a/ in the context of contemporary phonetics.

The second chapter is devoted to forensic linguistic expertise, specifically the phonoscopy of audio and video recordings. The potential of formant analysis is highlighted as an effective method for speaker identification, along with the key parameters for personal identification.

The practical part of the research is based on a self-compiled corpus of female speech recordings from the Vinnytsia region. Words containing clearly articulated stressed [a] were analyzed using PRAAT software. The research identified four variants of the vowel's realization according to the IPA – ranging from [ɑ] to near [a], [ã], and [ɐ], which do not change phonemic status but reflect individual articulatory features of speakers. The obtained average formant values for [a] were F1 – 731 Hz and F2 – 1279 Hz, indicating its open and back articulation.

The application of formant analysis to real audio recordings demonstrated its high effectiveness. The research revealed similar acoustic parameters across three recordings, suggesting probable speaker identity, whereas a fourth recording showed significant differences. The results confirm the value of formant analysis in investigations.

The findings may be applied in forensic expert practice, educational programs, and further research in experimental phonetics and linguistic speaker identification.

**Keywords:** *Ukrainian language, vowel sounds, forensic linguistics, speaker identification, phonoscopy, formant analysis.*

## ВСТУП

У сучасному світі, де питання безпеки та надійної ідентифікації особи набувають все більшої актуальності, розробка ефективних методів розпізнавання мовців стає одним із пріоритетних напрямів наукових досліджень. Одним із важливих напрямів у межах судово-лінгвістичної практики є фонетична експертиза, яка зосереджується на аналізі акустичних параметрів мовлення з метою встановлення індивідуальних особливостей голосу.

Особливе місце в аналізі голосних звуків мовлення посідає формантний аналіз, який дає змогу досліджувати акустичну структуру мовленнєвого сигналу через визначення частотних характеристик – формант, які відображають індивідуальні фізіологічні особливості мовця. Завдяки своїй стабільності та інформативності наголошені голосні звуки є зручними об'єктами для такого аналізу.

Як зазначає С. Ханін, точність розпізнавання мовлення та ідентифікація мовця мають критичне значення для судових процесів, адже «За результатами фонетичної експертизи часто вирішується доля людини» [72]. Саме тому формантний аналіз мовлення знаходить широке застосування в судово-фонетичній експертизі, що зумовлює **актуальність нашої роботи**.

**Мета дослідження** – проаналізувати акустичні характеристики голосних звуків української мови, зокрема формантну структуру голосної фонемі /a/, та обґрунтувати можливості їх застосування в судово-лінгвістичній експертизі шляхом створення методики формантного аналізу й апробації її на практичному матеріалі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку **завдань**:

1. Опрацювати наукову літературу, присвячену голосним звукам української мови, а також формантному аналізу мовлення.
2. Сформулювати теоретичні засади дослідження системи фонем української мови.

3. Проаналізувати артикуляційні характеристики голосних звуків української мови та їх функціональну роль в системі українського вокалізму на основі наукових джерел.
4. Узагальнити й систематизувати сучасні погляди науковців щодо класифікації голосних.
5. Визначити роль лінгвістичної та фоноскопичної експертизи у сфері криміналістики та визначити місце формантного аналізу в структурі судово-лінгвістичних досліджень.
6. Створити корпус аудіозаписів, що містять реалізації всіх голосних звуків української мови.
7. Провести експериментальне дослідження формантних характеристик голосних звуків у мовленні різних мовців.
8. Здійснити спектральний аналіз звукових реалізацій фонемі /a/ у мовленні жінок Вінницької області та виявити її індивідуальні акустичні особливості.
9. Продемонструвати можливості застосування формантного аналізу для ідентифікації мовця на матеріалі реальних аудіозаписів.

Відповідно до мети та поставлених завдань у роботі було використано загальнонаукові методи дослідження (описовий метод, аналіз, синтез, індукція, дедукція, абдукція). Для створення, розробки та сегментації корпусу було використано експериментально-фонетичний метод, а для аналізу формантних частот – інструментальний метод (за допомогою програмного забезпечення PRAAT [82]).

**Об'єктом дослідження** є голосні звуки української мови.

**Предмет** – акустико-фонетичні характеристики голосних звуків української мови, передусім спектральні особливості першої та другої формант.

Дослідження здійснено **на матеріалі** аудіозаписів мовлення 21 українськомовної дикторки з Вінницької області, що дало змогу простежити варіативність спектральних характеристик голосного звука [a]. Для подальшого формантного аналізу було відібрано чотири аудіозаписи жіночого мовлення.

Загальний обсяг матеріалу експериментальної частини становить 29 аудіофайлів та 22 *TextGrid*-файли (9 годин 12 хвилин записів), а також 4 аудіо- та *TextGrid*-файли тривалістю 54,5 секунд для здійснення формантного аналізу.

**Теоретико-методологічною основою роботи** є праці з експериментальної фонетики та судової лінгвістики як вітчизняних та і закордонних науковців. Найбільше ми спиралися на роботи О. Іщенка «*Акустична класифікація українських голосних звуків. Експериментальна фонетика*» [15] та «*Голосні звуки української мови залежно від темпу мовлення*» [16], а також на роботи Н. Тоцької: «*Голосні фонемі української літературної мови*» [41] й «*Сучасна українська літературна мова: Фонетика, орфоенія, графіка, орфографія*» [42].

**Теоретичне значення** дослідження полягає у вивченні артикуляційно-акустичних та функціональних ознак голосних звуків української мови, передусім спектральних характеристик голосного звука [а], а також систематизації знань про формантний аналіз як один з важливих інструментів судово-лінгвістичної експертизи.

**Практичне значення** результатів експерименту – можливість їх безпосереднього застосування в судово-лінгвістичній експертизі (під час ідентифікації мовця), удосконаленні методик судово-фонетичного аналізу, а також у розробці автоматизованих систем розпізнавання мовлення. Отримані дані сприяють поглибленню розуміння взаємозв'язку між артикуляційними та акустичними характеристиками мовлення, що є важливим не лише для судової практики, а й для подальшого розвитку прикладної фонетики. Результати дослідження можуть бути використані у вивченні експериментальної фонетики української мови та подальших фонетичних дослідженнях поготів.

**Наукова новизна** полягає у комплексному аналізі формантних характеристик голосних звуків як індивідуального акустичного маркера ідентифікації особи. Вперше здійснено детальний формантний аналіз звукових реалізацій фонемі /а/ у мовленні жінок Вінницької області. Також на матеріалі створеного корпусу апробовано методику проведення формантного аналізу з використанням програмного забезпечення PRAAT [82].

Результати роботи були представлені на ІХ Всеукраїнських наукових читаннях за участю молодих учених «Філологія ХХІ століття: нові дослідження і перспективи» (10-11 квітня 2025 року).

**Структура.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел, переліку умовних скорочень та додатків. Загальний обсяг роботи – 100 сторінок: 74 сторінки основного тексту, 9 найменувань в переліку умовних скорочень, 89 найменувань у списку використаних джерел та електронних ресурсів, а також 6 додатків.

# РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ГОЛОСНИХ ФОНЕМ СУЧАСНОЇ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

Цей розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню місця голосних у системі фонем сучасної української мови. У ньому розглянуто артикуляційні, акустичні та функціональні ознаки голосних звуків, подано їхню класифікацію відповідно до різних лінгвістичних підходів. Особлива увага приділена фонемі /a/, яка є об'єктом подальшого аналізу в межах цього дослідження. Здійснено огляд її артикуляційно-акустичних характеристик, що має на меті створити ґрунтовну теоретичну базу, яка стане підґрунтям для проведення формантного аналізу.

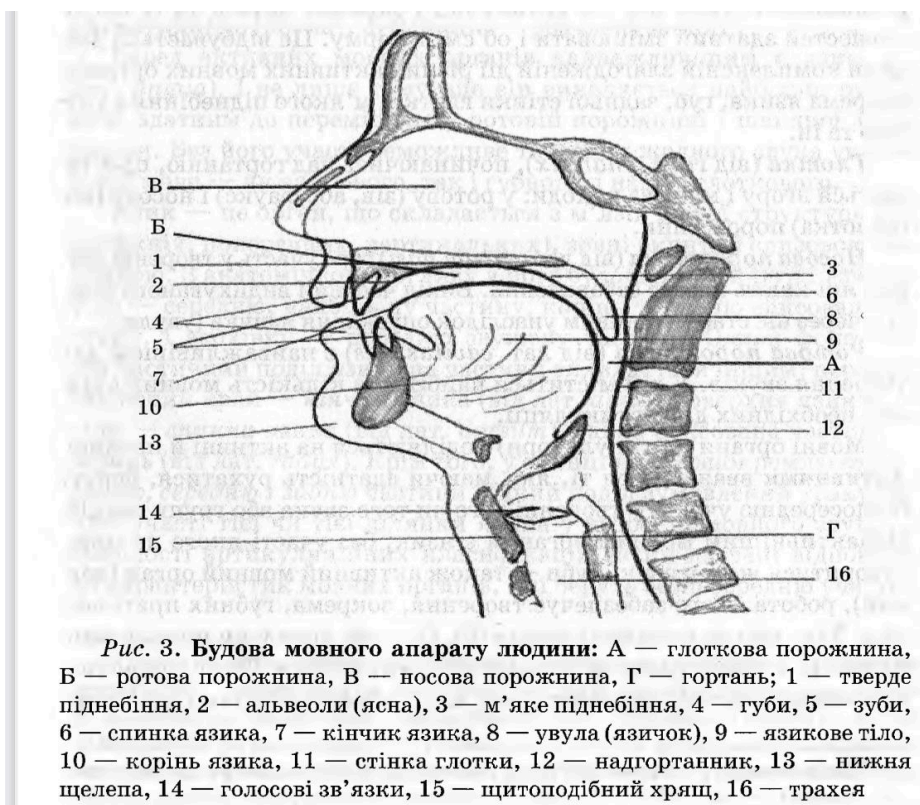
## 1.1. Артикуляційно-акустичні та функціональні ознаки голосних звуків

Фонетична система мови є однією з фундаментальних структурних одиниць, яка визначає її ідентичність, унікальність та функціональність. Особливе місце серед компонентів цієї системи посідають «голосні звуки – звуки людської мови, в основі яких лежить музикальний тон, утворюваний при розкритому мовному каналі внаслідок коливань голосових зв'язок і дальшої модифікації цих коливань у надгортанних порожнинах» [42, с. 44]. Відсутність значних редуційних змін, переважне збереження чіткої наголошеної та ненаголошеної вимови, а також вплив голосних на сусідні приголосні – все це формує унікальний фонетичний лад мови. Проблематика їх класифікації, особливостей артикуляції, акустичних характеристик та функціональної ролі постійно перебуває у центрі уваги сучасних лінгвістичних досліджень.

Попри численні дослідження українських фонетистів таких як *М. А. Жовтобрюх* [11; 12], *М. П. Кочерган* [19], *Г. Б. Мінчак* [22], *М. Ф. Наконечний* [24], *Л. І. Прокопова* [28], *В. М. Русанівський* [30; 31; 32], *Н. І. Тоцька* [41; 42] тощо, окремі аспекти вокалізму, передусім артикуляційні особливості голосних, їх акустичні та функціональні характеристики досі потребують додаткових уточнень та систематизації.

У підручнику «Сучасна українська літературна мова: Лексикологія. Фонетика» [40, с.179] подано чітку візуалізацію будови мовленнєвого апарату, яка представлена на малюнку 1.1. Ця схема відображає основні органи, які беруть участь в артикуляції звуків, серед яких – губи, зуби, тверде та м'яке піднебіння, язик (з його передньою, середньою та задньою частинами), гортань, голосові зв'язки, глотка, носова та ротова порожнини.

Така класифікаційно-функціональна схема є ключовою для розуміння артикуляційних процесів, оскільки дозволяє наочно простежити, які саме органи залучені у творенні звуків, та яким чином змінюється положення мовленнєвих органів залежно від фонетичного контексту. Вона є основою для подальшого аналізу артикуляційно-акустичних ознак звуків і формує базу для всіх типів фонетичної класифікації.



**Рис. 3. Будова мовного апарату людини:** А — глоткова порожнина, Б — ротова порожнина, В — носова порожнина, Г — гортань; 1 — тверде піднебіння, 2 — альвеоли (ясна), 3 — м'яке піднебіння, 4 — губи, 5 — зуби, 6 — спинка язика, 7 — кінчик язика, 8 — увула (язичок), 9 — язикове тіло, 10 — корінь язика, 11 — стінка глотки, 12 — надгортанник, 13 — нижня щелепа, 14 — голосові зв'язки, 15 — щитоподібний хрящ, 16 — трахея

**Мал. 1. 1.** Будова мовленнєвого апарату людини [40, с.179]

Формування голосних звуків розглядають [40, с. 189] як наслідок узгодженої діяльності органів мовного апарату: голосових зв'язок, які знаходяться в напруженому стані та вібрують; нижньої щелепи, що рухається

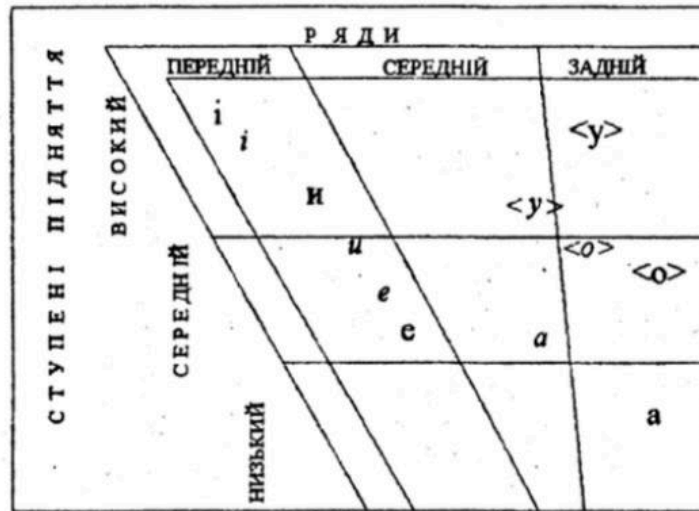
вгору та вниз, змінюючи об'єм ротового резонатора; а також органів надгортанних порожнин: язика, губ, м'якого піднебіння та увули (язичка), які формують остаточний резонаторний простір. Ключову роль в артикуляції голосних відіграє язик, який є найактивнішим мовним органом.

Вимова голосних звуків також супроводжується напруженням м'язів усього мовного апарату: шийних, під'язикових і жувальних, а також мімічних м'язів обличчя – щічних, губних та навколоротових. У творенні мовних звуків важливу роль також відіграє центральна нервова система, передусім головний мозок, який координує мовленнєву моторну та сенсорну активність. Зона Брока (ліва півкуля) відповідає за мовлення та мову, а зона Верніке (задньоскронева ділянка) – за сприймання та обробку мовної інформації.

Артикуляційно голосні характеризують відсутністю перешкоди на шляху повітряного струменя, що забезпечує їх звучання внаслідок вільної вібрації голосових зв'язок [44, с. 58]. Основу їх утворення становить музикальний тон (перше джерело звука), який формується в умовах повністю відкритого голосового каналу [31, с. 104].

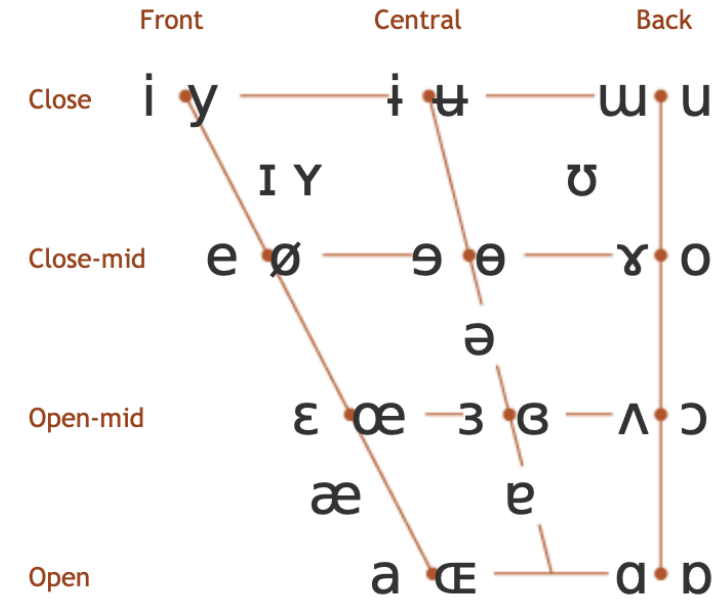
Артикуляційні та акустичні особливості голосних української літературної мови ґрунтуються на розрізненні їх основних алофонів за трьома ознаками: місцем творення, ступенем підняття спинки язика та участю губ. Як зазначає Н. Тоцька, найбільш наочно це розмежування ілюструє класифікаційна схема у формі неправильної трапеції, яка, на відміну від традиційного прямокутника з дев'яти клітинок, точніше передає взаємне розміщення голосних у ротовій порожнині та положення спинки язика щодо піднебіння під час їх вимови [42, с. 54]. Однак ця класифікація має умовний характер, оскільки всередині кожної клітинки голосний звук може змінюватися за ступенем підняття або просуватись вперед чи назад, тобто його точне положення є варіативним [42, с. 55].

У її моделі голосні класифіковано за такими основними параметрами: ступенем підняття язика (високий, середній, низький) та рядом (передній, середній, задній). Унікальною рисою цієї концепції є розмежування наголошених і ненаголошених голосних. (Див. Мал. 1.2)



Мал. 1.2. Класифікація голосних української мови за Н. Тоцькою [41]

Згідно з даними О. Стеріополо [36, с. 144] українські голосні [і, и, е, а, о, у] відповідають звукам [i], [ɪ], [ɛ], [a], [o], [u] за класифікацією Міжнародного фонетичного алфавіту (МФА) [85, 86]. Тому їх можна класифікувати таким чином: [і, и, е] – голосні переднього ряду, [а, о, у] – заднього (Див. Мал. 1.3).



Мал. 1.3. МФА-діаграма голосних звуків [86]

Часто [а] дослідники визначають як голосний, що тяжіє до середнього чи навіть центрального ряду [36, с. 137-138], хоч і традиційно його відносять до задніх, оскільки його вимова у більшості мовців «світліша», ніж типовий задній

[a]. Дослідники [5, с. 55] також зауважують, що в реальному мовленні існує певне індивідуальне й діалектне варіювання ступеня «заднього» чи «середнього» звучання [a], але формантні аналізи засвідчують переважно центральну позицію цієї фонемі [41].

Найбільше «клопотів», як зазначають науковці, завдає звук [и] [39, с. 32]. М. Наконечний [24] відносить цей звук до передньо-середнього ряду й високо-середнього підняття, тоді як Н. Тоцька [41] виділяє для нього окреме, четверте підняття, яке називає високо-середнім. М. Йогансен [18, с.76] стверджує, що повну фонематичну самостійність в українській мові мають лише голосні /а, о, у, е, і/. Щодо фонемі /и/, то він характеризував її як «несамостійну фонему», оскільки вона нібито «не відрізняється не під наголосом від фонемі /е/ в літературній вимові». Іншої думки дотримується І. Петличний [26], який, ґрунтуючись на класифікаційних ознаках голосних фонем, уважав, що несамостійною є не /и/, а /і/. Його аргументація полягає в тому, що фонема /і/ не змінює значення слів самостійно, а «лише разом із палаталізацією приголосного, до складу якого вона входить» [26, с. 52]. Все ж, ми дотримуємося погляду Н. Тоцької, яка зауважує, що /и/ та /і/ є самостійними фонемами, оскільки вони не лише виступають у позиції протиставлення, а й беруть участь у морфологізованих чергуваннях.

Особливу увагу на цей звук звертає О. Стеріополо й зауважує, що місце творення українського голосного [ɪ] ([и]) не збігається з традиційною позицією на трапеції МФА. За результатами акустичних досліджень, артикуляція цього звука здійснюється в передній частині рота зі зміщенням язика назад, що дозволяє трактувати його як голосний переднього ряду з пониженим / низьким підняттям [36, с. 138].

У своєму дослідженні [63] Б. Помпіно-Маршалл, О. Стеріополо і М. Жигіс обґрунтовано пропонують використовувати символ [ɪ] для позначення українського звука [и], задля уникнення ототожнення з російським [і], оскільки український [ɪ] має унікальні акустичні властивості.

Акустичні параметри голосних зумовлені, передусім, їх формантною структурою – наборами частот, що формують спектр звука. За визначенням Н.

Тоцької [41], формантна характеристика голосних є ключовою для розмежування фонем цього типу. Одним з основних параметрів, що визначає голосні, є частотні характеристики, які утворюються через коливання повітря в голосових зв'язках і резонансних порожнинах. Ключовими серед них є форманти – пікові частоти, що формуються в спектрі голосних звуків і визначають їхній акустичний характер. Найважливішими є перша та друга форманти (F1 та F2 відповідно), а точніше їхнє сполучення.

Слід зауважити, що акустичні характеристики голосних можуть змінюватися залежно від різних факторів. Одним з основних є контекст звуків. Звуки, які оточені іншими голосними, приголосними або розміщені в певних позиціях у слові, можуть зазнавати змін у своїй акустичній структурі. Наприклад, голосний може мати іншу тривалість або формантну структуру, залежно від того, чи перебуває він у наголошеній, чи ненаголошеній позиції. У таких випадках звукові характеристики можуть варіюватися навіть у межах одного слова.

Індивідуальні особливості мовця, такі як стать, вік або навіть стан здоров'я також можуть істотно впливати на акустичні характеристики звуків. У жінок голосові зв'язки зазвичай коротші та тонші, тому вони можуть вимовляти голосні з вищими частотами, а у чоловіків, навпаки, голосні є нижчими. Вік також відіграє роль: у старшому віці голосові зв'язки зазнають фізіологічних змін, що може призводити до зміни звучання голосних. Наприклад, у літніх людей голоси можуть ставати більш хрипкими або менш чіткими через зниження еластичності голосових зв'язок. Також на вимову може впливати й стан здоров'я, оскільки захворювання голосових зв'язок або органів дихання можуть змінити звучання голосних, роблячи їх менш чіткими або змінюючи їхній тембр.

