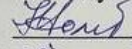


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

УДК 578.087: 577.4

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Наталія Голуб  
«05» 12 2024р.

## Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Аналіз впливу наднизькочастотних флуктуацій геомагнітного поля  
на реакцію метахромазії волютинових гранул»

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ББ-31мп

Опаленик Михайло Михайлович



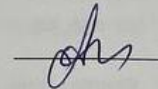
Керівник:

Професор кафедри біоенергетики, біоінформатики  
та екобіотехнології, д.б.н., проф. Горго Юрій Павлович



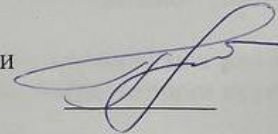
Консультант з економічної частини:

Доцент кафедри економіки і підприємництва,  
к.е.н., доцент Погребняк Анна Юріївна



Рецензент:

пр.н.сп. відділу математичних та технічних методів  
в біології та медицині МННЦІТС НАН та МОН України  
к.б.н., с.н.с., Гонтар Тетяна Михайлівна



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

Студент  Михайло Опаленик

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»  
Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)  
Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»  
Освітньо-професійна програма «Біотехнології»



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Наталія ГОЛУБ  
«29» 08 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту  
Опаленику Михайлу Михайловичу

**1. Тема дисертації** «Аналіз впливу наднизькочастотних флуктуацій геомагнітного поля на реакцію метахромазії волотинових гранул», науковий керівник дисертації Горго Юрій Павлович, докт. біол. наук, професор, затверджені наказом по університету від «05» 11 2024 р. № 4974-С

**2. Термін подання студентом дисертації** 16.12.2024

**3. Об'єкт дослідження:** сформовані масиви кількісних значень реакції метахромазії волотинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та середніх одноденних значень інтенсивності геомагнітного поля на наднизьких частотах, об'єднаних в часі та місці моніторингу, та розрахунків коефіцієнтів кореляції між ними.

**4. Вихідні дані** - розробка алгоритму та програми для визначення кореляційної залежності при моніторингових дослідженнях кольорових змін реакції метахромазії волотинових гранул дріжджів та значень інтенсивності ГМП на частотах нижче 1Гц.

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити**

1. Розробка програмного забезпечення для оцінки змін наднизькочастотних коливань геомагнітного поля на частотах <1 Гц, та методики його використання для співставлення з мікробіологічними даними.

2. Визначення та підготовка масивів кількісних значень оцінки кольорових змін реакції метахромазії волотинових гранул дріжджів та низькочастотної інтенсивності ГМП у Києві за 2009 та 2014 роки.

3. Розробка методики для оцінки релевантного коефіцієнту кореляції між результатами реакції метахромазії волотинових гранул дріжджів та наднизькочастотними коливаннями геомагнітного поля.

4. Визначення коефіцієнта кореляції Спірмена між результатами реакції метахромазії та змінами ГМП за 2009 та 2014 роки.

5. Розробка інформаційного стартап-проекту

**6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу** – презентація (21 аркуш)

**7. Орієнтовний перелік публікацій**

1. Опаленик М.М., Громозова О.М., Грецький І.О., Горго Ю.П. Визначення впливу низькочастотних варіацій геомагнітного поля на реакцію метахромазії волотинових гранул



дріжджів. «Біотехнологія XXI століття»: Мат. XVII міжн. наук.-практ. конф., 19 05 2023. Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2023, с. 257-258.

2. М.М.Опаленик, О.М.Громозова, І.О.Грецький, Ю.П.Горго. Розрахунки кореляцій між низькочастотними варіаціями геомагнітного поля та реакцію метакрохромазії волютинових гранул дріжджів. Мат. XV міжн. конф. з прикладної біофізики, біоніки та біокібернетики, 11 04 2024 р., Київ. – К., 2024, - с.29-30.

3. Опаленик М.М., Горго Ю.П., Грецький І.О., Громозова О.М. Умови проведення моніторингу реакції метакрохромазії волютинових гранул дріжджів та варіацій геомагнітного поля. Біотехнологія XXI століття: Мат.ХVІІІміжн.НПК студентів, аспірантів і молодих вчених, 17 05 2024. К.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2024, с. 246-249.

4. Горго Ю.П., Опаленик М.М. Алгоритм визначення кореляцій між реакцією метакрохромазії волютинових гранул дріжджів та варіаціями геомагнітного поля.Мат. XXIV міжн. наук.- техн.. конф. «Штучний інтелект та інтелектуальні системи - Artificialintelligenceandintelligentsystems - APS'2024», К., 18-19. 10. 24 р. – с. 30-36.

### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Старт-Ап проект	Погребняк А.Ю., к.е.н., доц		

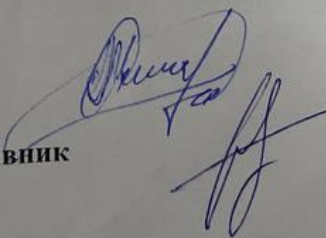
9. Дата видачі завдання 2 вересня 2024 р.

### Календарний план роботи

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка програмного забезпечення	2 -15. 09. 2024	виконано
2	Визначення та підготовка масивів кількісних значень біологічних та геофізичнихданих	16-30. 09. 2024	виконано
3	Розробка методики та оцінка релевантного коефіцієнта кореляції між непараметричними даними	1 - 13. 10 2024	виконано
4	Підготовка літературного огляду та звіту для захисту переддипломної практики	14 - 27.10 2024	виконано
5	Підготовка експериментальної частини роботи та аналіз отриманих результатів	28.10-16.11 2024	виконано
6	Розробка стартап-проекту	17-24.11. 2024	
7	Підготовка дисертації, висновків та презентації для попереднього захисту	25. 11- 5.12. 2024	виконано
8	Оформлення магістерської дисертації та підготовка презентації для захисту	06 – 20.12 2024	виконано

Студент

Науковий керівник



Михайло ОПАЛЕНИК

Юрій ГОРГО

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 83 стор., 21 рисунок, 24 таблиці, 44 посилань

Актуальною науковою проблемою сучасності є дослідження впливу ГМП та його наднизькочастотних характеристик на живі об'єкти. Особливу увагу привертають волютинові гранули, які виконують функцію накопичення поліфосфатів у клітинах і демонструють складні взаємодії з навколишнім середовищем, зокрема реакцію на зовнішні стимули, такі як магнітне поле. У зв'язку з цим, вивчення впливу НКМПЗ на волютинові гранули дріжджів є перспективним напрямом, що дозволяє виявити механізми, за допомогою яких живі організми реагують на зміни зовнішнього середовища.

Метою цього дослідження було визначення значень напруженості геомагнітного поля на частотах нижче 1 Гц та розрахунок коефіцієнтів кореляції із кількісно оціненими змінами реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів. Для досягнення поставленої мети була розроблена та модифікована програма для визначення й аналізу варіацій напруженості ГМП на частотах 0,1, 0,01, 0,001 та 0,0001 Гц. Також були створені масиви даних, що включають кількісні значення реакції МТХ волютинових гранул дріжджів та значення низькочастотних характеристик ГМП за одногодинні та добові періоди у 2009 та 2014 роках (м. Київ). Для встановлення взаємозв'язку між значеннями наднизькочастотних флуктуацій геомагнітного поля та реакцією метакромазії дріжджових клітин проведено розрахунки коефіцієнтів кореляції за методом Спірмена.

*Об'єктом дослідження* стали масиви кількісних даних, що характеризують реакцію метакромазії волютинових гранул та середні одногодинні значення інтенсивності геомагнітного поля, синхронізовані за часом та місцем моніторингу.

Ключові слова: реакція метакромазії, волютинові гранули, наднизькочастотні коливання, коефіцієнт кореляції, геомагнітне поле.

## **ABSTRACT**

Master's Thesis: 83 pages, 21 figures, 24 tables, 44 references

A pressing scientific issue of the present is the study of the effects of the geomagnetic field (GMF) and its ultra-low-frequency characteristics on living organisms. Particular attention is drawn to volutin granules, which serve as storage for polyphosphates in cells and exhibit complex interactions with their surroundings, including responses to external stimuli such as magnetic fields. Consequently, investigating the influence of ultra-low-frequency geomagnetic field variations (ULFGMF) on yeast volutin granules represents a promising avenue for uncovering the mechanisms by which living organisms react to environmental changes.

The aim of this study was to determine GMF intensity values at frequencies below 1 Hz and to calculate correlation coefficients with quantitatively assessed changes in the metachromasia response of yeast volutin granules. To achieve this goal, a software program was developed and modified to identify and analyze GMF intensity variations at frequencies of 0.1, 0.01, 0.001, and 0.0001 Hz. Data arrays were also created, including quantitative measurements of the metachromasia (MTC) response of yeast volutin granules and the low-frequency GMF characteristics for hourly and daily periods in the years 2009 and 2014 (Kyiv). Correlation coefficients were calculated using Spearman's method to establish the relationship between ultra-low-frequency fluctuations in the geomagnetic field and the metachromasia response of yeast cells.

The object of the study consisted of quantitative datasets characterizing the metachromasia response of volutin granules and hourly average values of GMF intensity synchronized in time and location of monitoring.