Акустичною особливістю українських голосних також є тональна природа – їх сприймають як «чисті тони, на відміну від приголосних, де домінує шумовий компонент» [44, с. 58]. Тон голосних важливий для сприйняття інтонації, а тембр – для розрізнення якості голосних. Це зумовлює їх важливу функцію в організації мовлення.

Існує думка, що саме голосні виконують складотворчу функцію, тоді як приголосні лише супроводжують їх у мовленнєвому потоці [44, с. 59]. Хоча з іншої точки зору ми знаємо, що мінімальною одиницею мовлення є склад, тобто, коли ми вимовляємо окремий приголосний, він має нейтральний голосний в кінці, а коли вимовляємо голосний, то гортанне чи губне зімкнення на початку вимови голосного – це приголосний. Так звану граматикуалізацію і смисл завдячують саме приголосним. Тож не варто применшувати їх ролі.

Іншою характерною ознакою є обмежене чергування наголошених і ненаголошених голосних в українській мові. Як зазначає О. Стеріополо, хоча редукція в українській мові менш виражена, ніж у російській, проте деякі переднаголошені голосні демонструють якісні зміни під впливом наступного складу. [ɛ] ([e]) та [o] перед закритими голосними свого ряду мають схильність до підвищення ступеня закритості, тоді як переднаголошений [i] перед відкритими голосними зазнає відкриття.

Характеристики голосних звуків є важливими не лише з артикуляційного, а й з функціонального погляду. Їхня основна функція полягає у творенні складу, що є обов'язковою одиницею мовлення. Адже саме голосні визначають кількість складів у слові [44, с. 59].

Слід також звернути увагу на спроби окремих дослідників побудувати універсальну систему класифікації звуків, що включала б і голосні, і приголосні. Проте, як зауважує Г. Циганок [44, с. 59-60], відсутність спільних артикуляційних характеристик у цих двох групах унеможлиблює їх інтеграцію в єдину систему класифікації. Це підтверджують й експериментальні дані О. Стеріополо, де зазначено, що артикуляційно-акустичні характеристики приголосних і голосних вимагають різних підходів до опису та групування [36, с. 142].

Отже, артикуляційно-акустичні та функціональні ознаки голосних звуків української мови свідчать про складну взаємодію фізіологічних, акустичних і функційних параметрів. Актуальність подальших досліджень у цьому напрямку полягає в необхідності точнішого опису артикуляційних позицій, формантної структури та синтагматичної поведінки голосних у різних позиціях мовлення.

## 1.2. Класифікація голосних звуків української мови

Класифікація голосних звуків української мови охоплює низку артикуляційних та акустичних ознак, за якими встановлюють тотожність чи відмінність кожного голосного. Хоча тривалий час велися суперечки щодо фонематичного статусу фонем /i/ та /i/ [40, с. 224], все ж таки більшість науковців підтримує той факт, що в сучасній українській мові існує шість голосних фонем: /i/, /и/, /e/, /a/, /o/, /y/ [11, с. 106]. Цей інвентар розглядають за такими параметрами, як ряд (передній – середній – задній) та ступінь підняття (високе – середнє – високо-середнє – низьке).

Автори багатьох досліджень наголошують на тому, що за основним артикуляційним критерієм /i/, /и/ та /e/ належать до голосних переднього ряду, а /o/, /a/, /y/ – до заднього. Голосних середнього ряду в українській мові немає.

Серед інших прикметних характеристик виділяють рівень напруженості язика, а також суб'єктивно відчутну відкритість / закритість кожного голосного. «М'язова напруженість пов'язана зі ступенем закритості голосного» [40, с. 191]. Більш напруженими є закриті голосні звуки [i], [и], [y], тоді як менш напруженими є [a], [o], [e]. У мовному потоці більша напруженість характерна для наголошених голосних. Також вона виявляється через посилення вокалічної активності, що відображена не лише в роботі язика як основного артикулятора, а й в активності інших органів та м'язів ротової та глоткової порожнини [40]. Голосні [i] та [y] нерідко називають «більш напруженими» порівняно з [e] чи [и], проте таке розмежування не стало абсолютним, оскільки не підтримується всіма науковцями [11, с. 106].

Відкритість або закритість голосного залежить від того, наскільки широко чи вузько розкрита ротова порожнина внаслідок руху нижньої щелепи. За цією ознакою голосні поділяють на широкі (відкриті) та вузькі (закриті). До широких (відкритих) відносяться голосні низького і середнього ступеня підняття, до вузьких (закритих) – голосні високо-середнього та високого підняття.

Розташування першої та другої формант є ключовою акустичною характеристикою, що дозволяє здійснювати класифікацію голосних звуків.

Залежно від ступеня зближеності цих формант, голосні поділяють на компактні та дифузні. Компактними вважають ті голосні, у яких F1 і F2 локалізуються в межах однієї резонансної зони, тобто мають близьке спектральне розташування. Натомість дифузні голосні характеризують віддаленістю перших двох формант у різних резонансних ділянках мовленнєвого тракту. [15, с. 78] Схема взаємного розміщення голосних за значеннями перших двох формант демонструє закономірність: за зменшенням компактності (і, відповідно, зростанням дифузності) голосні звуки розміщуються так: [a], [e], [o], [и], [y], [i]. За однією з класифікацій найбільш компактними є [a] та [e], а найбільш дифузними – [i] та [y] [42, с. 55]. Дослідники також наголошують, що терміни компактний та дифузний не є точними акустичними описами, оскільки різні сполучення формант при різному їх розташуванні у спектрі вносять невизначеність.

Варто звернути увагу, що голосний [a], хоча й потрапляє до категорії компактних, має найнижчий ступінь компактності: його перші форманти розташовані в одній зоні, проте знаходяться на значній відстані одна від одної. На противагу цьому, голосний [e] демонструє найменшу дифузність серед дифузних голосних, оскільки форманти, хоч і репрезентовані різними резонансними локусами, мають порівняно невелику відстань між собою.

За висотою тону, визначеною за показниками другої форманти, голосні розташовуються в такому порядку: [y], [o], [a], [e], [и], [i]. Таким чином, [y] та [o] – низькотональні, [и] та [i] – високотональні, тоді як [a] й [e] мають середнє положення [42, с. 55]. Ці варіації пов'язані з тим, як спинка язика наближається до твердого чи м'якого піднебіння, а також з тим, наскільки лабіалізованою (огубленою) є артикуляція. Лабіалізованими є голосні [o], [y], а нелабіалізованими – [a], [e], [и], [i].

Особливу позицію займають голосні [y] та [o], які, за даними спектрограми, мають одночасний зсув обох формант униз. Саме тому ці голосні вважаються бемольними, на відміну від простих – [a], [e], [и], [i] [42, с. 55]. Хоча на основі формантних характеристик можливо побудувати класифікаційну схему голосних, вона лише наближено відтворює артикуляційні

співвідношення, насамперед через неоднозначність параметра F2 у випадку з лабіалізованими голосними [o] та [y] [42, с. 56].

Тривалість голосних звуків є ще однією важливою акустичною характеристикою. Тривалість може варіюватися залежно від кількох факторів. Одним з основних є наголос: наголошені голосні зазвичай мають більшу тривалість, оскільки вони отримують більше уваги у мовленнєвому потоці. Наголошені голосні переважно реалізують усі свої артикуляційні й акустичні ознаки, а в ненаголошених складах можуть зазнавати часткової редукції чи наближатися до інших фонем. Крім того, темп мовлення також може впливати на тривалість голосних. У швидкому мовленні голосні часто стають коротшими, оскільки мовцю потрібно швидко проговорювати слова. Важливим фактором є також контекст: залежно від позиції голосного у слові, його тривалість може змінюватися. Наприклад, у закритих складах голосні часто бувають коротшими, ніж у відкритих складах, де вони можуть мати більш виразне звучання [9; 16].

Голосні звуки [e] або [o] нерідко втрачають виразну відкритість і зміщуються в бік [и] та [y] у швидкому темпі мовлення, що підтверджено експериментально-фонетичними вимірами [44, с. 60-62]. Ступінь такої редукції залежить від індивідуальних особливостей мовця, його діалектної належності й темпу мовлення. Як наголошують дослідники в низці праць, українські ненаголошені голосні редукуються менше, ніж у деяких інших слов'янських мовах, що підвищує розбірливість усного мовлення [5, с. 54].

Додаткову увагу дослідники приділяють зіставленню артикуляційних характеристик українських голосних із голосними інших мов. Таке порівняння засвідчує як типологічну схожість (наприклад, можливість протиставлення за підняттям язика), так і специфічні риси (світліша якість [a], помірنا редукція ненаголошених голосних, відсутність тривалих і коротких варіантів). В акустичних дослідженнях підкреслено важливість формантного аналізу, коли вимірюють форманти F1, F2, тривалість звучання та інші показники, що дає змогу розмежовувати українські голосні ще точніше [42, с. 48-50].

Західна традиція дослідження голосних ґрунтована на міжнародній класифікації, запропонованій Д. Джонсом у його праці «*Outline of English*

*Phonetics*» [55, с. 17]. Він розглядав голосні з позицій трьох основних параметрів: висоти язика (close – закриті, open – відкриті, half-close – напівзакриті, half-open – напіввідкриті), місця артикуляції (front – передні, mixed – центральні, back – задні) та огубленості (rounded – огублені, unrounded – неогублені). П. Ледіфогед у праці «*Vowels and Consonants*» [58, с. 26-39] деталізував цей підхід, наголошуючи, що в англійській мові голосні характеризуються високою варіативністю та великою кількістю дифтонгів, що не є характерним для української мови. Таким чином, якщо в українській фонетиці основну увагу приділяють ступеню підняття язика та стабільності вокалізму, то в західній традиції – на акустичних характеристиках та редукції [71].

Також однією з унікальних рис української сегментної системи є наявність трьох ступенів палаталізації [63]: твердих, м'яких та напівм'яких. Останні, також відомі як напівпом'якшені або *secondarily palatalized*, є алофонічними варіантами твердих приголосних, що реалізуються у позиції перед голосним /i/. У перцептивному аспекті ці звуки створюють враження проміжного ступеня м'якості, а з артикуляційного погляду їм властиве менше підняття язика в напрямку до піднебіння порівняно з повністю палаталізованими приголосними.

У контексті формантного аналізу наявність напівпом'якшених приголосних має важливе значення, оскільки вони змінюють початкову фазу звучання голосної, яка за ними слідує (позначають в МФА [85]: знаком [j], як і м'які). Це, своєю чергою, впливає на F2 – найчутливішу до переднього/заднього зміщення язика форманту. Зменшення зони контакту з піднебінням порівняно з м'якими приголосними призводить до менш вираженого збільшення F2, що можна використовувати як додатковий акустичний маркер у розпізнаванні ступеня палаталізації.

Нижче подано таблицю (див. Табл. 1.4.), що відображає класифікацію голосних звуків сучасної української мови за рядом, ступенем підняття язика та приблизним відтворенням у символах МФА [85]. Дані в колонках можуть дещо

варіюватися залежно від індивідуальних та діалектних особливостей вимови, однак наведені характеристики узгоджені з більшістю досліджень [11; 42].

Літера	Фонема	МФА-варіант	Ряд	Ступінь підняття	Приклад
і	/i/	[i]	передній	високе	«дім» – [dʲim]
и	/ɪ/	[ɪ]	передній	високо-середнє/високе*	«дим» – [dɪm]
е	/e/	[ɛ]	передній	середній	«село» – [sɛ.lo]
а	/a/	[a]	задній	низький	«ма́ти» – [ma.tɪ]
о	/o/	[o]	задній	середній	«то́м» – [tom]
у	/u/	[u]	задній	високий (верхній)	«су́м» – [sum]

**Таблиця 1.4.**

\*За класифікацією М. Жовтобрюха, звук [и] віднесено до високого підняття, однак ми у своїй роботі дотримуємося класифікації, поданої Н. Тоцькою, де [и] – голосний високо-середнього підняття.

– Під «рядом» розуміємо орієнтацію язика в горизонтальній площині (передній – середній – задній).

– «Ступінь підняття» визначає вертикальне положення язика (високе – середнє – заднє), можливі також проміжні рівні (наприклад, високо-середнє).

– У МФА можуть існувати й альтернативні позначення цих звуків (особливо для звуків [и], [а] та [о]), що відбиває різні традиції транскрибування й діалектні особливості.

– У ненаголошених позиціях голосні частково редукуються, проте редукція в українській мові не настільки сильна, як, скажімо, у російській; найбільше зміщення спостерігають у [е] у бік [и], залежно від темпу й індивідуального типу мовлення [44, с. 60-62].

Відповідно загальна модель класифікації включає: фонemi переднього ряду /i/, /и/, /e/ з поділом на високий (/i/), високо-середній (/и/) та середній (/e/) ступінь підняття та голосні заднього ряду /o/, /y/, /a/, які варіюються між середнім /o/, високим /y/ та низьким /a/. Дослідники розглядають звук [a] як відкритий голосний, здебільшого центральний за положенням язика, хоч у деяких описах йому приписують задньоязикове артикуляційне поле. Різничитання виникають переважно на тлі діалектних особливостей: на лівобережжі [a] інколи звучить ближче до [ɑ], а у правобережних говірках – ближче до [ä], що засвідчують польові спостереження [44, с. 60].

Проте, як зазначає Г. Циганок, у науковій практиці відсутня єдність щодо вибору ознак, які слід вважати основними при характеристиці голосних [44, с. 58-59].

Отже, подальші дослідження голосних звуків української мови, з використанням приладів для акустичного аналізу, дозволять уточнювати місце кожної фонemi в загальному вокальному просторі, виявляти тонкі варіації вимови та описувати їх вплив на усне мовлення. Зіставлення української вокальної системи із системами інших мов сприятиме визначенню універсальних та специфічних рис українського вокалізму і надасть матеріал для створення принципів розпізнавання мовця в експертних системах.

### **1.3. Акустико-артикуляційна характеристика звукової реалізації фонemi /a/ в українській мові**

Голосний звук [a] посідає центральне місце в системі вокалізму української мови. Його артикуляційні та акустичні характеристики вивчають в межах узагальнених класифікацій голосних, однак детальний аналіз цієї одиниці з урахуванням новітніх досліджень дозволяє уточнити її статус у фонетичній системі мови.

Питання щодо артикуляційної природи звукової реалізації фонemi /a/ в українській мові є предметом тривалих наукових дискусій. Дослідники розходяться в думках щодо її точного розташування в системі голосних, та в

тому, чи належить вона до заднього, чи до середнього ряду, а також щодо ступеня підняття язика при її творенні.

Найпоказовішим у творенні [a] є позиція язика. Його тіло помітно відтягується назад, особливо в задній частині спинки язика, внаслідок чого корінь язика наближається до задньої стінки глотки (фаринкса). Це характерно для голосних заднього ряду. Проте подекуди спинка язика може спрямовуватися до м'якого піднебіння або межі з твердим, що зближує [a] із середньорядними голосними. Це підтверджує думку, що [a] в українській мові має проміжну артикуляцію, яка коливається між глибоко заднім і до межі з середнім/центральною рядом, залежно від індивідуальних особливостей мовця [41, с. 120].

Згідно з основними артикуляційними параметрами, [a] є голосним заднього ряду з низьким ступенем підняття язика. Різні погляди висловлювали науковці щодо ступеня підняття язика під час вимови звука. М. Йогансен [18] розглядає [a] як голосний заднього ряду низького підняття. Подібного погляду дотримується М. Наконечний [24], підкреслюючи, що «[a] належить до заднього ряду, не є лабіалізованим, артикулюється вільно, без напруження, і у твердих складах схиляється до нижчого тону, ніж «нормальне [a]», що може мати територіальний або індивідуальний характер». Як зауважує Н. Тоцька [41], розбіжність поглядів дослідників полягає в тому, що перші спроби фонетичного осмислення української літературної мови орієнтувалися переважно на західноукраїнську вимову, де наявна тенденція до фіксації обниження артикуляції [a], що наближається до [ɔ], типового для галицьких говірок. Тоді як М. Йогансен [18] орієнтувався на мовний матеріал східноукраїнської вимови.

Т. Бровченко [3], спираючись на рентгенографічні дослідження, дійшла висновку, що [a] не належить до заднього ряду, а є голосною середнього ряду низького підняття. Як зазначає дослідниця, основна відмінність [a] від задніх голосних [o], [y] полягає в тому, що під час її артикуляції підіймається центральна частина спинки язика, не доходячи до повного підняття, типового для передньорядних голосних. Таким чином, у ряді ознак [a] ближча до середнього, а не до заднього ряду.

У частині джерел [a] також кваліфікують як задньо-середній (тобто ближчий до [ɑ]) звук, проте, як ми вже зазначали вище, багато фонетистів зазначають «світлішу», більш центральну позицію язика, особливо в нейтральному вимовному стандарті [42, с. 49]. Також у праці І. Білодіда [5] бачимо, що він в своєму дослідженні відносить звук [a] до середнього (мішаного) ряду.

Попри існування альтернативних підходів до класифікації, більшість дослідників схиляється до трактування цього звуку як такого, що належить до заднього ряду. У межах нашого дослідження об'єктом спеціального аналізу виступає саме звук [a] з метою перевірки відповідності його акустичних характеристик (насамперед формантних частот) класифікаційним критеріям, які застосовують для визначення його рядової належності. Такий підхід дає змогу здійснити обґрунтовану перевірку загальноприйнятої артикуляційної класифікації шляхом проведення експерименту, що буде висвітлено далі в цій роботі.

Артикуляційна специфіка [a] зумовлена повним розкриттям ротової порожнини, низькою позицією спинки язика та відсутністю напруженості артикуляційних органів. Під час його вимови голосові зв'язки вільно вібрують, створюючи чіткий голосовий тон, без участі шумів. Це відповідає загальноприйнятому визначенню голосних як звуків, що утворюються без перешкод у повітряному потоці, з домінуванням голосового компонента [44, с. 59].

У *«Курсі сучасної української літературної мови»* М. Жовтобрюх та Б. Кулик описують [a] як напружений голосний з яскраво вираженою відкритістю ротової порожнини [11, с. 106]. Це підтверджує його належність до так званих «широких» голосних, що мають максимальну амплітуду відкриття артикуляційного каналу. У роботі Н. Тоцької зазначено, що [a] акустично схарактеризована першою формантою високої частоти порівняно з першими формантами інших голосних, що свідчить про його відкритий характер [41, с. 48]. Така акустична модель є результатом великої резонансної надгортанної порожнини та малої кількості артикуляційних обмежень.

Особливу увагу викликає спостереження за варіативністю звукової реалізації фонемі /a/ залежно від позиції у слові та наголосу. У ненаголошених складах [a] може зазнавати часткової редукції, хоча редукційні процеси в українській мові не є настільки інтенсивними, як у російській [38, с.15]. Проте навіть у таких випадках зберігає основні артикуляційні параметри. Згідно з дослідженнями Г. Циганок, у ненаголошеній позиції [a] дещо зміщується у бік центрального варіанта, що є результатом загальної тенденції до централізації голосних у слабких позиціях [44, с. 60].

У своїй статті Г. Циганок порушує також проблему відсутності єдиної класифікації для всіх звуків, що стосується і голосного [a], оскільки його артикуляційні характеристики не мають перетину з параметрами приголосних. Саме через це артикуляційно-акустичну класифікацію для вокалізму розглядають окремо [44, с. 58-59].

Хоча, зауважимо, що у позиції після твердих передньоязикових приголосних голосний [a] має схожу предорсальну форму язика, тільки кінчик язика не торкається передніх частин верхнього піднебіння. Разом з губними і задньоязиковими приголосними голосний має дорсальну форму язика, а тому це може слугувати основою для спільної класифікації.

Функціонально звук [a] виконує повноцінну складотворчу роль, як і всі голосні української мови. Це означає, що він є основою формування складу. Відомо також, що /a/ є однією з найчастотніших фонем української мови, особливо в системі дієвідмінювання, іменних закінчень та префіксальних морфем. У практиці вимови часто виступає показником відкритого складу, що відповідає фонологічній структурі українських слів.

У фонологічному аспекті [a] функціонує як окрема фонема /a/, яка не має опозицій за огубленістю чи м'якістю, проте перебуває у системному протиставленні з іншими голосними за рядом і ступенем підняття язика. Наприклад, протиставляється фонемі /o/ за ступенем відкритості, а фонемі /i/ – за рядом артикуляції. У роботі за ред. І. Білодіда її класифіковано як широку, тобто таку, що реалізується з максимально відкритим каналом мовлення [5, с. 54].

З погляду акустики, звукова реалізація фонем /a/ має чітко виражені формантні характеристики, які дозволяють віднести її до голосних заднього ряду. Її формантна структура сформована завдяки особливому положенню мовних органів та кореня язика, що зміщується до глотки, створюючи характерну конфігурацію резонаторів. Ця конфігурація сприяє виникненню специфічного спектра частот.

Згідно з даними Н. Тоцької [41], для /a/ характерні такі формантні частоти:  $F1 = 600$  Гц,  $F2 = 1200-1300$  Гц. Значення першої форманти свідчить про значне відкриття ротової порожнини, а отже, вказує на відкритий характер цього голосного. Це дозволяє класифікувати /a/ як одну з найбільш відкритих голосних фонем у вокальній системі. М. Вакуленко [6] подає дещо вищі значення:  $F1 = 820-830$  Гц,  $F2 = 1100$  Гц, а О. Іщенко [15] наводить:  $F1 = 750 \pm 30$  Гц,  $F2 = 1200 \pm 30$  Гц. Важливо зазначити, що всі наведені дослідження були виконані на матеріалі чоловічого мовлення. З огляду на це, у межах нашої роботи ми досліджуємо акустичні характеристики звукової реалізації фонем /a/ на основі жіночого голосу. Це зумовлено тим, що формантна структура голосних значною мірою залежить від довжини голосового тракту, яка у жінок зазвичай коротша, ніж у чоловіків, що спричиняє зсув формантних частот у бік вищих значень. Підтверджують це й низка дослідників. Б. Янг [70] оцінив співвідношення довжин голосових трактів чоловіків до жінок за третьою формантою англійського голосного звука [ʌ] на основі даних Дж. Петерсона і Г. Барні [61] як 0,86, що означає, що голосовий тракт на 14% коротший у жінок порівняно з чоловіками.

Відповідно, результати дослідження, засновані на жіночому голосі, дають змогу точніше відобразити відмінності в реалізації голосної [a] та уникнути потенційної похибки, пов'язаної з універсалізацією даних, отриманих виключно на чоловічому матеріалі мовлення.

Отже, [a] в українській мові є відкритим, задньорядним, неогубленим. Його вимова забезпечена мінімальною артикуляційною напругою, а його акустичні властивості зумовлюють чітке тембральне сприйняття (тобто в надгортанній зоні створюються умови для виразного резонансу) формант.

Функціонально та фонологічно [a] є самостійною одиницею, яку активно використовують в структурі слова й граматичній системі мови. Його детальне вивчення дає змогу не лише краще зрозуміти природу вокалізму української мови, а й удосконалити принципи фонетичної класифікації звуків.

### Висновки до розділу 1

У процесі аналізу артикуляційно-акустичних та функціональних ознак голосних звуків української мови ми встановили, що ці одиниці мають специфічні фізіологічні та акустичні параметри, які вирізняють їх серед інших фонем. Найсуттєвішими ознаками голосних виявлено вільне проходження повітряного струменя крізь мовний канал, домінування тонального компонента над шумовим, а також їх здатність формувати склад як мінімальну одиницю мовлення. Особливу увагу ми приділили формантній природі голосних (F1 і F2), що дозволяє здійснювати їх точне розмежування на основі частотних характеристик.

Під час розгляду класифікації голосних ми виявили, що у сучасній українській мові усталено розрізняють шість голосних фонем: /i/, /и/, /e/, /a/, /o/, /y/. Класифікацію здійснюють на основі таких параметрів, як горизонтальне положення язика (ряд), ступінь підняття (високе – середнє – низьке) та огубленість. Проте окремі фонемі (/a/), демонструють центральну або перехідну артикуляцію, що зумовлює необхідність їх уточненого опису в межах сучасної фонетичної парадигми. Було виявлено, що у різних діалектах та в умовах швидкого темпу мовлення голосні можуть зазнавати незначної редукції, однак в українській мові ці процеси мають обмежений характер.

З огляду на наше подальше дослідження, особливу увагу ми приділили акустико-артикуляційним характеристикам звукової реалізації фонемі /a/, яка функціонує як низький, відкритий, неогублений голосний із характерною позицією язика у центральній частині ротової порожнини. Дослідники підтверджують високу частоту використання цього звука в структурі українських слів, його стабільність у наголошених позиціях, а також мінімальну

редукцію в ненаголошених складах. Це свідчить про значну функціональну навантаженість /a/ в системі вокалізму української мови.

Під час аналізу досліджень українських мовознавців було виявлено відсутність єдиної класифікаційної системи для звуків мовлення, що пояснюється розбіжностями у фізіологічній природі голосних і приголосних. Тому класифікація фонем реалізується окремо для кожного з двох основних типів – вокалізму і консонантизму, з урахуванням специфічних артикуляційно-акустичних ознак.

Здійснене дослідження дало змогу систематизувати теоретичні підходи до опису голосних звуків, а також виявити потребу в подальшому вивченні їх акустичних характеристик, особливо з використанням приладів спектрального аналізу. Перспективним напрямом дослідження є також зіставлення українського вокалізму з системами інших мов для поглиблення типологічного розуміння фонологічної організації голосних.

Окрему увагу в роботі було вирішено приділити жіночому мовленню, зважаючи на те, що більшість наявних акустико-фонетичних досліджень ґрунтується переважно на аналізі чоловічого голосу. Такий підхід не враховує специфіку вокалізму жіночої мовної вибірки, оскільки варіації в довжині голосового тракту істотно впливають на формантні характеристики звуків. У межах цієї роботи особливий акцент зроблено на визначенні середніх значень формант голосного звука [a]. Такий підхід дає змогу не лише виявити загальні тенденції реалізації цього голосного в жіночому голосі, а й простежити його інваріантні та варіативні особливості (щодо віднесеності до ряду тощо).

## **РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗИ**

Розділ 2 зосереджено на теоретичному обґрунтуванні формантного аналізу, який активно застосовують у сфері судово-лінгвістичної експертизи. У межах цього розділу розглянуто місце та значення лінгвістичної експертизи в сучасній криміналістиці, а також проаналізовано роль фоноскопичної експертизи як її окремого напрямку. Особлива увага приділена формантам, як важливим акустичним характеристикам мовлення.

### **2.1. Роль лінгвістичної експертизи в криміналістиці**

Судова експертиза є ключовим елементом в системі правосуддя, і вона безпосередньо залежить від належного нормативно-правового забезпечення [34, с. 58]. Завдяки встановленим чітким правовим рамкам, судові експерти можуть надавати свої висновки, які є вагомими доказами в судовому процесі. Правове регулювання судової експертизи є надзвичайно важливим і забезпечує ефективність та правомірність її проведення, а також гарантує й те, що результати досліджень будуть визнані судом належним чином [37].

Серед видів судової експертизи чільне місце посідає лінгвістична експертиза, яка, на відміну від багатьох інших видів, є досить новою у вітчизняній судовій практиці. Однак, попри на це, вона вже зайняла важливе місце в криміналістиці.

У системі судово-експертної діяльності Міністерства юстиції України цей різновид експертизи сформувався відносно недавно, на початку XXI століття, як відповідь на потребу в аналізі нових типів текстів. Особливістю цього напрямку є використання мовознавчих методів, подібних до тих, що вже тривалий час застосовують в межах авторознавчої експертизи. Остання, як відомо, спрямована насамперед на встановлення особи автора за особливостями його письмового мовлення (ці завдання експерти виконували з початку XX століття) [35].

Питання лінгвістичної експертизи давно перебувають у полі зору як

українських, так і закордонних вчених. Їхні дослідження зосереджені на вдосконаленні методик ідентифікації мовця, а також меж застосування таких експертиз у судовій практиці. У працях Л. В. Ажнюк [1, 2], Т. В. Будко [4], К. Григороса [60], Т. В. Литвин [20], Ф. Нолана [60], Ю. Ф. Прадіда [27], Л. Солана [65], Л. В. Свиридової [35], П. Тієрсьми [66], С. Барреді [48], Р. Родмана, Д. МакАлістера, Д. Бітцера, Л. Сепеди та П. Аббіта [65] та інших фахівців докладно розглянуто як теоретичні засади судово-лінгвістичного аналізу, так і прикладні аспекти застосування експертних методів у криміналістиці.

У науковій літературі представлено чимало підходів до класифікації підвидів лінгвістичних експертиз. Ми зібрали та детально проаналізували класифікації, запропоновані різними науковцями (див. Додаток 5): хто саме і які типи експертиз виділяє, на основі яких критеріїв відбувається розподіл тощо. Такий аналіз дозволяє виявити як спільні риси, так і відмінності між підходами різних авторів, а також окреслити найпоширеніші критерії класифікації (за об'єктом, метою, рівнем мовного аналізу тощо).

Практика науково-дослідних судових інститутів Міністерства юстиції та центрів МВС свідчить про те, що лінгвістична експертиза нині, в умовах стрімкого розвитку цифрових технологій, активного використання соціальних мереж та, особливо, з початком повномасштабного вторгнення, є одним з складних і відповідальних видів досліджень. Водночас вона залишається однією з найбільш затребуваних у зв'язку зі зростанням кількості справ, пов'язаних із погрозами, масовими замінуваннями, кібербулінгом і розповсюдженням фейкової інформації [44; 77].

Лінгвістична експертиза є міждисциплінарною галуззю, що поєднує лінгвістичні знання з методами криміналістики. Це «дослідження тексту, за результатом якого експерт надає письмовий висновок з питань, вирішення яких вимагає застосування спеціальних лінгвістичних знань з метою встановлення мовних фактів, що мають значення, як судові докази» [75]. Вона спирається на досягнення мовознавства, психолінгвістики, соціолінгвістики, стилістики та інших лінгвістичних дисциплін. У криміналістичному контексті вона інтегрує

методи цих наук із криміналістичними підходами. Ця галузь експертних досліджень має міждисциплінарний характер, що дозволяє всебічно аналізувати мовні матеріали.

Сьогодні термін *«лінгвістична експертиза»* трактують у двох основних підходах – вузькому та широкому. У вузькому розумінні – це переважно про використання мовознавчого аналізу в межах правової сфери. Наприклад, під час судових розслідувань чи правових спорів [10; 7; 20; 27]. Натомість широке трактування передбачає застосування лінгвістичного аналізу текстів і в інших галузях, тих, які не пов'язані напряму з юриспруденцією. У такому випадку результати експертизи можуть бути оформлені як консультативний висновок, що використовується у найрізноманітніших сферах [1; 2; 4].

Деякі дослідники [35] ототожнюють лінгвістичну експертизу з авторознавчою, однак більшість науковців схиляється до того, що вона виступає самостійним видом дослідження [20; 1; 7]. Також подекуди зустрічаємо думку й про те, що лінгвістична експертиза охоплює авторознавчу експертизу, але її зміст є значно ширшим, адже включає вирішення ширшого спектра питань.

Л. Ажнюк зауважує, що *«лінгвістична експертиза – це спеціалізоване мовознавче дослідження текстових матеріалів, інших мовних об'єктів, а також невербальних засобів комунікації, які в поєднанні з вербальними генерують смисли у повідомленні»* [1, с. 3].

Зустрічаємо й таке визначення, що *судова лінгвістична експертиза – це «перевірка істинності / хибності (категоричні висновки), можливості / неможливості (модальні позитивні та негативні висновки) висловлювань про предмет дослідження, які впливають з питань, поставлених перед експертом».*

Як можемо зазначити, у науковій літературі термін *«лінгвістична експертиза тексту»* трактується неоднозначно, що зумовлено міждисциплінарним характером цієї галузі знань. У межах нашого дослідження, враховуючи чинні підходи, ми дотримуємося узагальненого розуміння цього явища. Під *«лінгвістичною експертизою»* тексту ми розуміємо дослідження, яке проводиться експертом для надання письмового висновку щодо мовних характеристик або ознак тексту, які мають значення для встановлення фактів у

межах кримінальних, адміністративних або цивільних проваджень.

Цей вид експертизи нині має велике значення для правозастосовної діяльності, оскільки він допомагає встановити правду в ситуаціях, де мова та текст є важливими доказами. Лінгвістична експертиза дозволяє не лише з'ясувати авторство тексту, а й визначити його правдивість, тональність, потенційно агресивні або маніпулятивні елементи, що може бути вирішальним для справи в кримінальному провадженні.

З огляду на це, значення лінгвістичної експертизи буде тільки зростати у майбутньому, оскільки з кожним роком у правовій сфері з'являються нові виклики, пов'язані з розвитком технологій, соціальних мереж і змін в мовній практиці. Тому важливо продовжувати удосконалення методів і підходів до лінгвістичних досліджень, щоб забезпечити точність, ефективність та справедливість судових процесів в кримінальних провадженнях.

Крім того, ми вважаємо, що слід виділяти лінгвістичну експертизу як окрему галузь експертного дослідження, а не лише як складову частину криміналістичної. Також на це вказують і науковці. Д. Сизонов та Л. Шевченко у своїй праці [21, с. 141], де зауважують, що «лінгвістична експертиза за своєю суттю має бути окремим типом аналітичної ідентифікації тексту з самостійною предметністю, фаховими методами аналізу та аргументацією». Це дозволить значно підвищити її значення та роль у правосудді, оскільки лінгвістичні аспекти можуть бути вирішальними для встановлення істини в багатьох сферах, не обмежуючись лише кримінальними. Така автономність допоможе вдосконалювати методи та технології з урахуванням нових викликів, що постають у зв'язку зі стрімким розвитком цифрових технологій, соціальних мереж та нових форм комунікації.

## **2.2. Фоноскопична експертиза (відео-, та звукозапису) як підвид криміналістичної експертизи**

Голос і мовлення людини здавна відігравали важливу роль у розкритті злочинів та викритті правопорушників. Ще з давніх-давен свідчення очевидців, які впізнавали підозрюваного за голосом чи характером мовлення, розглядалися

як вагомі докази у судовому процесі. У часи, коли не було жодних технологічних засобів, які б могли допомогти в ідентифікації особи, голос виявлявся важливим інструментом, який розглядали як «унікальну біометричну систему, засновану на звуковому складі мовлення, який включає різні частоти й амплітуди [29]».

Акустичні характеристики голосу слугують важливим джерелом для виявлення індивідуальних ознак мовлення. До таких характеристик належать спектральна структура звукового сигналу, його часові параметри, а також інші особливості, притаманні кожній людині. Оскільки голос є унікальним для кожної людини та дозволяє виявити характерні особливості, що відрізняють її від інших, він може ефективно застосовуватись як засіб надійної ідентифікації та аутентифікації особи в системах розпізнавання.

Сьогодні, з розвитком науки, аналіз голосу став ще точнішим завдяки розвитку судової експертизи та нових методів, передусім й технологій штучного інтелекту. Ці методи дозволяють не лише ідентифікувати особу за унікальними характеристиками голосу, а й розпізнавати можливі ознаки емоційного стану, ознаки алкогольного сп'яніння тощо. Ця галузь експертної діяльності набуває особливої уваги в умовах зростання кількості правопорушень, пов'язаних із використанням звукозаписувальної техніки.

Одним із підвидів криміналістичної експертизи є експертиза відео-, звукозапису (фоноскопічна). «У рамках якої здійснюється ідентифікація диктора за параметрами усної мови, ідентифікація апаратури, за допомогою якої здійснено запис (визначення, чи є запис оригінальним), та виявлення ознак монтажу записів [80]».

Яскравим прикладом застосування фоноскопічної експертизи у кримінальних розслідуваннях є справа Джона Хамбла, який у 1979 році надіслав до поліції фальшиві листи й аудіокасету, видаючи себе за Йоркширського різника. Хоча тоді правоохоронцям не вдалося встановити особу мовця, фонетик Стенлі Елліс з високою точністю локалізував його акцент до кількох районів міста Сандерленда на північному сході Англії, однак цього було недостатньо для затримання. Лише у 2005 році, під час перегляду справи з

використанням сучасних ДНК-тестів, поліції вдалося ідентифікувати Хамбла, а під час допиту його змусили зачитати текст із касети для порівняння голосу. Ця справа демонструє значущість фоноскопичної експертизи як допоміжного інструменту в криміналістиці: всупереч скепсису слідчих на той час, висновки фонетистів виявилися надзвичайно точними й згодом підтвердженими науково та судово [58, с. 6].

У наш час ця експертиза є важливим інструментом криміналістики, що дозволяє встановити особу мовця за аудіозаписом, який містить його голос. Цей метод широко використовують у розслідуванні злочинів, таких як шпигунство, шантаж, погрози, терористичні змови, замінування тощо. Також його застосовують і в цивільних справах.

Експертиза відео-, звукозапису складається з трьох основних напрямів:

- технічне дослідження матеріалів та засобів відео-, звукозапису;
- дослідження диктора за фізичними параметрами усного мовлення; акустичних сигналів та середовищ;
- лінгвістичне дослідження усного мовлення.

Предметом цієї експертизи виступають «фактичні дані, які мають значення для досудового розслідування та розгляду справ у судах та зафіксовані у відео-, звукозаписах» [73].

Види досліджень, що проводяться під час експертизи відео-, звукозапису, є різноманітними та містять кілька основних напрямків:

1. Ідентифікаційні дослідження голосу та мовлення людини. Це дослідження, що дозволяє встановити індивідуальну та групову тотожність осіб шляхом порівняння їхніх голосів на досліджуваних зразках. *Наприклад, у справі, пов'язаній з погрозами чи замінуваннями, експерт може порівняти запис голосу підозрюваного з попередніми зразками його голосу, щоб підтвердити або спростувати його причетність до тієї чи іншої справи.* **Орієнтовні питання експерту:** Чи можна ототожнити голос і мовлення, зафіксовані у фонограмі/відеофонограмі з файлу під назвою (назва файлу), розміщеного

в папці (назва папки) на носії (назва та ідентифікаційні дані носія), з громадянином «А»? Чи належать голос і мовлення, зафіксовані у вказаному аудіо- чи відеофайлі, одній і тій самій особі, чи вони належать різним особам? [74].

2. Діагностичні дослідження голосу та мовлення людини. Це дослідження, яке дозволяє встановити певні ознаки голосу та мовлення особи на наявність ознак емоційного стану (стресу, агресії тощо), фізіологічних особливостей (хвороби горла чи голосових зв'язок), а також інших деталей, що можуть бути важливими у визначенні особи або її стану на момент запису. *Наприклад, під час розслідування випадку домашнього насильства експерт проводить експертизу аудіозапису з метою виявлення того, чи є в голосі потерпілої ознаки страху або стресу, що може бути використано як вагомий доказ у справі.* **Орієнтовні питання експерту:** Чи є мовлення, записане у цьому файлі, спонтанним і непередбаченим, чи воно має ознаки попередньої підготовки (завченості)? Чи є в мовленні риси, які свідчать про те, що особа читає текст? [74].
3. Дослідження пристроїв звуко- та відеозапису. Це дослідження стосується встановлення технічних умов і технологій отримання запису. *Наприклад, експерти можуть з'ясувати, чи було відео або аудіо змонтовано, чи зазнало воно змін; який пристрій використовувався для запису тощо.* Таке дослідження дозволяє з'ясувати, чи запис є автентичним чи підробленим. У випадках, коли запис фіксує злочин чи правопорушення, такий аналіз є важливим для підтвердження доказів або їх спростування. **Орієнтовні питання експерту:** Чи містить фонограма/відеофонограма/відеограма файлу з назвою (назва файлу), що зберігається у папці (назва папки) на носії (назва та ідентифікаційні дані носія), ознаки технічного втручання або монтажу? Чи зазнавала змін фонограма/відеофонограма/відеограма файлу з назвою (назва файлу) у папці з назвою (назва папки), що міститься на носії (назва носія (ідентифікаційні позначення носія))? [74].

4. Ідентифікаційні та діагностичні дослідження звукового середовища. Це дослідження дозволяє встановити тотожність та характеристику звукового середовища за ознаками досліджуваного об'єкта. *Наприклад, у випадку телефонного шахрайства, експерти можуть встановити приблизне місце, де був зроблений запис, і чи є на ньому специфічні звуки, які можуть допомогти у розслідуванні (виявлення шуму на фоні, що вказує на певну локацію, або використання специфічних технологій звукового запису (ШІ)).* **Орієнтовні питання експерту:** У якому середовищі здійснено запис фонограми файлу з назвою (назва файлу), що міститься в папці (назва папки) на носії (назва та ідентифікаційні позначення носія): у приміщенні чи на відкритому просторі? Яка тривалість зафіксованих у цій фонограмі звукових явищ (із зазначенням їх характеру та типу)? [74].

Для того, щоб провести експертизу з метою ідентифікації особи, експерту надають зразки голосу та мовлення підозрюваного. Зразки голосу мають бути записані за допомогою якісної техніки з чітким і стабільним рівнем звуку, щоб забезпечити точність ідентифікації. Важливо, щоб зразки мови були створені в умовах, які максимально точно відповідають ситуації запису, тобто вони повинні мати мовну відповідність із мовленням/розмовою, яку досліджує експерт [8].

Київський науково-дослідний інститут судових експертиз зазначає, що «за копіями записів, без наявності їх оригіналів, встановити автентичність записів експертними методами, як правило, неможливо [73]». Ця думка співзвучна і з вимогами Луганського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України [74], де зазначається, що «недотримання хоча б деяких із зазначених вище вимог до відбору зразків голосу та мовлення особи, стосовно якої ініціюється питання ідентифікації, значно обмежує можливості експертизи відео-, звукозапису або і взагалі унеможлиблює її проведення».

Запис зразків повинен містити достатній обсяг мовлення для того, щоб експерт зміг провести ґрунтовний аналіз. Зазвичай для цього потрібно записати хоча б 10 хвилин розмови без значних пауз, що дозволить отримати повноцінні

дані для порівняння, оскільки почасти за короткими записами це зробити неможливо через брак достатньої кількості інформації для порівняння. Також важливим аспектом тут слугує і відсутність сторонніх шумів, перешкод, накладання голосів у записах, адже це також суттєво впливає на якість і точність аналізу.

Загалом виділяють **три типи зразків**: експериментальні, вільні та умовно-вільні [74]:

- **Експериментальні зразки** отримують шляхом проведення спеціальних експериментів, де особа усвідомлено надає зразки мовлення в умовах, які максимально наближені до тих, що є в судовому розслідуванні. Наприклад, особу, яка підозрюється у вчиненні замінування кафе, просять повторити певний набір фраз або слів, які звучали в наданому для експертизи файлі з метою подальшого порівняння.
- **Вільні зразки** особа надає добровільно або ж їх беруть з повсякденних ситуацій, коли підозрювана особа говорить максимально природно, без впливу з боку слідчих чи експертів. Вільними зразками можуть бути записи телефонних розмов, голосових повідомлень або інші аудіо- та відеозаписи, які були зроблені до початку розслідування, проте містять необхідну інформацію для ідентифікації мовця.
- **Умовно-вільні зразки** можуть бути отримані під час допиту слідчих, де підозрювана особа не зобов'язана повторювати точно такі ж фрази та слова, як в записі, поданому на аналіз, але має дати певні свідчення, які надалі експерт використає для порівняння. Однак, на відміну від вільних зразків, у цьому випадку слідчі та експерти встановлюють певні умови для відбору інформації.

Власне сама галузь судової фонетики складається з двох основних елементів. Один із них передбачає аналіз (зазвичай акустичний) мовних сигналів, які були передані та збережені; інший стосується аналізу самих комунікативних актів [53]. Перша сфера охоплює підвищення розбірливості, декодування мовлення (включно з точністю транскриптів), автентифікацію

записів тощо. Тоді як друга сфера охоплює такі питання, як розпізнавання мовців за голосами, ідентифікація емоційного чи психологічного стану мовця та аналіз мовлення на предмет виявлення ознак обману.