Keywords: metachromasia response, volutin granules, ultra-low-frequency oscillations, correlation coefficient, geomagnetic field.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	13
1.1.Морфологічні та структурні особливості волютинових гранул у клітинах дріжджів.....	13
1.2.Загальні властивості та механізми прояву реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	15
1.3.Магнітне поле Землі: природа, структура та варіації.....	17
1.4.Параметри активності ГМП та їх характеристика.....	20
1.5.Вплив наднизькочастотних флуктуацій магнітного поля Землі на біологічні системи.....	23
2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	27
2.1.Матеріали та методи.....	27
2.1.1.Метод проведення аналізу реакції метакромазії волютинових гранул у дріжджових клітинах.....	27
2.1.2.Розробка та застосування програми для аналізу і візуалізації наднизькочастотних варіацій геомагнітного поля .....	28
2.1.3.Використання статистичних методів обробки даних: алгоритми розрахунку коефіцієнтів кореляції.....	33
2.2.Отримані результати та обговорення.....	38
2.2.1.Аналіз та візуалізація амплітудних характеристик коливань геомагнітного поля на різних частотах.....	38
2.2.2 Оцінка середніх абсолютних значень амплітуди коливань геомагнітного поля за годинні добові періоди.....	41
2.2.3.Встановлення кореляційних залежностей між амплітудою низькочастотних варіацій геомагнітного поля та показниками реакції метакромазії волютинових гранул у клітинах дріжджів.....	48
3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	55
3.1.Бізнес-ідея, мета стартапу та об'єкт дослідження.....	55
3.2.SWOT-аналіз.....	57
3.3.Ключові фактори успіху проекту.....	59
3.4.Цільові групи споживачів.....	61
3.5.Оцінка попиту та обсяги виробництва.....	62
3.6.Паспорт споживача.....	65

3.7.Ціна інноваційної пропозиції.....	66
3.8.Бізнес-модель та карта бізнес-процесів.....	70
3.9.Оцінка ризиків та управління ними.....	73
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	76
4.1 Організація охорони праці в лабораторії з комп'ютерами.....	76
4.1.1.Забезпечення безпечних умов виконання робіт у лабораторіях, де виконуються комп'ютерні дослідження і експерименти.....	76
4.1.2Оптимізація освітлення в робочих приміщеннях.....	77
4.1.3Контроль стану аерозольного середовища в зоні праці.....	78
4.1.4.Заходи щодо мінімізації впливу виробничого шуму та вібрації .....	80
4.1.5.Забезпечення безпеки електричних систем та розробка відповідних заходів захисту.....	81
4.2.Організація заходів безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.....	83
4.2.1.Розробка та реалізація превентивних заходів із запобігання пожежам і забезпечення пожежної безпеки.....	83
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ГМП – геомагнітне поле

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ЕМП - електромагнітні поля

МБ - магнітна буря

МП - магнітне поле

МПЗ - магнітне поле Землі

МТХ – реакція метахромазія

НКМПЗ – наднизькочастотні коливання магнітного поля Землі

ПФ – поліфосфати

## ВСТУП

Живі організми демонструють чутливість до змін параметрів магнітного поля Землі. Зокрема, реакція на раптові зміни геомагнітного поля (ГМП) проявляється в поведінкових реакціях, функціональних характеристиках та параметрах нормальної життєдіяльності біологічних систем [1]. Останнім часом значна увага приділяється дослідженню впливу ГМП на мікроорганізми, зокрема на дріжджі. Проте остаточно не встановлено, які саме параметри ГМП зумовлюють вплив на біологічні об'єкти.

Це питання актуальне також щодо волютинових гранул, які є місцями накопичення поліфосфатів у клітинах. Ці структури демонструють складну взаємодію із середовищем і можуть реагувати на різноманітні зовнішні стимули, включаючи магнітне поле [2]. Реакція метакромазії (МТХ) волютинових гранул є інструментом для визначення поліфосфатного статусу волютинових гранул, проте її прояви можуть варіювати залежно від космофізичних подій [3]. Явище метакромазії характеризується зміною кольору при фарбуванні толуїдиновим синім, що обумовлено зміною спектральних характеристик поглинання барвника залежно від його концентрації та середовища. Багато досліджень реакції метакромазії спрямовані на розробку методів аналізу та пояснення прояву цих кольорових змін [3, 4].

Попередні дані свідчать, що динаміка кольорових і структурних змін реакції МТХ волютинових гранул дріжджів корелює з варіаціями ГМП, особливо під час магнітних збурень і бур [3, 4]. Раніше було створено програмне забезпечення для розрахунку напруженості ГМП на різних частотах, яке дозволяло оцінювати вплив низькочастотних компонент (<1 Гц) геомагнітного поля на молекулярні та клітинні процеси [5]. Проте ця програма не забезпечувала детального порівняння біологічних та геофізичних даних у спільному просторово-часовому вимірі. Водночас є припущення, що вплив флуктуацій ГМП на біологічні об'єкти залежить від інтенсивності коливань, яка найвища за низькочастотних значень [4, 6, 7].