У межах нашої роботи зупинимося детальніше на другій сфері, на напрямі дослідження диктора за фізичними параметрами усного мовлення, де детально розберемо використання формант, як ключових параметрів у процесі ідентифікації диктора.

### **2.3. Форманти як ключові параметри ідентифікації особи**

Фонетичний портрет кожної людини вирізняється унікальним поєднанням артикуляційних, акустичних та просодичних характеристик, що зумовлені як анатомічною будовою голосового апарату, так і сформованими звичками мовлення, пов'язаними з мовною практикою. Ці індивідуальні риси особливо виразно проявлені на рівні акустичної реалізації голосних звуків, які, завдяки своїй стабільній спектральній структурі, відіграють ключову роль в ідентифікації мовця [72].

Саме тому основою нашого дослідження є формантний аналіз мовлення, який ґрунтується на вивченні акустичних характеристик голосних звуків. Переважно голосні виступають ключовими маркерами для ідентифікації мовця, оскільки вирізняються спектральною стабільністю та високою інформативністю в контексті акустичних параметрів. У спектрограмному зображенні голосні демонструють впорядковану послідовність частотних піків, відомих як форманти.

Варто зазначити, що в науковій літературі спостерігаємо відсутність єдиної термінологічної інтерпретації й підходів до формантного аналізу, що зумовлює різноспрямовані трактування самого поняття та його методологічних засад. Це питання стало предметом уваги багатьох українських та закордонних дослідників таких як *М. Вакуленко [6]*, *Г. Голлієн [53]*, *М. Житіс [63]*, *О. Іщенко [15; 16; 17]*, *Т. Міщенко [23]*, *Б. Помпіно-Маршалл [63]*, *О. Стеріополо [36;63]*, *Н. Тоцька [41; 42]*, *Н. Альмаадід [47]* та ін., що свідчить про його актуальність і складність. У нашій роботі, враховуючи чинні наукові позиції, ми прагнемо

комплексно осмислити це явище на матеріалі жіночого мовлення, застосовуючи інструменти сучасного акустико-фонетичного аналізу.

Насамперед різнотрактування пов'язане з неоднозначністю самого поняття «форманта», що ускладнює його визначення в межах фонетичної теорії. Як зауважує Н. Тоцька, «форманта – це область посилення частот (або інакше – область концентрації звукової енергії)» [41, с. 19], однак таке тлумачення піддає критиці М. Вакуленко [6, с. 158], оскільки, на його думку, це формулювання «не має фізичного змісту», оскільки ототожнює форманту з частотою або її діапазоном, що є принципово різними поняттями. Сам дослідник пропонує таке поняття (яке насправді частково співзвучне із визначенням Н. Тоцької): «форманта – це мода звукової хвилі (обертон), яка потрапляє в зону резонансу і дає істотний внесок в утворення даного звука мовлення» [6, с. 158], що також не можна вважати єдиним або універсальним підходом до розуміння природи формант. Адже в спектрі є ще нульова форманта, тобто ЧОТ. І це теж концентрація енергії у спектрі.

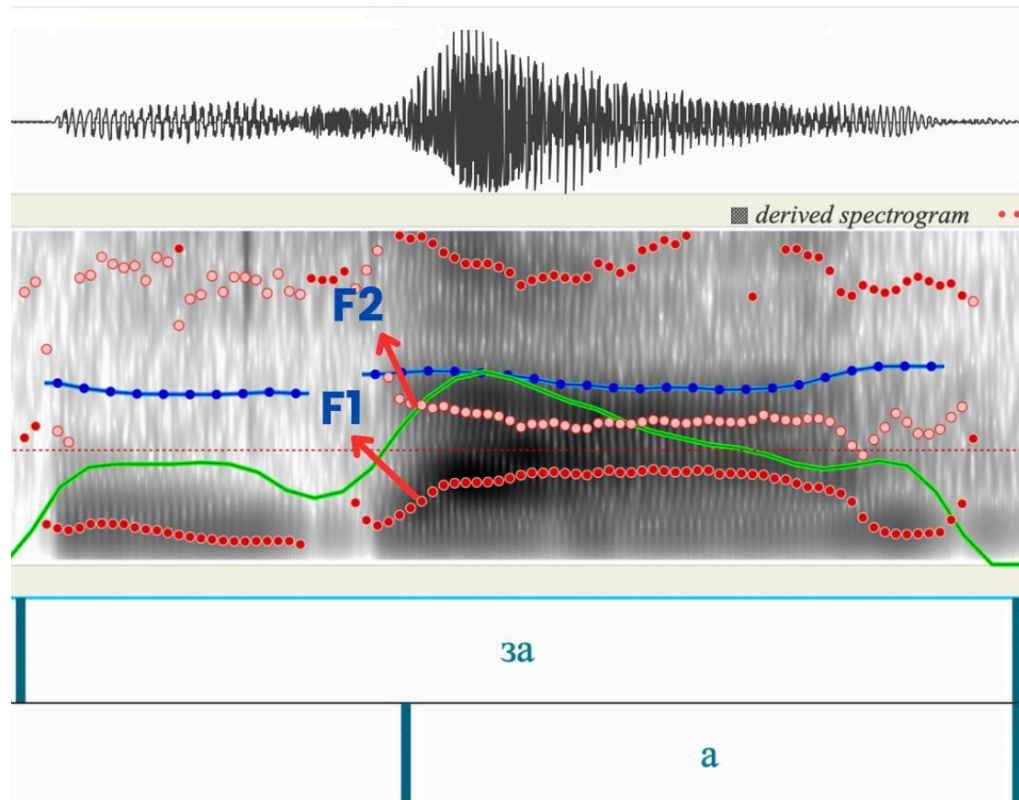
На нашу думку, більш точне визначення наведене в дослідниці Л. Златоустової, яка запропонувала розглядати форманти крізь призму акустичної енергії: «форманта – це зона максимальної концентрації енергії складових тонів спектра» [14, с. 11]. З таким твердженням погоджується й О. Іщенко [16], підкреслюючи, що саме енергетична структура спектра є ключовою для ідентифікації формантної організації голосних. Варто зазначити, що дослідження Н. Тоцької проводилися в умовах обмежених технічних можливостей, без високоточних цифрових інструментів аналізу мовлення, таких як сучасне програмне забезпечення (наприклад, PRAAT [82], Speech Analyzer [88] тощо), що певним чином вплинуло як на точність отриманих результатів, так і на глибину інтерпретації спектральних характеристик.

Загалом дослідники виділяють п'ять основних формант, однак для ідентифікації голосних найважливішими вважають першу і другу, оскільки саме вони найбільш тісно корелюють з артикуляційними параметрами. Хоча роль третьої та четвертої формант (F3, F4) у формуванні мовленнєвого сигналу залишається недостатньо детально описаною в науковій літературі, наявні

дослідження вказують на їхній тісний зв'язок із резонансними властивостями гортанної порожнини. Як зазначає Г. Фант, саме ці форманти «найбільшою мірою зумовлюються резонансом гортані» [46, с.124]. Зазначимо, що саме Г. Фант першим почав вивчати акустичний спектр і джерела звуків мовлення.

Як зауважує дослідник Ф. Роуз [65, с. 237], форманти у вищому частотному діапазоні (F3 і вище) краще відображають індивідуальні особливості мовця, ніж форманти у нижньому. Третя форманта є надійним індикатором довжини голосового тракту, а отже й загальних фізичних параметрів людини, тоді як четверта і п'ята можуть свідчити про специфіку голосової якості. Такі акустичні характеристики мають потенційно високу цінність для судово-фонетичної експертизи. Однак на практиці їхнє точне визначення часто ускладнене низькою якістю аудіозаписів, що істотно знижує можливості аналізу.

На спектрограмі, наведеній нижче (Див. Мал. 2.1), представлено приклад акустичного аналізу голосного [a] у слові *за*, де чітко простежуємо траєкторії основних формант.



**Мал. 2.1.** Спектрограма слова *за* з виділеними формантами голосного [a]: F1 (перша форманта) та F2 (друга форманта). Червоні точки – автоматично визначені

значення формант. Ілюстрація створена за допомогою програмного забезпечення PRAAT [82].

Відповідно перша форманта корелює із висотою підняття язика в ротовій порожнині, тобто зі ступенем відкритості голосного. Чим вище розташований язик, тим нижче значення F1, і навпаки – при відкритих голосних, коли язик опущений (наприклад, у звукові [a]), F1 зростає. Друга форманта пов'язана насамперед із положенням язика в горизонтальній площині, тобто з його просуванням вперед або назад. Передні голосні (наприклад, [i], [e]) мають вищі значення F2, а задні голосні (як-от [y], [o]) – нижчі. І що найважливіше – ці характеристики унікальні для кожної людини завдяки індивідуальним особливостям будови артикуляційного апарату, і досить стабільні, щоб використовувати їх для ідентифікації. Наприклад, звук [i], який є голосним переднього ряду з високим підняттям, має низьке значення F1 і високе значення F2, тоді як [a] – голосний заднього ряду низького підняття – демонструє високе значення F1 та низьке значення F2 [42, с. 57-60].

Для аналізу акустичних параметрів використовують спектрографи, які дозволяють отримати графічне зображення звукових хвиль, що відображають частоти й амплітуди різних елементів звука. Ці інструменти дозволяють визначити точні характеристики кожного голосного звука, таких як його інтенсивність, тривалість, частоти першої та другої формант тощо. Такий аналіз дає змогу вивчати деталі в артикуляції голосних, а також вплив на їх акустичні параметри контексту, наголосу чи змін у швидкості мовлення. Всі ці технології сприяють розвитку лінгвістичних досліджень, дозволяючи точніше відтворювати та аналізувати особливості вимови голосних в різних умовах, а також застосовувати ці знання для покращення технологій розпізнавання мови, в автоматизованих системах, які працюють з мовленнєвими даними [9].

Варто зазначити, що першою спробою використання методу спектрографування в українській експериментальній фонетиці вважають дослідження Н. Тоцької, яка ще у 1969 році здійснила спектрографування українських голосних. Її робота й започаткувала практику інструментального

аналізу мовних одиниць за допомогою спектрограм. Згодом цей підхід набув динамічного розвитку, який можемо простежити в дослідженнях О. Іщенка, М. Вакуленка тощо. Саме науковий доробок Н. Тоцької став підґрунтям для сучасного експериментально-фонетичного аналізу української мови, в якому значну увагу приділяють передусім акустичним характеристикам звуків.

#### **2.4. Методологія формантного аналізу в експертній практиці**

Як ми вже зазначили вище, у судовій експертизі форманти є важливими інструментами для порівняння голосових записів, що дозволяють здійснювати ідентифікацію особи на основі акустичних характеристик голосу. У поєднанні з іншими перцептивними параметрами, такими як тембр, ритміка, паузація тощо, аналіз формант надає експертам можливість інструментально порівнювати голоси на різних записах та визначати їхню ідентичність. Тому формантний аналіз є одним з основних методів для порівняння голосових записів, що допомагає визначити, чи належить голос на одному записі тій самій особі, що й на іншому.

А втім, варто зазначити, що відповідна методика, яка регулює проведення формантного аналізу, не зареєстрована у Міністерстві юстиції України, як зауважує С. Ханін [72]. Наразі зареєстровано лише методичні рекомендації, що не мають обов'язкового нормативного статусу. Це створює низку юридичних та процедурних колізій при офіційному використанні результатів такого аналізу в межах судового процесу. У цьому контексті особливої актуальності набуває наше дослідження, адже воно не лише поглиблює наукове розуміння акустичної природи голосних, а й може слугувати основою для розроблення певної методологічної бази для формантного аналізу, що надалі може бути впроваджена в судово-експертну практику.

Варто звернути увагу на дослідження С. Коваля [57, с. 127], який пише, що коли формантний аналіз використовували досвідчені експерти для кількох сотень реальних експертиз, жодного хибного рішення зафіксовано не було, що підтверджує високу надійність формантного аналізу як інструменту для ідентифікації мовця навіть у складних умовах. Автор підкреслює, що в умовах

низької якості запису, короткої тривалості мовного матеріалу, шумового фону або навіть різних мов, зіставлення формант залишається одним з найбільш стійких методів, здатних забезпечити експерту обґрунтовані висновки.

Процес аналізу голосових записів за допомогою формант включає декілька етапів. Першим етапом є збір голосових записів, що підлягають аналізу. Записи можуть бути отримані з різних джерел, наприклад, із телефонних дзвінків, записів переговорів, радіоперехоплень тощо. Також до цього етапу входить і підготовка звукового матеріалу, що має на меті очищення запису від шумів та інших акустичних перешкод, які можуть спотворити результати дослідження.

Наступним етапом є сегментація мовного сигналу, яка полягає у виділенні голосних звуків, що найкраще підходять для формантного аналізу. Експерти обирають для аналізу сталі ділянки голосних, уникаючи перехідних процесів, де формантна картина може бути нестабільною. Частоти формант зазвичай вимірюють у певний момент всередині сталого відрізка голосного» [82]. Найчастіше для аналізу використовують наголошені голосні, оскільки вони мають більшу тривалість і енергетичну насиченість, а також менше піддаються впливу сусідніх звуків.

Після сегментації здійснюють безпосередньо формантний аналіз, який передбачає вимірювання частотних характеристик перших двох або більше формант, а також значення частоти основного тону (ЧОТ). Для визначення формантних частот використовують спеціалізовані програмні забезпечення такі як PRAAT [82], що дозволяють візуалізувати спектрограму мовного сигналу та автоматично вимірювати параметри формант.

Наступним етапом є порівняння формант, отриманих з різних записів. Порівнюючи значення F1 та F2, експерти можуть визначити ступінь подібності між голосами, що дозволяє зробити висновок про їх ідентичність. Дослідники зауважують, що одне точкове вимірювання може не відобразити реальну акустичну картину, а тому слід робити декілька вимірювань задля фіксації варіацій формант у межах голосного [68, с. 265]. При цьому враховують не лише абсолютні значення формантних частот, але й характер їх розподілу на

формантній площині (простір F1-F2), формантні «трикутники» або «багатокутники», що відображають специфіку артикуляційної бази мовця.

Завершальним етапом є формулювання висновку, на основі якого експерти можуть дати оцінку тому, чи належать два або більше записів одній і тій самій особі. Висновок може бути використаний як доказ у судовому процесі для підтвердження або спростування причетності певної особи до певних подій або дій.

Один з основних факторів, що ускладнює аналіз – це якість аудіозаписів. Низька якість запису, пояснювана фоновими шумами, спотворенням звука або використанням неякісного обладнання для запису, може значно вплинути на точність вимірювань формант. Крім того, незначні дефекти в аудіо можуть спотворити результати, оскільки навіть невеликі зміни в частотних характеристиках можуть бути критичними для ідентифікації голосу [50].

Іншим важливим фактором є вплив зовнішніх чинників на голос [53]. Емоційний стан мовця, фізичний стан здоров'я (застуда, хвороби горла або зміни голосу через стрес) можуть призвести до значних змін у звучанні голосу. Ці зміни можуть бути настільки помітними, що важко буде точно порівняти голоси, записані в різних умовах або в різні періоди часу. Наприклад, голос може бути більш хриплим або менш чітким під час хвороби, або ж може звучати напружено у стресових ситуаціях, що також вплине на результати аналізу формант.

Окрім того, технологічні обмеження програмного забезпечення, що використовують для аналізу формант, також можуть становити проблему. Багато програм, таких як Sive Base [89], PRAAT [82] тощо мають свої обмеження в обробці певних частот, особливо високочастотних складових спектра. Це може призвести до помилок або неточностей у вимірюванні формант, особливо якщо певні частоти не обробляються належним чином або не можуть бути точно виміряні. Додаткову складність становить те, що більшість таких програмних засобів первинно розробляли та тестували на мовному матеріалі литовської, англійської або інших мов, структура яких відрізняється від української за низкою артикуляційних і акустичних ознак. У зв'язку з цим виникає

необхідність адаптації інструментів аналізу до специфіки української мови, що додатково підкреслює актуальність і новизну проведеного дослідження.

Однак, як зазначає С. Ханін [72], завдяки постійному розвитку технологій фоноскопії та вдосконаленню програмного забезпечення, можливості аналізу формант поступово стають все більш точними та надійними.

Таким чином, хоча аналіз формант є ефективним інструментом для ідентифікації особи в судовій експертизі, його точність і результативність значною мірою залежать від якості вихідних даних, умов запису та технологічних можливостей. Надійність цього аналізу вимагає постійного вдосконалення як апаратного, так і програмного забезпечення, а також врахування можливих зовнішніх факторів, які можуть впливати на голос мовця.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі ми розглянули основні теоретичні та прикладні аспекти формантного аналізу як складової частини судово-лінгвістичної експертизи. Ми проаналізували місце й роль лінгвістичної експертизи у криміналістиці, її значення для встановлення істини в судовому процесі, а також зосередили увагу на фоноскопичній експертизі відео- та звукозаписів як окремому підвиді криміналістичної експертизи, що дозволяє здійснювати акустичну ідентифікацію мовця за особливостями його голосу.

Особливий акцент зробили саме на формантному аналізі як одному з важливих методів ідентифікації особи в експертній практиці, який дає змогу провести порівняння голосових записів та визначити, чи належать вони одній і тій самій людині. Вивчення акустичних характеристик голосних звуків української мови дозволяє створити детальну картину того, як ці звуки розрізняють за акустичними параметрами (за частотами основних формант F1 та F2 тощо).

Проте цей аналіз, хоча і є дуже потужним, має свої обмеження. Одним з основних факторів, що можуть впливати на точність аналізу, є якість запису. Фонові шуми, спотворення звука чи використання низькоякісної техніки запису

можуть суттєво знизити точність визначення формант і ускладнити порівняння голосових зразків.

Однак, попри згадані труднощі, формантний аналіз залишається потужним і перспективним інструментом у сфері фоноскопичної експертизи. Надалі його розвиток та вдосконалення потребує системної адаптації до особливостей саме української мови, покращення технічного забезпечення та розроблення нормативно затверджених методичних рекомендацій.

З огляду на це, важливо продовжувати дослідження та вдосконалення методик формантного аналізу, щоб мінімізувати можливі помилки та підвищити точність і надійність експертних висновків в межах кримінального чи цивільного провадження.

## **РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ КОРПУСУ ДЛЯ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ ГОЛОСНИХ ЗВУКІВ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ**

Цей розділ присвячений процесу створення корпусу аудіозаписів для подальшого аналізу формантних характеристик голосних звуків української мови, а також форматної структури звукових реалізацій фонемі /a/. У ньому описано методику збору аудіоданих, критерії вибору респондентів, а також особливості використання програмного забезпечення PRAAT [82] для обробки й аналізу отриманих даних.

### **3.1. Методика збору аудіозаписів для аналізу формант**

Створення корпусу – це досить складний процес, який потребує ретельної підготовки. Як зазначає Г. Ліч [59], щоб почати отримувати будь-які результати, необхідно виконати значну підготовчу роботу. Відповідно корпус – це велика електронна база текстів або мовних даних, зібраних для аналізу мови.

Загалом за типом мовних даних корпуси поділяють на корпуси писемного, усного мовлення та змішаного типу. Корпуси усного мовлення – це спеціально сформовані збірки відібраних мовних фрагментів – слів, фраз чи речень, озвучених великою кількістю мовців у різноманітних звукових умовах [66, с. 126.]

Ключовим етапом у формуванні корпусу усного мовлення є збір аудіозаписів, необхідних для аналізу. Для створення репрезентативного корпусу аудіозаписів голосних звуків української мови ми застосували методологічний підхід, який спирається на сучасні науково-методичні засади акустичної фонетики. Ми використали досвід та теоретичні підходи, запропоновані українськими дослідниками О. Іщенком [15] та Н. Тоцькою [42], а також провідними іноземними студіями [54; 56], які здійснювали інструментальний аналіз вокальних характеристик із застосуванням програмних засобів, таких як PRAAT [82].

Список слів для запису, укладений науковим керівником дослідження Зоєю Дудник (див. Додаток 2), охоплював усі шість голосних фонем української

мови – /a/, /o/, /y/, /e/, /и/, /і/. Добір слів здійснювався з урахуванням кількох параметрів: а) позиція голосної у слові – початкова, середня або кінцева; б) наголошеність – голосна у наголошеному чи ненаголошеному складі; в) тип фонетичного оточення – з урахуванням класифікації сусідніх приголосних за способом творення (сонорні, шиплячі тощо) та м'якістю/твердістю.

У цьому контексті важливою теоретичною основою слугували положення, викладені у праці Н. Тоцької, де вона детально схарактеризувала особливості реалізації голосних фонем української мови в позиціях перед і після приголосних різних типів. Дослідниця підкреслює, що акустичні характеристики голосного, передусім частоти перших двох формант, можуть змінюватися залежно від артикуляційних властивостей сусідніх приголосних. Наприклад, під впливом губних приголосних артикуляція /a/ дещо змінюється в напрямку зниження другої форманти. Те ж саме стосується й впливу шиплячих [42].

Г. Голлієн зазначає, що для ефективного формантного аналізу необхідно забезпечити записи з мінімальним рівнем сторонніх шумів та стабільним рівнем сигналу [53]. Це обумовлено тим, що наявність шумів може суттєво впливати на точність визначення частот формант, зокрема першої та другої, які є ключовими у фонетичному аналізі голосних.

У межах нашого дослідження ці вимоги були враховані ще на етапі збору експериментального матеріалу. Перед початком запису диктори отримували інструкції щодо темпу, чіткості вимови, відсутності фонових шумів та необхідності робити невелику паузу між словами у процесі їх вимовляння.

Переважну частину записів ми записали в ізольованому, тихому приміщенні, з використанням високоякісного мікрофонного обладнання Воуа ВУ-М1. Технічні характеристики мікрофона: діапазон частот від 65 Гц до 18 кГц. Чутливість мікрофона:  $-30 \text{ дБ} \pm 3 \text{ дБ}$  (при  $0 \text{ дБ} = 1 \text{ V/Pa}$ ,  $1 \text{ кГц}$ ), що забезпечило оптимальний баланс між чіткістю запису артикуляційних особливостей та мінімізацією фонового шуму.

Також диктори робили записи в домашніх умовах за допомогою вбудованого диктофона у смартфонах різних моделей. У таких випадках вони

дотримувалися основних технічних вимог: тихе приміщення, відсутність фонових шумів, розміщення мікрофона на відстані 15-20 см від рота, стабільний темп і чітка артикуляція. Це було критично важливим у контексті нашого дослідження, оскільки дотримання технічних умов створює надійне підґрунтя для точної формантної характеристики.

Відповідно кожне слово диктори відмовляли ізольовано із чіткою артикуляцією. Деякі аудіофайли містять повний набір усіх запланованих звуків, інші – лише окремі одиниці (наприклад, [а] чи [у]), що пов'язано з технічними умовами дикторів. Середня тривалість аудіофайлів з усіма вимовленими звуками – 30 хв, з одним звуком – 5 хв. Загалом ми зібрали 29 аудіофайлів (9 годин 12 хвилин мовлення), та створили 22 *TextGrid*-файли (анотації) (Див. Додаток 1).

Диктори, які виконували запис у домашніх умовах, надсилали матеріали у форматі MP4. Далі такі файли ми конвертували у формат WAV для подальшої обробки в програмі PRAAT [82]. Згодом ми здійснили первинну обробку матеріалу: прослухали кожен файл для перевірки якості звуку, відсутності сторонніх шумів (наприклад, фонових голосів, клацань, технічних дефектів тощо). Після обробки всі аудіофайли були перейменовані згідно з уніфікованою схемою найменування, а саме ідентифікатором диктора. Оскільки такий підхід дає змогу організувати матеріал і спростити подальшу автоматизовану обробку, аналіз та пошук необхідних файлів у корпусі.

На завершальному етапі підготовки ми сегментували аудіофайли з метою подальшого акустичного аналізу. Для кожного слова вручну створювали *TextGrid*-файли (анотаційні файли для програми PRAAT [82]), у межах яких здійснювали виділення синтагми – одиниці, яка вичленовується із фрази відповідно до змісту висловлювання [46, с. 71]. За допомогою спектрограм визначали точні межі голосних звуків, орієнтуючись на характерні зміни енергії та інші спектральні показники. У кожному *TextGrid*-файлі було створено три окремі рівні анотації:

1. **Слово** – на цьому рівні маркували слово, яке вимовляв диктор, з фіксацією його початкової та фінальної часової позиції в аудіофайлі.

2. **Звук** – на цьому рівні визначали точні часові межі голосного звука, який був об'єктом аналізу; виділяли голосний у наголошеній позиції, що є важливим з огляду на стабільність його акустичних характеристик.
3. **Примітки** – цей рівень ми використовували для фіксації додаткової інформації (щодо зміщення наголосу та шумів). У разі виявлення проблемних моментів, ми зазначали їх саме тут для подальшого врахування та виключення з аналізу

Етап сегментації є одним із найважливіших у процесі акустичного аналізу мовлення. Правильне виділення меж голосного звука забезпечує точність подальших вимірів частот формант. У разі помилок сегментації, спектральні піки можуть бути спотворені, що призведе до хибного визначення формант. А це, своєю чергою, знижує надійність аналізу. Дж. Голмс стверджує, що якщо спектр звука чіткий, алгоритм майже завжди дає правильне значення форманти з першої спроби [54, с. 3].

Далі в межах кожного голосного сегмента здійснювали вимірювання F1 та F2. Для отримання максимально точних даних, вимірювання проводили в центральній частині голосного (в зоні витримки, або ж кульмінації), де звукова структура є найстабільнішою і найменше піддається впливу сусідніх звуків. Опрацьовані акустичні параметри, значення формант та ЧОТ, ми занотували у структурованому вигляді до електронної таблиці в Microsoft Excel [87] для подальшого аналізу та систематизації результатів (див. Додаток 3).

Отже, ретельне, покрокове виконання усіх описаних вище етапів дало змогу нам створити якісний та структурно впорядкований корпус аудіоданих, який став основою для формантного аналізу голосних на наступних етапах дослідження.

### **3.2. Критерії вибору респондентів у межах дослідження**

Критерії відбору респондентів ми розробляли з урахуванням вимог до репрезентативності вибірки та специфіки поставлених завдань. З паспортами

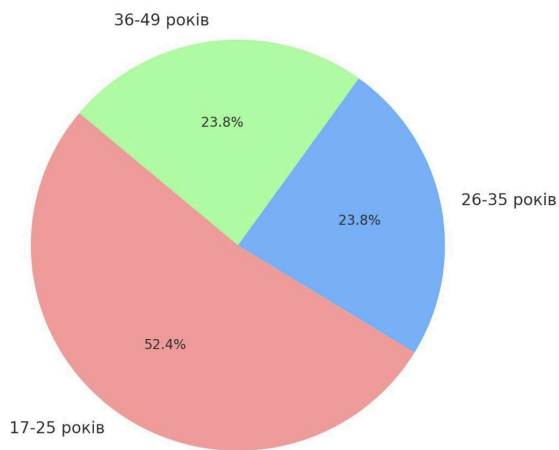
дикторів можна ознайомитися в Додатку 4.

Головними критеріями для включення учасників до вибірки були: жіноча стать, походження й проживання у Вінницькій області, переважно в селі Зозів та прилеглих населених пунктах, а також українська як рідна мова, мова якою респонденти володіють в побуті. Вибір саме цього регіону зумовлений зручністю організації польового дослідження серед місцевих мовців, а також можливістю працювати з мовним матеріалом у добре знайомому соціокультурному середовищі.

Респондентів винятково жіночої статі ми обрали через те, що аналіз наукової літератури демонструє значний гендерний дисбаланс на користь чоловічого мовлення як об'єкта наукового вивчення. Тому це дозволяє розширити базу даними, що репрезентують мовленнєві особливості жінок, які є недостатньо дослідженими. Це підтверджує й С. Коваль вказуючи на недостатню кількість напрацювань щодо деяких параметрів голосу через обмежену кількість матеріалу: «У порівнянні з чоловічим голосом, відносно мало відомо про властивості жіночого голосу» [57, с. 125]. Тому вивчення акустичних характеристик саме жіночого мовлення дозволяє розширити наукову базу даних, зробити її більш збалансованою та підвищити якість фонетичних порівнянь.

У дослідженні взяли участь 21 жінка різного віку – від 17 до 52 років (див. Діаграму 3.2). Для зручності аналізу респондентки були розподілені на три вікові групи:

- перша вікова група (17-25 років) – 11 осіб (52,4 %)
- друга вікова група (26-35 років) – 5 осіб (23,8 %)
- третя вікова група (36-49 років) – 5 осіб (23,8 %)

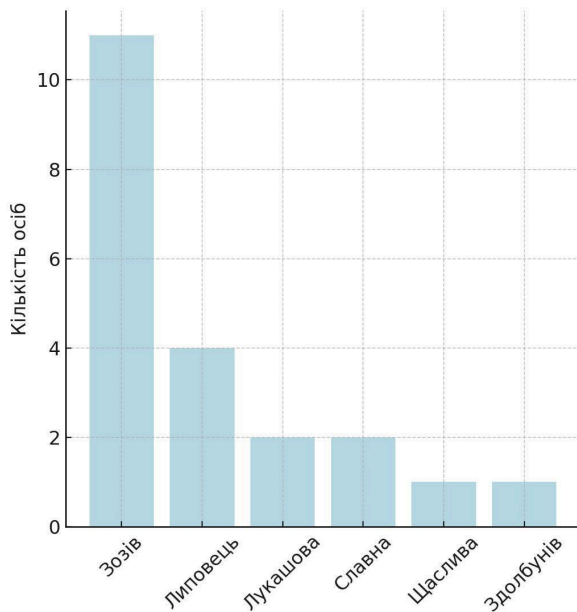


**Діаграма 3.2.** Віковий розподіл респонденток

Більшість респондентів постійно проживають у місцях свого народження або в найближчих містах / селах регіону: селі Зозів, місті Липовець, місті Вінниця. Дві учасниці експерименту проживають в місті Київ, але народилися та значну частину життя провели саме в зазначеному регіоні.

Детальний територіальний розподіл за місцем народження виглядає наступним чином (див. Діаграму 3.3.):

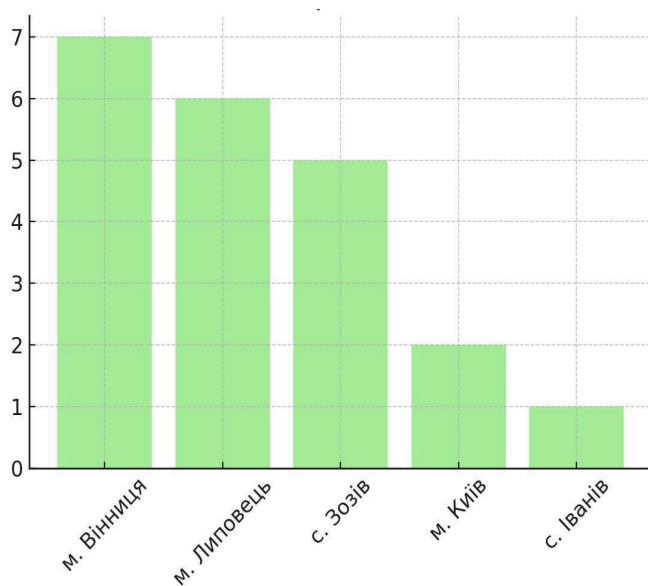
- село Зозів – 11 осіб
- місто Липовець – 4 особи
- село Лукашова – 2 особи
- село Славна – 2 особи
- село Щаслива – 1 особа
- місто Здолбунів (Рівненська область) – 1 особа



**Діаграма 3.3.** Місце народження респондентів

За місцем проживання на момент проведення дослідження респондентки розподілилися наступним чином (див. Діаграму 3.4.):

- місто Вінниця – 7 осіб
- місто Липовець – 6 осіб
- село Зозів – 5 осіб
- місто Київ – 2 особи
- село Іванів – 1 особа



**Діаграма. 3.4.** Місце проживання респондентів

Важливою характеристикою вибірки є також і мова, якою володіють дикторки. Усі респондентки вказали українську як рідну мову та мову повсякденного спілкування. При цьому всі вони володіють російською мовою, а певна частина вказала також володіння англійською мовою.

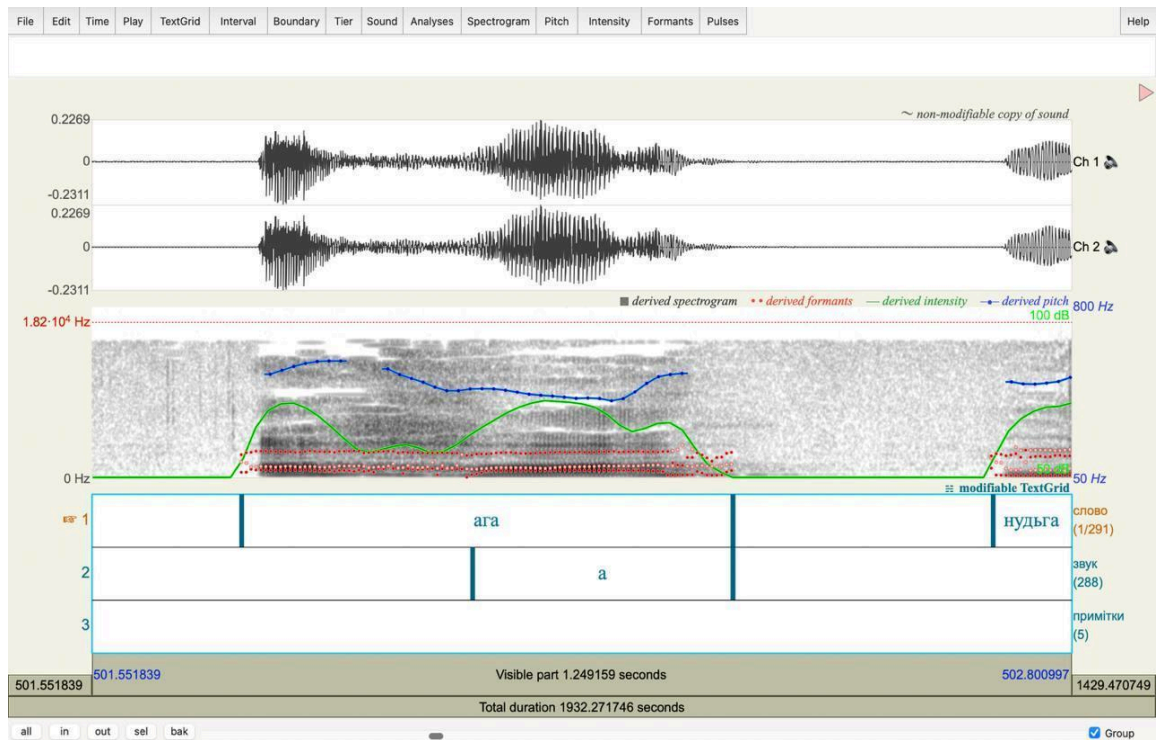
Отже, склад вибірки є достатньо репрезентативним у межах локального простору, що охоплює Вінницьку область. Завдяки чітко сформульованим критеріям (вік, стать, місце народження/проживання, мова), дослідницька вибірка забезпечує високий ступінь внутрішньої однорідності, що власне необхідно для надійного порівняння акустичних параметрів мовлення.

### **3.3. Використання програмного забезпечення PRAAT у формантному аналізі**

Для проведення формантного аналізу голосних звуків української мови ми використали програмне забезпечення PRAAT (версія 6.4.27), розроблене П. Боерсмою та Д. Венінком з Інституту фонетичних наук Амстердамського університету [82]. Це програмне забезпечення є широко визнаним інструментом у сфері експериментальної фонетики, який активно використовують фонетисти для вимірювання формантних частот, вивчення акустичних параметрів мовлення, а також для спектрального аналізу мовних сигналів.

Варто зазначити, що для аналізу мовлення існує й низка інших програмних засобів, таких як Sive Base [88], Audacity [81], Speech Analyzer [89] тощо, однак в нашому дослідженні ми зупинилися на використанні саме програмного забезпечення PRAAT [82] з огляду на його переваги. По-перше, він є абсолютно безкоштовним та сумісним із різними операційними системами для комп'ютерів. По-друге, програма має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який не потребує значного часу на опанування. По-третє, дуже зручно, що є вбудована система довідки, яка дозволяє оперативно звертатися до інструкцій і пояснень безпосередньо під час роботи з матеріалом.

На малюнку 3.5. представлено фрагмент інтерфейсу програми з прикладом акустичного аналізу слова «ага»



Мал. 3.5. Фрагмент інтерфейсу програмного забезпечення PRAAT

На зображенні (див. Мал. 3.5) бачимо спектрограму, яка демонструє частотну складову звукового сигналу. Відтінки сірого на спектрограмі відображають інтенсивність різних частот у певний момент часу: чим темніший колір, тим вища амплітуда відповідної частоти. Поверх спектрограми спостерігаємо й ключові параметри аналізу. Зелена лінія репрезентує зміну інтенсивності (intensity), синя лінія позначає ЧОТ (pitch), а червоні крапки вказують на значення основних формантних частот (formants) – F1, F2, F3 тощо. Ці значення є визначальними для акустичного опису голосних звуків, оскільки саме формантна структура відображає резонансні характеристики голосового тракту мовця [57].

У нижній частині зображення представлено текстову сітку (*TextGrid*), яку ми використовуємо для анотування мовного матеріалу. У даному прикладі на першому рівні анотації «слово» бачимо лексему «ага». На другому рівні анотації «звук» виділено наголошений [a], у якому далі визначатимемо форманти. Зазначимо, що ми здійснювали розмітку вручну, що дозволяє точно визначити часові межі окремих голосних звуків (у нашому випадку [a]).

Під час проведення формантного аналізу ми використовували такі основні інструменти програми, як спектрограму (View → Show spectrogram), частоту основного тону (Pitch → Show pitch), а також вимірювання формантних частот (Formants → Show formants). Акустичний аналіз здійснювали за допомогою останнього інструмента Formants із використанням стандартних параметрів. Варто зауважити, що загалом для жіночих голосів застосовували верхню межу частотного діапазону формант (Formant ceiling) на рівні 5500 Гц, що є типовим для жінок завдяки вищому тону та коротшому голосовому тракту. Однак для жінок віком понад 40 років цей параметр коригували у межах 4000-4500 Гц через зниження частоти формант із віком.

Вимірювання значень формант проводили в центральній частині голосного (зоні витримки/кульмінації), де формантна структура найбільш стабільна і найменше піддається коартикуляційному впливу сусідніх звуків, як вже зазначалося вище.

### **Висновки до розділу 3**

Методика збору аудіозаписів для аналізу формант базувалася на чітко визначених рекомендаціях, що забезпечило високу якість звукового матеріалу та його придатність для подальшого акустичного аналізу.

Критерії вибору респондентів та мовного матеріалу були розроблені з урахуванням вимог до репрезентативності та збалансованості вибірки. Також у межах кожного файлу було створено три окремі рівні анотації: слово, звук та примітки.

Залучення 21 особи жіночої статі різних вікових категорій (від 14 до 52 років) з переважною локалізацією в межах Вінницької області дозволило створити нам однорідну групу носіїв. Загалом ми зібрали 29 аудіофайлів (9 годин 12 хвилин мовлення) та 22 *TextGrid*-файли.

Використання програмного забезпечення PRAAT [82] дозволило з максимальною точністю визначити першу та другу форманту голосних звуків, результати яких ми використаємо далі у своєму дослідженні.

Створений корпус аудіозаписів та отримані на його основі дані про

формантні характеристики голосних звуків української мови мають значну наукову цінність та широкий спектр практичного застосування. Вони можуть бути використані для:

1. Уточнення чи доповнення чинних теоретичних описів системи вокалізму української мови.
2. Створення акустичних моделей українських голосних для систем синтезу та розпізнавання мовлення.
3. Порівняльних досліджень діалектних особливостей вимови голосних.
4. Вивчення вікових змін у формантних характеристиках мовлення.
5. Розробки методів ідентифікації мовців за акустичними характеристиками голосу.
6. Створення методичних матеріалів для навчання української мови як іноземної з фокусом на правильну вимову голосних звуків.

Важливо відзначити, що створений корпус має відкриту структуру і може бути розширений шляхом включення нових груп респондентів (чоловіків, дітей тощо) та додаткового мовного матеріалу. Це дозволить в перспективі створити всеохопну базу даних формантних характеристик української вимови, що стане цінним ресурсом для подальших фонетичних досліджень та практичних розробок у галузі мовних технологій.

## **РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ФОРМАНТНОГО АНАЛІЗУ В СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗИ**

У Розділі 4 зосереджено увагу на практичному застосуванні формантного аналізу в межах судової експертизи. У ньому представлено результати дослідження артикуляційно-акустичних характеристик голосного звука [a] у мовленні жінок Вінницької області, що дає змогу простежити особливості його реалізації. Окрім того, розглянуто приклади застосування формантного аналізу для ідентифікації особи на основі реальних аудіозаписів, що ілюструє практичну цінність цього методу в межах фоноскопичної експертизи.

### **4.1. Формантна структура голосного звука «а» в мовленні жінок Вінницької області**

Формантна характеристика звукових реалізацій фонемі /a/ посідає важливе місце в сучасних акустико-фонетичних дослідженнях, передусім у контексті фоноскопичної експертизи. Це зумовлено низкою факторів: /a/ вирізняється найбільшою відкритістю мовленнєвого апарату під час артикуляції, тобто в момент його творення нижня щелепа значно опущена, язик розташовується відносно низько в ротовій порожнині, а губи залишаються відкритими. Н. Тоцька визначає звук [a] як нелабіалізований, неносовий голосний заднього ряду низького підняття, утворюваний при великому ротовому й малому фарингальному резонаторі [41, с. 95]. Також, голосний [a] є одним із найчастотніших у мовленнєвому потоці, що забезпечує значний обсяг емпіричного матеріалу для досліджень.

Такі властивості роблять цей звук надзвичайно точним для акустичного аналізу, оскільки при його вимові значно менше спотворень, викликаних коартикуляційними впливами, які можуть ускладнити ідентифікацію. Тому чіткість і стабільність формантних параметрів сприяють більш точному визначенню індивідуальних акустичних характеристик мовця.

Аналіз саме цього голосного було обрано також з огляду на те, що у сучасному мовознавстві не існує однастайності щодо його класифікаційної

приналежності за такими параметрами, як ряд, а найголовніше ступінь підняття язика. Щодо артикуляції [a] в науковій літературі можна виявити найбільше суперечностей [41, с. 90].

Як ми вже зазначали в першому розділі нашого дослідження, у фонетичних працях різних авторів спостерігається варіативність трактування голосного [a]. З одного боку, традиційна класифікація українських голосних відносить [a] до заднього ряду. З іншого боку, низка інших досліджень свідчить про те, що цей голосний наближається до центрального/середнього або ж мішаного ряду, залежно від артикуляційного контексту або індивідуальної манери мовлення.

Така класифікаційна неоднозначність зумовлює додаткову наукову цінність формантного аналізу цього звука, адже дозволяє не лише виявити індивідуальні та регіональні артикуляційні особливості, але й зробити внесок у ширше теоретичне розуміння його фонетичної природи.

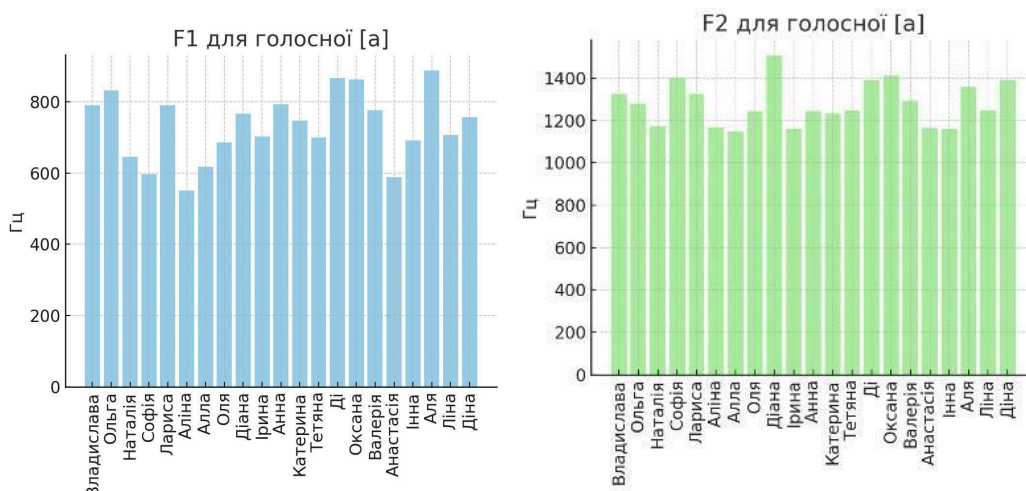
З отриманими значеннями формантних частот можна ознайомитися в таблиці 4.1. У ній подано середні значення першої та другої формант мовців, а також частоту основного тону ЧОТ (F0), яка є однією з базових акустичних характеристик голосу. ЧОТ відображає частоту коливань голосових зв'язок і визначає висоту голосу мовця – параметр, який має значну індивідуальну варіативність та залежить від статі, віку, фізіологічних особливостей тощо [69]. Ми провели 20 вимірів ЧОТ на різних фрагментах аудіозапису кожного диктора, щоб отримати репрезентативні середні значення.

Зазначимо, що всього було здійснено 3087 вимірювань звукових реалізацій фонему /a/ (ЧОТ, F1, F2) в наголошеній позиції (по 147 реалізацій для кожного з 21 респондента). Це забезпечило достатню репрезентативність вибірки та достовірність отриманих результатів.

Ідентифікатор	F0	F1	F2
Владислава	246	790	1323
Ольга	268	832	1280
Наталія	237	646	1174
Софія	219	596	1399
Лариса	242	790	1323
Аліна	202	551	1165
Алла	207	617	1148
Оля	230	686	1244
Діана	238	767	1507
Ірина	231	703	1159
Анна	220	793	1244
Катерина	258	747	1231
Тетяна	238	699	1246
Ді	262	867	1387
Оксана	265	863	1411
Валерія	257	776	1294
Анастасія	205	588	1164
Інна	257	691	1161
Аля	259	888	1357
Ліна	237	707	1248
Діна	255	757	1387
<b>Середнє значення</b>		<b>731</b>	<b>1279</b>

Таблиця 4.1.

У результаті нашого дослідження ми отримали такі середні значення основних параметрів: перша форманта (F1) – 731 Гц, друга форманта (F2) – 1279 Гц. Детальніше зі значеннями формант можна ознайомитися на малюнку 4.2.



Мал. 4.2. Значення F1 та F2 для голосної [a]

Мінімальне значення першої форманти, яка корелює зі ступенем підняття язика [83], зафіксовано у дикторки Аліни (551 Гц), максимальне – у дикторки Алі (888 Гц).

Мінімальне значення другої форманти, яка корелює зі ступенем просунутості язика вперед / назад при артикуляції, зафіксовано у дикторки Алли (1148 Гц), максимальне – у дикторки Діани (1507 Гц).

Аналіз першої та другої формант демонструє виразний зв'язок між віком дикторок та акустичними параметрами голосного звука [a].

У мовців третьої вікової групи 38–49 років, наприклад, у Наталії (F1=646, F2=1174) та Алли (F1=617, F2=1148) спостерігаємо нижчі значення першої форманти F1 (від 617 до 646 Гц), що свідчить про вище положення язика та/або меншу відкритість ротової порожнини під час артикуляції. Показники другої форманти F2 у цій групі варіюються від 1148 до 1246 Гц, що вказує на середньо-заднє положення язика.

У мовленні дикторок другої вікової групи, таких як Владислава, Ольга, Аля, Ді – фіксуємо помітно вищі значення як F1, так і F2, що свідчить про відкриту та передню вимову голосного.

Тому можемо зробити висновок, що вік мовця має помітний вплив на акустичну реалізацію голосного [a]. У мовців третьої вікової групи більш закрита та задня артикуляція, що пов'язано зі стабільною артикуляційною базою, сформованою з тривалою мовленнєвою практикою. До того ж, для мовців цієї вікової групи в аналізі ми використовували частотний діапазон у межах 4000-4500 Гц, що забезпечило чіткіші та стабільніші формантні контури, характерні для зрілої, менш варіативної артикуляції.

Натомість перша вікова група дикторів демонструє більш відкриту та передню артикуляцію голосного [a], що може бути зумовлено більшою рухливістю мовленнєвих органів, яка характерна для цієї вікової групи. Це створює певну акустичну варіативність, яка може бути важливою в процесі фоноскопичної експертизи, де вік мовця може виступати додатковим параметром для його ідентифікації. Врахування вікових особливостей артикуляції дозволяє більш точно визначити не лише індивідуальні

характеристики мовлення, а й допомагає створити точні моделі ідентифікації у судово-лінгвістичній практиці.

Також під час аналізу звукових реалізацій фонем /a/ у мовців–підлітків Олі та Валерії ми зафіксували значну варіативність формант F1 та F2, що, ймовірно, пов'язано з фізіологічними особливостями цього вікового періоду. У підлітковому віці мовленнєвий апарат ще формується: голосові зв'язки змінюють стабільність коливань, що впливає на акустичні характеристики голосних. Крім того, гормональні зміни можуть спричиняти нестабільність артикуляції (наприклад, періодичне обниження або підвищення тону), що також відображається в акустичній картині мовлення.

У межах нашого дослідження ми приділили увагу аналізу впливу шиплячих приголосних [ж, ч, ш] на акустичні характеристики голосного звука [a], зокрема на значення першої та другої формант. Результати експериментального аналізу засвідчили, що у фонетичному контексті після шиплячих приголосних значення другої форманти підвищується в порівнянні зі стандартними показниками, наведеними у фонетичній літературі (зокрема, за даними О. Іщенко [15], де середнє значення F2 для [a] становить близько 1200 Гц). Таке підвищення F2 вказує на вплив акустичних характеристик самих шиплячих, які здатні модифікувати спектральну структуру наступного голосного.

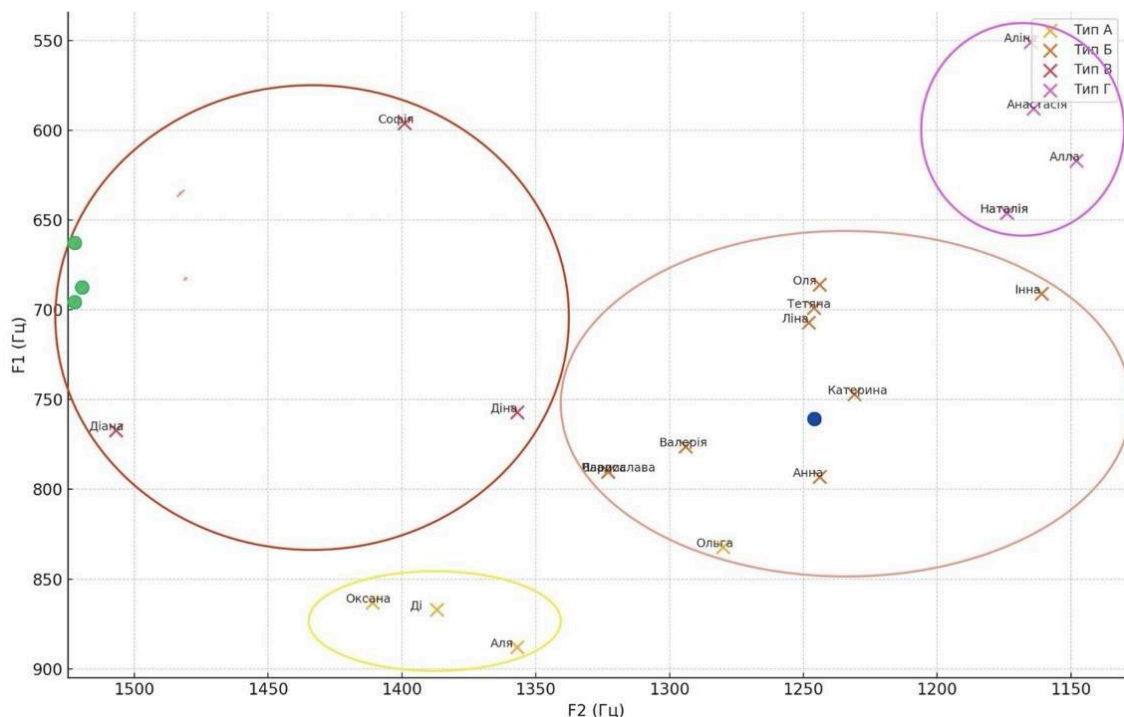
Найбільш помітний вплив на підвищення значень другої форманти спостерігаємо після приголосного [ж]. У словах *жаба*, *жах*, *жарт*, *безжальна* F2 для голосного [a] коливається в межах 1309-1475 Гц. Наприклад, у вимові Влади в слові *жаба* F2 становить 1371 Гц, у Ані в слові *безжальна* – 1309 Гц, а в Оксани в слові *жах* – 1475 Гц. Це зумовлено тим, що [ж] є дзвінким шиплячим приголосним, який має широку спектральну основу з активністю в середньо- та високочастотних діапазонах. Така акустична характеристика сприяє коартикуляційному впливу на наступний голосний, викликаючи зсув положення язика в напрямку передньої частини ротової порожнини. Як наслідок, резонансна порожнина для формування F2 зменшується, що і зумовлює зростання її частоти.

У словах *шати*, *шахи*, *шальки* значення F2 також перевищують умовно стандартне значення для [a]. Зокрема, у Влади в слові *шати* F2 становить 1419 Гц, у Олі – 1355 Гц, у Діани – 1437 Гц. У слові *шахи* у Оксани F2 сягає 1452 Гц, а в Інни – 1654 Гц. Це свідчить про те, що [ш], як глухий шиплячий приголосний, чинить помітний вплив на артикуляцію наступного голосного, зокрема сприяє її зсуву до передньої частини рота. Внаслідок цього голосний [a] після [ш] вимовляється з більш переднім положенням язика, що й призводить до підвищення значень другої форманти.

Звук [ч] не викликає різких змін у формантній структурі голосного [a], а натомість формує акустичне середовище, яке лише злегка зміщує артикуляцію в передній бік. Це пояснюємо тим, що [ч], будучи африкатою, поєднує у собі вибуховий та фрикативний компоненти, що зосереджені в передній частині ротової порожнини. Внаслідок цього голосний [a] після [ч] не втрачає своїх базових акустичних параметрів.

Отримані результати корелюють з міркуваннями Н. Тоцької [41], яка зазначає, що вплив шиплячих на голосні часто має нестабільний, але відчутний характер, зокрема в зоні формантних переходів. На цьому тлі виявлене підвищення F2 можна розглядати як результат коартикуляційної адаптації, зумовленої складною акустичною природою шиплячих приголосних.

Для наочності отриманих результатів експерименту ми використали метод кластеризації (див. Діаграму 4.3.) – «це статистична процедура, задача якої полягає в розбитті вибірки об'єктів на підмножини, що не перетинаються і називаються кластерами [84]».



**Діаграма. 4.3.** Кластери реалізації голосного [а]

У таблиці реалізацій представлено чотири основних типи артикуляції, які ми сформуваємо на основі значень формант F1 та F2. Ці кластери дозволяють класифікувати індивідуальні особливості вимови кожної дикторки. Для порівняння отриманих у ході дослідження значень формант мовців ми використовували характеристики першої та другої формант з праці «Голосні звуки української мови залежно від темпу мовлення» О. Іщенка [16], де для [а] F1 – 750 Гц, а F2 – 1200.

**Тип А** характеризуємо високими значеннями першої форманти F1 (понад 800 Гц) і середніми або високими значеннями другої форманти F2 (понад 1300 Гц). До цього кластеру належать дикторки Аля (F1=888, F2=1357), Ді (F1=867, F2=1387) та Оксана (F1=863, F2=1411). Тип А охоплює дикторок із високими значеннями F1, що свідчить про низьке підняття язика, тобто його максимальне опускання, характерне для голосних нижнього ступеня підняття. Одночасно фіксуємо високі значення F2, які вказують на середнє положення язика в ротовій порожнині. Таким чином, попри те, що голосний [а] зазвичай класифікують як задній і низький, у мовленні представниць типу А він набуває відкритої, але передньої реалізації.

**Тип Б** становить найтиповішу реалізацію голосного [а] в українській мові, з середніми значеннями як F1 (680–850 Гц), так і F2 (1200–1350 Гц). До цього типу належать дикторки Тетяна (F1=699, F2=1246), Анна (F1=793, F2=1244), Катерина (F1=747, F2=1231), Валерія (F1=776, F2=1294), Ліна (F1=707, F2=1248), Ольга (F1=832, F2=1280), Владислава (F1=790, F2=1323), Лариса (F1=790, F2=1323), а також Оля (F1=686, F2=1244) та Інна (F1=691, F2=1161). Ці показники корелюють із низько-середнім підняттям язика та середнім рядом, що найбільш наближено до нормативної вимови голосного [а] в українській мові (за О. Іщенком).

**Тип В** включає дикторок із середніми значеннями F1 (у межах 700–800 Гц) і високими значеннями F2 (понад 1350 Гц). До нього належать Діана (F1=767, F2=1507), Діна (F1=757, F2=1357), а також відносимо Софію (F1=596, F2=1399). Це свідчить про середнє або низько-середнє підняття язика, але водночас про його значне просування вперед, ближче до передньої частини ротової порожнини. Найяскравіше це проявляється у дикторки Софії, де при низькому F1 спостерігаємо дуже високе F2, що демонструє відкритість і передність голосного. Це специфічна передня артикуляція з відносно зімкнутою ротовою порожниною – винятково індивідуалізована ознака, імовірно зумовлена носінням ортодонтичних апаратів (кап і брекети), які безпосередньо впливають на акустичні характеристики мовлення.

**Тип Г** охоплює дикторок із низькими значеннями F1 (менше ніж 700 Гц) та варіативними значеннями F2. До цієї групи належать Аліна (F1=551, F2=1165), Анастасія (F1=588, F2=1164), Наталія (F1=646, F2=1174), Алла (F1=617, F2=1148), Наталія (F1=646, F2=1174). Тип Г демонструє низькі значення F1, що вказує на високе або середньо-високе підняття язика. Одночасно значення F2 варіюються в межах 1100-1200 Гц, що свідчить про задньо-середній ряд. Артикуляція голосного [а] у цьому типі не відповідає класичній задній і відкритій позиції, а наближається до закритішої реалізації. У мовців типу Г язик піднімається вище, ніж очікувано для звука [а], і розташовується ближче до середньої частини рота.

За результатами нашого дослідження та даними про акустичні характеристики голосного [a], можемо припустити та визначити, який символ з Міжнародного фонетичного алфавіту найкраще відповідає його реалізації у мовців типу А-Г. Для аналізу було використано діаграму голосних МФА (див. Мал. 1.3.), де кожен звук позначений відповідним символом та розміщений за двома артикуляційними параметрами: вертикальною віссю (ступінь відкритості) та горизонтальною віссю (позиція язика). Зображення містить класифікацію голосних за параметрами: front – central – back (передні – центральні – задні), а також close – open (від закритих до відкритих).

Таким чином, попри традиційне сприйняття голосного [a] як заднього, низького, у мовців типу А він реалізується як задній, але передніший голосний. Найближчим символом з МФА-діаграми є [ɑ] – відкритий, передній голосний.

Артикуляція типу Б відповідає нормативній вимові голосного [a] – відкритому, але ближчому до заднього ряду. Найбільш відповідний символ у МФА – [ä], який позначає відкритий, центральний (дещо зміщений від заднього [ɑ]). У деяких мовців цього типу, таких як Анна (F1=793, F2=1244) чи Лариса (F1=790, F2=1323), спостерігається дещо більша передність, однак загальна картина свідчить про реалізацію між [ä] та [ɑ].

Тип В поєднує середні значення F1 (700-800 Гц) із високими значеннями F2 (понад 1350 Гц), що вказує на середньо-низьке підняття язика та водночас значне його просування вперед. Така артикуляція характерна для передніх або передньо-середніх голосних нижнього ряду. Найкращим відповідником на МФА-діаграмі тут є символ [a] – голосний, який є відкритим-переднім. Особливо це помітно у мовленні Софії (F1=596, F2=1399), де при досить закритій позиції язика (низький F1) фіксується надзвичайно високе значення F2, що вказує на максимальну передність. Таку вимову можна інтерпретувати як індивідуалізовану, наближену до варіанта між [æ] та [a].

Тип Г демонструє артикуляцію, яка відходить від відкритого й заднього характеру звука [a] у бік закритішої та більш центральної або навіть передньої реалізації. Найбільш точним відповідником на МФА-діаграмі є символ [ɐ] –

майже відкритий центральний голосний, який поєднує відносну закритість (порівняно з [a]) та центральне положення язика.

Отже, аналіз формантних характеристик голосного [a] у поєднанні з графічною інформацією з МФА-діаграми показав, що артикуляція цього голосного значно варіюється серед мовців. Це свідчить про широкий спектр індивідуальних і типологічних особливостей у вимові, навіть такого, здавалося б, стабільного звука, як [a], що важливо враховувати в дослідженнях української фонетики, а саме в контексті варіативності мовлення.

Виявлені артикуляційно-акустичні відмінності мають важливе прикладне значення, оскільки можуть бути використані як ідентифікаційні ознаки у фонетичній ідентифікації мовців. Ці особливості є ключовими для проведення фоноскопичної експертизи, де точне встановлення індивідуальних характеристик вимови є визначальним.

#### **4.2. Приклади використання формантного аналізу в судовій експертизі (на матеріалі реальних записів)**

У цьому підрозділі ми зосередили увагу на практичному застосуванні формантного аналізу як одного з інструментів судово-фонетичної експертизи. Об'єктом нашого аналізу стали чотири аудіозаписи жіночого мовлення, які ми отримали з реального мовного матеріалу. Записи містять фрагменти спонтанного мовлення, без ознак попередньої підготовки.

Для кожного мовця ми відібрали слова з наголошеним [a], які повторювалися в межах одного запису, що дозволило здійснити точне вимірювання першої та другої формант за допомогою програми PRAAT [82]. Крім значень формант, ми також враховували основні параметри мовлення, такі як ЧОТ, інтенсивність, а також перцептивні: паузація, інтонація, ритміка тощо.

Зауважимо, що ми проаналізували лише один голосний звук [a] через декілька факторів. По-перше, голосний [a] має найбільш стабільні акустичні характеристики серед усіх голосних звуків української мови, особливо в наголошеній позиції. Також він менш схильний до коартикуляційного впливу з боку сусідніх звуків. По-друге, в аналізованих аудіозаписах реалізації інших

голосних є поодинокими та, переважно, в ненаголошених позиціях, де їхня артикуляція є менш стабільною і зазнає редукування. Це значною мірою ускладнює порівняльний аналіз та не дозволяє сформувати повноцінний формантний трикутник або багатокутник для всіх голосних. Відтак, замість традиційного формантного трикутника або багатокутника ми використали проєкцію формантної структури голосного [a], що дає змогу проілюструвати просторову акустичну організацію цього звуку у вимовах різних мовців.

З детальними числовими даними основних акустичних параметрів та значеннями формант голосного можна ознайомитися у доданій Excel-таблиці в додатку 6.

Метою нашого аналізу стало визначення того, чи належать вони одному і тому самому мовцю. Записи мали різну тривалість, якість та технічні характеристики, що поставило перед нами завдання здійснити як перцептивний, так і інструментальний аналіз із застосуванням формантного аналізу. Спектральний аналіз ми здійснювали з допомогою програмного забезпечення PRAAT [82].

Першим етапом став перцептивний аналіз, який передбачав прослуховування усіх записів для виявлення таких характеристик, як темп мовлення, інтонаційна структура, паузація, ритміка, стиль мовлення тощо.

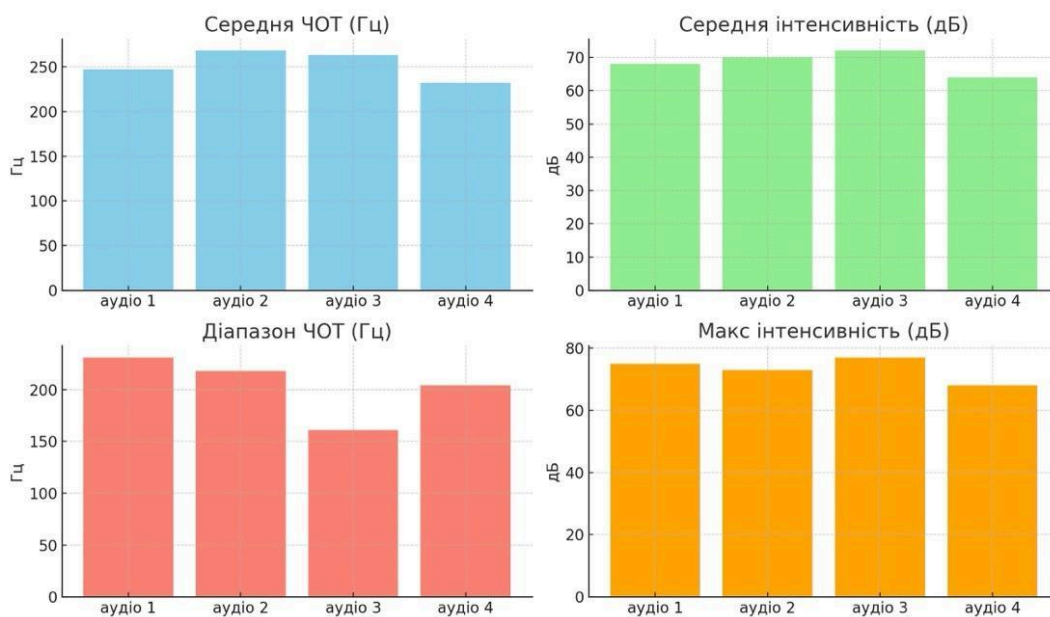
У процесі аналізу було встановлено, що в усіх записах дзвінкий, приємний голос, а також мелодійне, приємне жіноче мовлення, з тембром, характерним для голосу молодшої дівчини. У більшості випадків воно вирізнялося виразною дикцією, м'яким інтонаційним малюнком і помірно та подекуди прискореною швидкістю мовлення (в аудіо 1). Також в мовленні були логічні паузи, для структуризації висловлювання, тож легко можна було зрозуміти, де кома чи крапка. Мовлення з чіткими інтонаційними контурами в бік завищення перед розділовими знаками; ритмічне, структуроване.

Хоч голос у всіх записах звучав подібно, перцептивний аналіз не дозволив із повною впевненістю стверджувати, що йдеться про одну й ту саму особу. Це пояснюємо тим, що якість записів була нерівномірною: в одному записі було значне акустичне зашумлення, яке заважало сприйняттю та коректному аналізу,

тому цей запис спочатку було оброблено з метою зменшення рівня шуму. Також перцептивно здалось, що голос в 4 аудіо хоч і має подібність з аудіо 1-3, однак він не є ідентичним.

Саме тому постала потреба у проведенні об'єктивного інструментального аналізу, у нашому експерименті формантного, який дозволяє абстрагуватися від суб'єктивних вражень й зосередитися на стабільних фізико-акустичних параметрах мовлення, що можуть слугувати надійними критеріями при порівнянні голосів.

У межах інструментального етапу нашого дослідження ми розрахували та порівняли кілька ключових параметрів, такі як ЧОТ – мінімальна, максимальна, середня, діапазон ЧОТ, а також максимальну та середню інтенсивність мовлення (див. Мал. 4.4.)



Мал. 4.4. Порівняльний аналіз аудіозаписів

Мінімальна ЧОТ у проаналізованих записах становила від 165 Гц (аудіо 1) до 193 Гц (аудіо 4). Максимальні значення ЧОТ варіювалися в межах 338-397 Гц. Найменше максимальне значення зафіксоване в «аудіо 3» – 338 Гц, тоді як найбільше – у «аудіо 4» (397 Гц). Відповідно діапазон ЧОТ (різниця між максимальним і мінімальним значеннями) коливався від 161 Гц (аудіо 3) до 231 Гц (аудіо 1). Окремо ми проаналізували середню ЧОТ, яка є важливою у

порівнянні голосів. Найнижче значення середньої ЧОТ зафіксовано в «аудіо 4» – 232 Гц, найвище – у «аудіо 2» (268 Гц). Різниця у 36 Гц не є надмірною, однак може сигналізувати про певні особливості мовлення.

Далі проаналізували інтенсивність мовлення, що відображає гучність голосу. Максимальна інтенсивність варіювалася у межах 68-77 дБ, а середня інтенсивність від 64 до 72 дБ. Найгучнішим за показниками став «аудіо 3», який має найвищу максимальну інтенсивність – 77 дБ. Найменша середня інтенсивність в «аудіо 4» – 64 дБ, що може свідчити про тихіше мовлення, або ж про віддаленість мовця від мікрофона.

Як бачимо, всі чотири аудіозаписи демонструють близькі, але не абсолютно ідентичні показники. Відмінності, які ми отримали, є в межах варіативності, характерної для мовлення однієї особи в різних ситуаціях. Проте, з огляду на незначні відмінності, ми дійшли висновку, що остаточне підтвердження може бути здійснене лише за допомогою подальшого формантного аналізу. Саме форманти, як стабільні резонансні частоти мовного тракту, є менш чутливими до ситуативних змін і можуть дати більш надійну відповідь на питання щодо ідентичності мовців.

У кожному записі ми проаналізували слова, у яких чітко реалізовано голосний в наголошеній позиції [a], і обчислили середнє значення F1 і F2. Результати показали, що в аудіо 1 середнє значення F1 – 688 Гц, а F2 – 1611 Гц. В аудіо 2 F1 – 663 Гц, F2 – 1619 Гц. В аудіо 3 F1 – 689 Гц, F2 – 1520 Гц. В аудіо 4 спостерігаємо найнижчі значення F2 – 1249 Гц, при найвищому F1 – 762 Гц.

З метою наочної ілюстрації міждикторних варіацій ми створили проєкцію формантної структури [a] на площину (як площину ми використали Діаграму 4.3. наведену вище).

Зелені точки на графіку відображають значення формант трьох перших дикторів. Їхні дані зосереджені в межах 663-689 Гц по осі F1 та 1520-1619 Гц по осі F2, що свідчить про схожість у способі артикуляції звука [a] серед цих мовців. Високі значення другої форманти в поєднанні з відносно низькими показниками F1 вказують на передню реалізацію голосного з помірним

ступенем відкритості, тобто на артикуляцію, наближену до переднього відкритого [a].

Враховуючи запропоновану нами класифікацію чотирьох основних типів артикуляції для звука [a], які ми сформуваємо на основі значень формант F1 та F2, ці мовці найбільшою мірою відповідають типу В, який об'єднує дикторів із середніми значеннями F1 та високими значеннями F2. Така акустична структура характерна для мовців зі середньо-низьким підняттям язика та його просуванням уперед, ближче до передньої частини ротової порожнини. Це свідчить про те, що артикуляція голосного [a] у цих мовців, ймовірно, є індивідуальною або регіонально зумовленою особливістю.

Водночас синя точка, яка відображає значення формант четвертого диктора, істотно відрізняється від решти. Її розташування: F1 – 762 Гц, F2 – 1249 Гц вказує на вищий рівень першої форманти ніж в перших трьох дикторів, що свідчить про більше відкриття ротової порожнини, а також на нижчі значення другої форманти, що вказує на заднє або середньо-заднє положення язика під час вимови голосного [a].

Таке співвідношення значень F1 і F2 відповідає типу Б, який включає мовців із середніми значеннями F1 (680-800 Гц) та F2 (1200-1350 Гц). Тип Б відображає найбільш наближену до нормативної для української мови реалізацію голосного [a], з низько-середнім підняттям язика та його розташуванням в середньому ряді. Це дає підстави припустити, що мовець в аудіо 4 має інші індивідуальні артикуляційні особливості.

Відтак ми виявили, що три перші записи (аудіо 1-3) демонструють високу близькість за формантними параметрами. Коливання значень F1 в межах 663-689 Гц є несуттєвими, а значення F2 в межах 1520-1619 Гц вказують на подібну артикуляційну реалізацію голосного. Ці дані дозволяють припустити, що мовлення в аудіо 1, 2 і 3 належить ймовірно одній особі. Натомість аудіо 4 виявилось дещо відмінним. По-перше, ми зафіксували найвище значення F1 (762 Гц), що може свідчити про більш відкриту артикуляцію голосного. По-друге, значення F2 (1249 Гц) є значно нижчим, ніж у решті записів. Ці особливості можуть свідчити про іншого мовця.

Результати формантного аналізу дають підстави припустити, що записи аудіо 1, 2 і 3 з високою ймовірністю належать одній і тій самій особі, тоді як аудіо 4 демонструє суттєві формантні відмінності, що може свідчити про іншого мовця.

Щоб порівняти отримані у ході дослідження значення формант мовців, ми звернулися до акустичних характеристик голосного [a], наведених у праці О. Іщенка [16], де зазначено, що F1 становить 750 Гц, а F2 – 1200.

Як ми згадували вище у роботі, показник першої форманти відображає високе підняття язика: чим він вищий – тим нижча F1, і навпаки. У трьох перших дикторів значення F1 (від 663 до 689 Гц) нижчі за норматив О. Іщенка (750 Гц), що свідчить про вищу позицію язика та менше відкриття рота при вимові. Натомість у четвертого диктора F1 становить 762 Гц – трішки вище за норму, що вказує на опускання язика та більш відкрите артикуляційне положення, ближче до класичної реалізації цього голосного.

Друга форманта корелює з передньо-заднім положенням язика: чим язик ближче до зубів – тим вища F2; чим далі – тим нижча. Саме тому в мовців перших трьох аудіо, які продемонстрували високі значення F2 (від 1520 до 1619 Гц), маємо більш передню артикуляцію голосного [a]. Така реалізація наближає звук до середньо-переднього ряду, що в межах української вокальної системи є досить нетиповим, оскільки [a] традиційно класифікують як низький голосний заднього ряду. У той час у четвертого диктора, навпаки, низький показник F2 (1249 Гц) вказує на заднішу позицію язика, що більше відповідає артикуляції звука [a] за О. Іщенком.

Показник F1, який відображає вертикальне положення язика, в усіх дикторів, окрім четвертого, нижчий за дані О. Іщенка, що вказує на вищу позицію язика та менше відкриття рота.

Таким чином, порівняльний аналіз свідчить про варіативність у формантних характеристиках звука [a] серед мовців, що, вочевидь, зумовлене індивідуальними особливостями артикуляції.

## Висновки до розділу 4

У цьому розділі ми розглянули реалізацію формантного аналізу в судовій експертизі, приділили особливу увагу аналізу формантної структури голосного звука [a] у мовленні жінок Вінницької області, а також його практичне застосування на матеріалі реальних аудіозаписів.

У межах підрозділу 4.1. ми встановили, що голосний [a] має низку артикуляційних варіацій. Із використанням методу кластеризації, ми виокремили декілька типів вимови звука, які порівняли з даними МФА. Відповідно ми виділили тип А, де звук наближається до відкритого переднього [a]; тип Б, який відповідає [ä] – відкритому центральному голосному; тип В, що поєднує середні значення F1 з високими значеннями F2 і наближається до [a]; та тип Г, де реалізація наближається до майже відкритого центрального [ɐ].

Також ми проаналізували реальні аудіозаписи чотирьох мовців з використанням формантного аналізу, який показав, що записи аудіо 1, 2 і 3 мовців мають схожість за значеннями першої та другої формант (F1 у межах 663-689 Гц, F2 у межах 1520-1619 Гц), що дозволяє припустити, що вони належать одній і тій самій особі. Натомість аудіо 4 демонструє суттєві відмінності: значення F1 сягає 762 Гц, а F2 – лише 1249 Гц. Це може свідчити про іншу артикуляцію та, відповідно, іншу особу.

Наведена проєкція формантної структури [a] на площину підтвердила ці висновки візуально, чітко відокремивши аудіо 4 від решти трьох записів.

Отже, результати дослідження підтвердили ефективність формантного аналізу як інструменту судової експертизи. Зрештою, він дозволяє не лише виявляти індивідуальні мовленнєві характеристики, а й об'єктивно порівнювати різні голосові зразки з високим рівнем точності, навіть на прикладі реалізації у вимові одного звука.

## ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було досягнуто поставленої мети та виконано всі заплановані завдання. Ми здійснили комплексний аналіз голосних звуків української мови в контексті їх акустико-артикуляційних та функціональних характеристик, з детальним розглядом звукових реалізацій фонемі /a/, навколо якої точиться найбільше наукових дискусій щодо її варіативності залежно від мовленнєвого контексту. Встановлено, що голосний [a] демонструє відносно стабільні формантні характеристики, які дозволяють фіксувати індивідуальні особливості мовців, що має безпосереднє практичне значення для судово-лінгвістичної експертизи.

Теоретична частина охоплює систематизацію знань про класифікаційні ознаки голосних, їхню роль у фонетичній системі української мови, особливості їх артикуляції та акустичного відтворення. Також було розглянуто теоретичні та методологічні засади формантного аналізу, його значення в контексті судово-лінгвістичної експертизи.

Окрему увагу ми приділили судово-лінгвістичній експертизі та формантам, як основним акустичним характеристикам голосних, що відіграють важливу роль у процесі фоноскопичної ідентифікації мовця. Детально проаналізували роль першої та другої формант як ключових акустичних параметрів, що дозволяють виявити індивідуальні відмінності у вимові голосних.

Теоретичний огляд ґрунтувався на працях провідних українських та закордонних фонетистів, а також на сучасних дослідженнях у галузі прикладної фонетики та криміналістики.

Практична частина базувалася на побудові корпусу аудіозаписів мовлення 21 жінки з Вінницької області, які були відібрані за попередньо визначеними критеріями. Було створено набір з 29 аудіофайлів та 22 *TextGrid*-файлів загальною тривалістю понад 9 годин мовлення, а також 4 спеціально відібрані аудіо- та *TextGrid*-файли (54,5 секунд мовлення) для здійснення формантного аналізу голосного звука [a]. Матеріал було оброблено з використанням

інструментального методу за допомогою програми PRAAT [82], що забезпечило високу точність акустичних вимірювань. Особливу увагу зосередили на дослідженні першої та другої формант голосного звука [a], які виявилися інформативними та стабільними показниками для ідентифікації індивідуальних особливостей мовця.

У результаті проведеного аналізу було отримано узагальнене середнє значення першої та другої формант голосного звука [a] у вибірці мовців: F1 – 731 Гц, F2 – 1279 Гц. Ці показники вказують на його стабільну реалізацію в артикуляційно-акустичному просторі, з помірною варіативністю, яка, тим не менш, дозволяє фіксувати індивідуальні відмінності. Голосний [a] демонструє стабільні формантні характеристики, які можна використовувати як маркер у процесі фоноскопичної ідентифікації мовця.

У межах нашого дослідження було також здійснено аналіз впливу шиплячих приголосних [ж], [ш], [ч] на акустичні характеристики голосного [a]. Експериментальні результати засвідчили, що після шиплячих значення другої форманти F2 зростає в порівнянні зі стандартними даними, наведеними у фонетичній літературі. Найбільший вплив фіксувався після приголосного [ж], де значення F2 сягали 1309-1475 Гц. Подібне зростання частоти пояснюємо коартикуляційним впливом акустичних характеристик шиплячих, що модифікують спектральну структуру голосного. Це узгоджується з теоретичними положеннями про нестабільний, але відчутний вплив шиплячих на голосні.

Ми також встановили, що формантні параметри цього звука варіюються в межах статистичної норми. Ми виділили 4 варіації звука [a] та їхнє місце в системі МФА. Отримані варіанти охоплюють від класичного заднього низького голосного [ɑ], до зміщених у напрямку до переднього [a] або центрального [ä] артикуляційних позицій. Також були зафіксовані варіанти, що наближаються до [e]. Ці варіації, хоч і не змінюють фонематичного статусу звука [a], однак є індикаторами індивідуальних особливостей мовлення, що має важливе значення для судово-лінгвістичної експертизи.

У дослідженні ми також виявили, що вік мовця має помітний вплив на акустичну реалізацію голосного [a]. У третій віковій групі (36-49 років) зафіксовано нижчі значення F1 (617-646 Гц) та середньо-заднє положення язика (F2 у межах 1148-1246 Гц), що свідчить про більш закрити артикуляцію. Натомість у першій віковій групі (17-25 років) у мовців спостерігаємо більш відкрити та передню артикуляцію голосного. У мовців-підлітків зафіксували варіативність акустичних параметрів, що пов'язано з фізіологічними змінами мовленнєвого апарату в підлітковому віці. Таким чином, віковий чинник варто враховувати як додатковий параметр у фоноскопичній ідентифікації мовця.

Ще одним важливим результатом нашого дослідження є практичне застосування формантного аналізу на матеріалі реальних записів. Такий підхід дозволив апробувати методіку, адаптувати її до умов судово-лінгвістичного аналізу та продемонструвати її ефективність у вирішенні завдань ідентифікації мовця.

У спектральному аналізі чотирьох аудіофрагментів було зафіксовано такі значення: в аудіо 1 – F1 становив 688 Гц, F2 – 1611 Гц; в аудіо 2 – F1 дорівнював 663 Гц, F2 – 1619 Гц; в аудіо 3 – F1 склав 689 Гц, F2 – 1520 Гц; натомість в аудіо 4 зафіксовано найвище значення F1 – 762 Гц і найнижче F2 – 1249 Гц, що свідчить про мовця з іншими анатомо-фізіологічними особливостями мовленнєвого апарату.

Аналіз реальних аудіозаписів продемонстрував, що акустичні характеристики голосних, а саме форманти, є надійним джерелом інформації для виявлення індивідуальних особливостей мовлення, що може мати вирішальне значення в криміналістиці.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про практичну доцільність використання формантного аналізу для ідентифікації мовця в умовах судово-лінгвістичної експертизи.

Теоретичні положення фонетики української мови щодо стабільності артикуляційного поля голосного [a] потребують корекції з урахуванням контекстуальної та вікової варіативності, виявленої в нашому дослідженні. Особливої уваги заслуговує дискусія щодо рядової належності голосного [a]:

частина науковців традиційно визначає його як задній, тоді як інші наголошують на його середньо-задньому або середньому характері в реальній мовленнєвій практиці. Наші експериментальні дані підтверджують варіативність артикуляційної реалізації голосного [a] та свідчать про можливість його середньо-задньої або середньої реалізації залежно від мовленнєвого контексту.

Практичне значення нашого експерименту полягає у можливості застосування його результатів у судово-лінгвістичній експертизі, при розробці автоматизованих систем розпізнавання мовлення, а також у навчальному процесі. Крім цього, результати можуть бути використані в подальших прикладних дослідженнях, пов'язаних із вивченням акустичних параметрів мовлення в різних регіональних, соціальних або емоційних контекстах. Зібраний корпус, а також апробована методика формантного аналізу можуть бути використані як навчальний матеріал у вищих навчальних закладах, а також як база для подальших експериментів

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні корпусу респондентів за віковими, гендерними та регіональними характеристиками, у поглибленому аналізі інших голосних української мови, вивченні змін формантної структури в різних типах мовлення (спонтанному, читаному, діалогічному тощо), а також у розробці нових методик і програмного забезпечення для автоматизованого аналізу мовлення. Окремим напрямом подальших розвідок є дослідження коартикуляційного впливу різних груп приголосних – губних, задньоязикових тощо на акустичні характеристики голосних, що дозволить глибше зрозуміти механізми їх варіативності у мовленні. Таким чином, дослідження створює ґрунт для подальших наукових розвідок у галузі судової фонетики, лінгвістичної експертизи та автоматичної обробки мовлення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ажнюк Л. В. Лінгвістична експертиза як юридичний інструмент / Магістеріум. Мовознавчі студії. 2017. Вип. 66. 8-15 с. URL:[http://nbuv.gov.ua/UJRN/Magisterium\\_mov\\_2017\\_66\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Magisterium_mov_2017_66_4).
2. Ажнюк Л. В. Лінгвістична експертиза: статус і методологічні презумпції / Л.В. Ажнюк // Мовознавство. 2012. № 3. 47-64 с. URL:  
<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/183654>
3. Бровченко Т. О. Основи контрастивного аналізу мов // Порівняльне дослідження з граматики англійської, української, російської мов. К., 1981. 124-162 с.
4. Будко Т. В. Проблемні питання судово-лінгвістичної семантико-текстуальної експертизи мовлення та рекомендації щодо їх вирішення (на матеріалах кримінальних проваджень): монографія / Т. В. Будко. Київ: Нац. акад. СБУ, 2017. 88 с.
5. Білодід І.К. (ред.). Сучасна українська літературна мова. Вступ. Фонетика. Київ: Наукова думка, 1969. 436 с.
6. Вакуленко М. О. Українська термінологія: комплексний лінгвістичний аналіз: [монографія] / М. О. Вакуленко. Івано-Франківськ: Фоліант, 2015. 361 с., іл.
7. Вул С. М. Авторознавча та лінгвістична експертизи писемного мовлення. // Теорія та практика судової експертизи і криміналістики: науково-практичні матеріали. Х.: Право, 2005. Вип. 5. 161-166 с.
8. Галаган В. І. Процесуальний порядок і тактика одержання зразків для експертного дослідження у кримінальному судочинстві України. Донецьк, 2012. 240 с.
9. Глюк І. Р. Дослідження акустичних особливостей інтегральних характеристик української мови. Магістерська дис.: Кафедра акустики та акустоелектроніки Факультету електроніки НТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». 2019. 91с. URL:<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/f3a69bac-a4a6-4f45-9299-005c8fc7d556/content>;

10. Горошко О. І. Судова лінгвістика: становлення теоретичної парадигми // Теорія та практика судової експертизи і криміналістики: науково-практичні матеріали. Х.: Право, 2005. Вип. 5. 156-161 с.
11. Жовтобрюх М. А., Кулик Б. М. Курс сучасної літературної мови: підручник. Ч. 1. Київ: Рад. школа, 1959. 404 с.
12. Жовтобрюх М. А., Кулик Б. М. Курс сучасної української літературної мови. Київ: Радянська школа, 1965. 423 с.
13. Жовтобрюх М. А., Кулик Б. М. Курс сучасної української літературної мови: [у 2 ч.] / М. А. Жовтобрюх, Б. М. Кулик. Київ: Рад. шк., 1965. Ч. 1 : підруч. для ф-тів мови і л-ри пед. ін-тів. Вид. 3-тє. 422 с.: табл.
14. Златоустова Л. В. Общая и прикладная фонетика: учебн. пособие / Л. В. Златоустова, Р. К. Потапова, В. Н. Трунин-Донской. М.: Изд-во МГУ, 1986. 304 с.
15. Іщенко О. С. Акустична класифікація українських голосних звуків. Експериментальна фонетика. *Dialog der Sprachen, Dialog der Kulturen. Die Ukraine aus globaler Sicht: I. Internationale virtuelle Konferenz der Ukrainistik* München: Verlag Otto Sagner. 2011. 68-79 с. URL: [https://phonetica.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/20011\\_08.pdf](https://phonetica.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/20011_08.pdf)
16. Іщенко О. С. Голосні звуки української мови залежно від темпу мовлення: монографія. К.: Інститут української мови НАН України, 2012. 220 с.
17. Іщенко О. С. Залежність акустичних характеристик голосних звуків української мови від темпу мовлення // Вісник Черкаського університету. 2008. Вип. 140. 15-24 с.
18. Йогансен М. Г. Літературна вимова / М. Г. Йогансен // Загальний курс української мови / [за заг. ред. Л. А. Булаховського]. Х., 1931. 126 с.
19. Кочерган М. П. Зіставне мовознавство / М. П. Кочерган. К.: Вид. центр «Академія», 2006. 289 с.
20. Литвин Т. Можливості судово-лінгвістичної експертизи на поч. ХХІ ст. / Т. Литвин // Право України 2001. №1. 110-113 с.

- 21.Лінгвістична експертиза: підручник / Л. І. Шевченко, Д. Ю. Сизонов; за ред. Л. І. Шевченко. К.: ВПЦ "Київський університет", 2021. 244 с. ISBN 978-966-933-113-7
- 22.Мінчак Г. Б. Фонетика і фонологія сучасної української літературної мови в таблицях і схемах: навч. посіб. Київ: Видавничий центр КНЛУ, 2023. 131 с.
- 23.Міщенко Т. С. Про інтенсивність голосних української мови. Мовознавство. 1974. № 4. 60 с.
- 24.Наконечний М. Ф. Курс сучасної української літературної мови / М.Ф. Наконечний; за ред. Л.А. Булаховського. К., 195 с.
- 25.Основи судової експертизи: навчальний посібник для фахівців, які мають намір отримати або підтвердити кваліфікацію судового експерта Головченко Л. М., Лозовий А. І., Сімакова-Єфремян Е. Б. та ін. / за заг. ред. Головченка Л. М. Харків: Право, 2016. 928 с.
- 26.Петличний І. З. До питання про систему голосних фонем в сучасній українській літературній мові / І. З. Петличний // Питання українського мовознавства. Львів, 1956. Кн. 1. 15-20 с.
- 27.Прадід Ю. Ф. Проблеми лінгвістичної експертизи усного і письмового мовлення в дослідженнях українських учених / Ю. Ф. Прадід // Теорія та практика судової експертизи і криміналістики: науково-практичні матеріали. Х.: Право, 2005. Вип. 5. 166-171 с.
- 28.Прокопова Л. І. Приголосні фонемі сучасної української літературної мови / Л. І. Прокопова. К.: КДУ, 1958. 56 с.
- 29.Руда Х. С., Сабодашко Д. В., Микитин Г. В., Швед М. Є., Бордуляк С. М., Коршун Н.В. «Порівняння методів цифрової обробки сигналів моделей глибинного навчання у голосовій аутентифікації». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*. 2024. 140-160 с. (25):140-60. URL:<https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.25.140160>.
- 30.Русанівський В. М. *Історія української літературної мови*. Підручник. К.: АртЕк. 2001. 392 с. ISBN 966-505-041-9.

31. Русанівський В. М. Звук // Українська мова: енциклопедія. Київ: Укр. енциклопедія, 2007. 186 с.
32. Русанівський В. М. Фонема // Українська мова: енциклопедія. Київ: Укр. енциклопедія, 2007. 760 с.
33. Русанівський В. М., Тараненко О. О., Зяблюк М. П. та ін. Українська мова: енциклопедія. 2-ге вид., випр. і доп. К : Вид-во «Укр. енцикл.» ім. М. П. Бажана, 2004. 824 с.: іл. ISBN 966-7492-19-2.
34. Самойлова О., Печерська І. Експертна профілактика як одна з форм судово-експертної діяльності і роль судового експерта в цій сфері. Молодий вчений. 2022. 58-62 с. doi: 10.32839/2304-5809/2022-2-102-12
35. Свиридова Л. В. Судово-експертна практика проведення лінгвістичної експертизи писемного мовлення. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. 2018. Вип. 18. 290 с. URL: <https://surl.li/gfpbrg>
36. Стеріополо О. І. Парадигматика і синтагматика диференційних ознак фонем української та німецької мов. DSpace: ELAKPI. Репозитарій КПІ ім. Ігоря Сікорського. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4d50b514-4543-413f-9055-b2f1e0f31cf1/content>
37. Судова експертиза: нормативно-правове регулювання та наукові коментарі: навчально-довідковий посібник / [уклад.: Ю. М. Грошевий, М. Л. Цимбал, Е. Б. Сімакова-Єфремян та ін.]. Харків: Одиссей, 2004. 448 с.
38. Сучасна українська літературна мова. Частина 1: конспект лекцій для студентів 2 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 035 - Філологія / О. О. Резван, А. М. Приходько; Харків. нац ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2021. 172 с.
39. Сучасна українська літературна мова: навч. комплекс: посіб. для студ. філол. спеціальностей / за заг. ред. проф. В. Д. Ужченка. 2-ге вид., випр. і доп. Луганськ: Вид-во ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2009. 299 с.
40. Сучасна українська літературна мова: Лексикологія. Фонетика: підручник / А.К. Мойсієнко, О.В. Бас-Кононенко, В.В. Бондаренко та ін. К.: Знання, 2010. 270 с.

41. Тоцька Н. І. Голосні фонемі української літературної мови. Київ, 1973. 193 с.
42. Тоцька Н. І. Сучасна українська літературна мова: Фонетика, орфоепія, графіка, орфографія. Київ: Вища школа, 1981. 183 с.
43. Фонетика сучасної української літературної мови: навч.-метод. посіб. / уклад. З. І. Комарова; МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини. Умань: Візаві, 2021. 148 с. URL: [https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/14214/1/Fonetyka\\_ukrainska.pdf](https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/14214/1/Fonetyka_ukrainska.pdf)
44. Циганок Г. Проблеми систематизації сучасної української фонетичної термінології у галузі розрізнення вокалізму та консонантизму. / Система і структура східнослов'янських мов. 2015. Вип. 8. 57-62 с. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16368/Tsyganok.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
45. Шатух В. Г. Порівняльний аналіз формантного складу українських та англійських голосних фонем // Питання експериментальної фонетики. Київ, 1963. 82-93 с.
46. Ющук І. П. // Українська мова: Підручник для студентів філологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. К.: Либідь, 2004. 640 с. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/sk/sk661731.pdf>
47. Almaadeed N., Aggoun A., Amira A. Text-Independent Speaker Identification Using Vowel Formants // Journal of Signal and Information Processing. 2014. Vol. 5, No. 2. 54-63 p. DOI: 10.4236/jsip.2014.52008.
48. Barreda S. Investigating the use of formant frequencies in listener judgments of speaker size / S. Barreda // Journal of Phonetics. 2016. Vol. 55. 1-18 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2015.11.004>
49. Fant G. Acoustic Theory of Speech Production: With Calculations Based on X-Ray Studies of Russian Articulations / G. Fant. Repr. ed. Berlin: De Gruyter Mouton, 2012. 328 с. ISBN 978-9027916006.
50. Ferguson S. H., Kewley-Port D. Talker differences in clear and conversational speech: Acoustic characteristics of vowels. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2007. No 50. 1241-1255 p.

51. Furui, S.: Digital Speech Processing, Synthesis and Recognition, 2nd edn., 2001. 243-328 p. URL: [https://www.researchgate.net/publication/243776113\\_Digital\\_Speech\\_Processing\\_Synthesis\\_and\\_Recognition](https://www.researchgate.net/publication/243776113_Digital_Speech_Processing_Synthesis_and_Recognition)
52. Hillenbrand J., Getty L. A., Clark M. J., Wheeler K. Acoustic characteristics of American English vowels / J. Hillenbrand, L. A. Getty, M. J. Clark, K. Wheeler // The Journal of the Acoustical Society of America. 1995. Vol. 97, No. 5, Pt. 1. DOI: 10.1121/1.409456.
53. Hollien H. About forensic phonetics / H. Hollien. UDK 81'342:343.98. URL: [https://www.researchgate.net/publication/307445282\\_About\\_forensic\\_phonetics](https://www.researchgate.net/publication/307445282_About_forensic_phonetics)
54. Holmes, J.N., Holmes, W.J.: Using formant frequencies in speech recognition. In: Proc. Eurospeech, Rhodes. 1997. 2083-2086 p. URL: <https://www.idiap.ch/~pgarner/pubs/holmes1997.pdf>
55. Jones D. An Outline of English Phonetics. 2nd ed. Leipzig: B.G. Teubner, 1922. 221 p. URL: <https://dn790005.ca.archive.org/0/items/cu31924027389505/cu31924027389505.pdf>
56. Javiel H., Farrus M. Jitter and shimmer measurements for speaker recognition. *INTERSPEECH, 8th Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 778-781 p. Antwerp, Belgium, 2007.
57. Koval S. Formants matching as a robust method for forensic speaker identification / S. Koval // Proceedings of the 11th Australasian International Conference on Speech Science and Technology (SST 2006), 25-29 June 2006. 125-128 pp.
58. Ladefoged P. Vowels and Consonants: An Introduction to the Sounds of Languages / P. Ladefoged. Oxford: Blackwell, 2001. 204 p. URL: <https://archive.org/details/vowelsconsonants0000lade>
59. Leech G. Introducing corpus annotation // *Corpus Annotation: Linguistic Information from Computer Text Corpora*. Addison Wesley Longman, 1997. 1-19 p.
60. Nolan F., Grigoras C. A case for formant analysis in forensic speaker identification / F. Nolan, C. Grigoras // *The International Journal of Speech*,

- Language and the Law. 2005. Vol. 12, No. 2. 143-173 p. URL:[https://www.researchgate.net/publication/250014026\\_A\\_case\\_for\\_formant\\_analysis\\_in\\_forensic\\_speaker\\_identification](https://www.researchgate.net/publication/250014026_A_case_for_formant_analysis_in_forensic_speaker_identification)
61. Peterson G., Barney H. Control Methods Use in a Study of the Vowels. The Journal of the acoustical society of America. Vol. 24, No. 2. 1951. 175-184 p. URL:[https://pure.mpg.de/rest/items/item\\_2375480/component/file\\_2375479/content](https://pure.mpg.de/rest/items/item_2375480/component/file_2375479/content)
62. Pfitzinger, H. R. (n.d.). Acoustic correlates of the IPA vowel diagram. Department of Phonetics and Speech Communication, University of Munich. URL: [https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2003/papers/p15\\_1441.pdf](https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2003/papers/p15_1441.pdf)
63. Pompino-Marschall B., Steriopolo E., Żygis M. Ukrainian / B. Pompino-Marschall, E. Steriopolo, M. Żygis // Journal of the International Phonetic Association. 2017. Vol. 47, No. 3. 349-357 p. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-international-phonetic-association/article/ukrainian/D20ECF62B57E4162670BD938A4B8EA33>
64. Rodman R., McAllister D., Bitzer D., Cepeda L., Abbitt P. Forensic speaker identification based on spectral moments / R. Rodman, D. McAllister, D. Bitzer, L. Cepeda, P. Abbitt // The International Journal of Speech, Language and the Law. 2002. Vol. 9, No. 1. 22-43 p. URL:[https://www.researchgate.net/publication/246214722\\_Forensic\\_speaker\\_identification\\_based\\_on\\_spectral\\_moments](https://www.researchgate.net/publication/246214722_Forensic_speaker_identification_based_on_spectral_moments)
65. Rose, P. (2002). Forensic speaker identification (1st. ed.). CRC Press. URL: <https://doi.org/10.1201/9780203166369>
66. Solan L, Tiersma P. Hearing voices: Speaker identification in court / L. Solan // Hastings Law Journal. 2003. Vol. 54, No. 2. 373-401 p.
67. Teubert W. Corpus linguistics and lexicography / W. Teubert // Text Corpora and Multilingual Lexicography ed. by W. Teubert. John Benjamins Publishing Company Amsterdam/ Philadelphia, 2007. 125-153 p. URL:[https://www.researchgate.net/publication/240510906\\_Corpus\\_Linguistics\\_and\\_Lexicography](https://www.researchgate.net/publication/240510906_Corpus_Linguistics_and_Lexicography).

68. The Cambridge Handbook of Phonetics / ed. by R.-A. Knight, J. Setter. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. (Cambridge Handbooks in Language and Linguistics). DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108644198>. ISBN 978-1-108-64419-8.
69. Wet, F. D., Weber, K., Boves, L., Cranen, B., Bengio, S., & Bourlard, H. (2004). Evaluation of Formant-Like Features for Automatic Speech Recognition. Journal of the Acoustical Society of America, 116, 1781-1791. URL: [https://www.researchgate.net/publication/37433297\\_Evaluation\\_of\\_Formant-Like\\_Features\\_for\\_Automatic\\_Speech\\_Recognition](https://www.researchgate.net/publication/37433297_Evaluation_of_Formant-Like_Features_for_Automatic_Speech_Recognition)
70. Yang, B. (1996). A comparative study of American English and Korean vowels produced by male and female speakers. Journal of Phonetics, 24 (2), 245–61 URL: <http://fonetiks.info/bgyang/db/96jp.pdf?ckattempt=1>
71. Chomsky N., Halle M. The Sound Pattern of English. New York; Evanston; London: Harper & Row, 1968. 470 p. URL: [https://web.mit.edu/morrishalle/puworks/papers/1968\\_Chomsky\\_Halle\\_The\\_Sound\\_Pattern\\_of\\_English.pdf](https://web.mit.edu/morrishalle/puworks/papers/1968_Chomsky_Halle_The_Sound_Pattern_of_English.pdf)

### Електронні ресурси:

72. Блиск і злидні Sive Base – блог адвоката Семена Ханіна. URL: <https://pravo.ua/blysk-i-zlydni-sive-base-bloh-advokata-semena-khanina/>
73. Експертиза відео-, звукозапису. Сайт Київського науково-дослідного інституту судових експертиз. URL: <https://kndise.gov.ua/video-zvukozapysu/>
74. Експертна спеціальність 7.1, 7.2, «Експертиза відео-, звукозапису». Сайт Луганського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України. URL: <https://luga-ndekc.com.ua/technical-research-of-materials-and-means-of-video-sound-recording/>
75. Лінгвістична експертиза. Сайт Київського експертно-дослідного центру URL: <https://kedc.org.ua/linhvistychna-ekspertyza/>
76. Лінгвістична експертиза. Сайт судово незалежної експертизи України експертно-дослідного тексту URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/prikladi-ekspertiz>

77. Особливості судових експертиз та експертних досліджень: пояснення Мін'юст. Центр дослідження законодавства України. URL: <https://ualaw.org/osoblyvosti-sudovyh-ekspertyz-ta-ekspertnyh-doslidzhen-poyasnennya-minyust>
78. Експертиза відео-, звукозапису при розслідуванні кримінальних проваджень та експертні дослідження для фізичних і юридичних осіб. Сайт Полтавського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру URL: <https://surl.li/tkzzrs>
79. Експертиза матеріалів і засобів відео-звукозапису (фоноскопична). Сайт Одеського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції України URL: <http://ondise.minjust.gov.ua/ekspertiza-materialiv-i-zasobiv-video-zvukozapisu-fonoskopichna/>
80. Про затвердження Інструкції про порядок присвоєння кваліфікації судового експерта експертно-кваліфікаційними комісіями науково-дослідних інститутів судових експертиз Міністерства юстиції України: Наказ Міністерства юстиції України від 22.12.1995 № 32/5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0473-95#Text>
81. Audacity: Free, open source, cross-platform audio software. URL: <https://www.audacityteam.org>
82. Boersma P., Weenink D. PRAAT: Doing Phonetics by Computer. Версія 6.4. 2025. URL: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
83. Formants of Vowels URL: [https://corpus.eduhk.hk/english\\_pronunciation/index.php/2-2-formants-of-vowels/](https://corpus.eduhk.hk/english_pronunciation/index.php/2-2-formants-of-vowels/)
84. Cluster Analysis: Basic Concepts and Algorithms. URL: <https://www-users.cse.umn.edu/~kumar001/dmbook/ch8.pdf>
85. International Phonetic Association. (2024). IPA vowel chart with audio. Wikipedia. Retrieved April 16, 2025. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/IPA\\_vowel\\_chart\\_with\\_audio](https://en.wikipedia.org/wiki/IPA_vowel_chart_with_audio)
86. International Phonetic Association. The International Phonetic Alphabet (IPA). URL: [https://www.internationalphoneticassociation.org/IPAcharts/inter\\_chart\\_2018/IPA\\_2018.html](https://www.internationalphoneticassociation.org/IPAcharts/inter_chart_2018/IPA_2018.html)

87. Microsoft Excel. URL: <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/excel>
88. SIVE BASE. URL: <https://pro-expert.in.ua/ua/p1417523457-programnij-kompleks-dlya.html>
89. Speech Analyzer // SIL International. URL: <https://software.sil.org/speech-analyzer>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Гц – герц

Дб – децибел

МФА – Міжнародний фонетичний алфавіт

ЧОТ – частота основного тону

F0 – частота основного тону

F1 – перша форманта

F2 – друга форманта

F3 – третя форманта

F4 – четверта форманта

## ДОДАТКИ

### Додаток 1

#### Корпус аудіофайлів та анотацій мовлення

Матеріали корпусу мовлення, створені в межах дослідження, розміщено за покликанням:

[https://drive.google.com/drive/folders/1utDVWm8rZUFvjb\\_2mNzPxxRfdMQl1Afl?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1utDVWm8rZUFvjb_2mNzPxxRfdMQl1Afl?usp=share_link)

У папці містяться 29 аудіофайлів загальною тривалістю 9 годин 12 хвилин, а також 22 *TextGrid*-файли (анотації до аудіозаписів). Матеріали створено в рамках експериментального дослідження для аналізу формантної структури голосного [a] у мовленні дикторів. Анотації у форматі *TextGrid* містять розмітку мовленнєвих сегментів для подальшого акустичного аналізу в програмі PRAAT.

Для кожного запису створено три рівні анотації: слово (лексична одиниця, у межах якої здійснюється аналіз), звук (виділення конкретного наголошеного голосного [a] для акустичного дослідження) та примітки (додаткова інформація щодо особливостей вимови або умов запису).

### Додаток 2

#### Список слів для запису

Склади з наголосами та без на початку, в кінці та в середині слова розміщені за покликанням:

[https://docs.google.com/document/d/1OBcl8C9FCxRLP3w4W-ZWHeXs8HQdgW\\_Z/edit](https://docs.google.com/document/d/1OBcl8C9FCxRLP3w4W-ZWHeXs8HQdgW_Z/edit)

### Додаток 3

## Формантна характеристика голосних: узагальнені та індивідуальні дані

Створена таблиця розміщена за покликанням:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ypfNL3OvnGf3SsXOprjPI0LRKDZK72lLrydLcvFloLU/edit?usp=sharing>

У файлі містяться результати аналізу формантної структури голосних звуків, отриманих із записів мовлення. Для кожного звука здійснено обчислення середніх значень формант F1, F2, а також F0 на основі акустичних характеристик, зафіксованих у вимові дикторів.

Файл має узагальнену сторінку «Форманти спільне», де подано середні значення формант звука [a] у всій вибірці. Також у файлі міститься 21 окрема сторінка для кожного мовця з детальними значеннями формант цього звука в наголошеній позиції в 150 словах, що дозволяє простежити індивідуальні артикуляційні особливості.

### Додаток 4

#### Інформація про дикторів

##### 1. Лариса

Вік	47
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	с. Зозів
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська

Мова в побуті	українська
---------------	------------

## 2. Софія

Вік	18
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	м. Київ
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

## 3. Тетяна

Вік	49
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, місто Липовець
Регіон проживання	м. Липовець
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

## 4. Наталія

Вік	49
-----	----

Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	с. Зозів
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

### 5. Ольга

Вік	22
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	м. Київ
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

### 6. Аліна

Вік	22
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	с. Іванів (Вінницька область)

Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

## 7. Ді

Вік	20
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Щаслива
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

## 8. Алла

Вік	37
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, місто Липовець
Регіон проживання	м. Липовець
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

**9. Оксана**

Вік	38
Стать	жіноча
Регіон народження	Рівненська область, місто Здолбунів
Регіон проживання	м. Липовець
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

**10. Валерія**

Вік	17
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	с. Зозів
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

**11. Інна**

Вік	52
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів

Регіон проживання	с. Зозів
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

## 12. Аля

Вік	29
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

## 13. Анна

Вік	22
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Лукашова
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська

Мова в побуті	українська
---------------	------------

#### 14. Катерина

Вік	17
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Лукашова
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

#### 15. Владислава

Вік	23
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

#### 16. Діана

Вік	21
Стать	жіноча

Регіон народження	Вінницька область, село Славна
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

### 17. Ірина

Вік	29
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Славна
Регіон проживання	м. Липовець
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

### 18. Оля

Вік	16
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	с. Зозів
Рідна мова	українська

Мови, якими володіє	українська, російська, англійська
Мова в побуті	українська

### 19. Діна

Вік	22
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, місто Липовець
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

### 20. Анастасія

Вік	17
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, село Зозів
Регіон проживання	м. Липовець
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

### 21. Ліна

Вік	22
Стать	жіноча
Регіон народження	Вінницька область, місто Липовець
Регіон проживання	м. Вінниця
Рідна мова	українська
Мови, якими володіє	українська, російська
Мова в побуті	українська

## Додаток 5

### Типи лінгвістичних експертиз

У межах нашого дослідження здійснено збір і узагальнення класифікацій лінгвістичних експертиз, поданих у працях провідних українських і закордонних науковців. Зібрані матеріали систематизовано та оформлено в єдиний *Pdf*-файл з метою зручного порівняння, аналізу та подальшого використання в науковій роботі.

Файл розміщений за покликанням:

[https://drive.google.com/file/d/1t1WCpKKH-1qwCWoBL3mkfSJP1oj\\_ZC-A/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1t1WCpKKH-1qwCWoBL3mkfSJP1oj_ZC-A/view?usp=sharing)

## Додаток 6

### Формантний аналіз голосних звуків на матеріалі реальних записів

У цьому додатку представлено результати формантного аналізу голосного звука, отримані на основі акустичних вимірювань. Таблиця містить числові

значення основної частоти ( $F_0$ ), частот перших двох формант, а також інтенсивність звуку і тривалість його звучання в мілісекундах.

Таблиця розміщена за покликанням:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1D6tvPLedK7URyjbRXsFzzZ\\_iyocyv8YgOOFBSk\\_DoEg/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1D6tvPLedK7URyjbRXsFzzZ_iyocyv8YgOOFBSk_DoEg/edit?usp=sharing)