Дослідження впливу низькочастотних флуктуацій ГМП на волютинові гранули дріжджів дозволяють розкрити механізми їхньої реакції на зміни навколишнього середовища. Особливо актуальними є дослідження, що спрямовані на вивчення впливу параметрів ГМП на реакцію метакромазії волютинових гранул з метою з'ясування молекулярної чутливості поліфосфатів до цих параметрів і визначення їхньої ролі в біотехнологічних процесах.

У рамках роботи, виконаної на замовлення відділу промислових мікроорганізмів ІМВ ім. Д. К. Заболотного НАН України, проведено аналіз впливу низькочастотних флуктуацій напруженості геомагнітного поля на реакцію МТХ волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Аналіз здійснювався через графічні порівняння та розрахунок коефіцієнтів кореляції, використовуючи щоденні значення реакції метакромазії за 2009 і 2014 роки – періоди з мінімальною та максимальною сонячною активністю відповідно. Дані збиралися в Інституті мікробіології та вірусології НАН України в режимі моніторингу [8].

**Мета дослідження** - розробка алгоритму та програмного забезпечення для визначення кореляційної залежності при моніторингових дослідженнях кольорових змін реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та значень інтенсивності ГМП на частотах нижче 1Гц.

**Завдання дослідження:**

1. Розробка програмного забезпечення для оцінки змін наднизькочастотних коливань геомагнітного поля на частотах менше 1 Гц, та методики його використання для співставлення з мікробіологічними даними.

2. Визначення та підготовка масивів кількісних значень оцінки кольорових змін реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та низькочастотної інтенсивності ГМП у Києві за 2009 та 2014 роки.

3. Розробка методики для оцінки релевантного коефіцієнту кореляції між результатами реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та наднизькочастотними коливаннями геомагнітного поля.

4. Визначення коефіцієнта кореляції Спірмена між результатами реакції метахромазії та змінами ГМП за 2009 та 2014 роки.

5. Розробка інформаційного стартап-проекту

**Об'єкт дослідження:** масиви кількісних даних, що характеризують реакцію метахромазії волютинових гранул та середні одногодинні значення інтенсивності геомагнітного поля, синхронізовані за часом та місцем моніторингу.

**Предмет дослідження:** розрахунки коефіцієнтів кореляції між низькочастотними флуктуаціями геомагнітного поля та реакцією метахромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

**Методи дослідження:** біологічні - аналіз реакції метахромазії (МТХ) у клітинах дріжджів, фізичні - світлова мікроскопія, математичні - розрахунки коефіцієнту кореляції Спірмена, статистичні методи.

**Наукова новизна.** В роботі вперше проведені визначення релевантного коефіцієнту кореляції між результатами реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та наднизькочастотними коливаннями геомагнітного поля в періоди різної сонячної активності.

Отримані дані інтенсивності ГМП на частотах  $< 1$  Гц показали їх відповідність теоретичним розрахункам, що із зменшенням частоти флуктуацій ГМП збільшується його інтенсивність та впливи на біологічні процеси.

**Практичне значення роботи.** Створене програмне забезпечення та розроблена методика визначення релевантного коефіцієнта кореляції дозволить дослідникам швидко, надійно і точно в режимі моніторингу аналізувати вплив низькочастотних змін геомагнітного поля на різні біологічні процеси, зокрема реакцію метахромазії дріжджів.

Розроблена методика розрахунків може бути використана у мікробіології, екології, медицині, в біотехнологічних та космічних дослідженнях. Може бути сформовано попит серед академічних установ та серед приватних компаній, що займаються моніторингом навколишнього середовища або дослідженнями впливу геофізичних факторів на живі організми.

Отримані в роботі результати апробовані в доповідях та тезах:

1. Опаленик М.М., Громозова О.М., Грецький І.О., Горго Ю.П. Визначення впливу низькочастотних варіацій геомагнітного поля на реакцію метакрохромазії волютинових гранул дріжджів. «Біотехнологія XXI століття»: Мат. XVII міжн. наук.-практ. конф., 19 05 2023. Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2023, с. 257-258.
2. М.М.Опаленик, О.М.Громозова, І.О.Грецький, Ю.П.Горго. Розрахунки кореляцій між низькочастотними варіаціями геомагнітного поля та реакцію метакрохромазії волютинових гранул дріжджів. Мат. XV міжн. конф. з прикладної біофізики, біоніки та біокібернетики, 11 04 2024 р., Київ. – К., 2024, - с.29-30.
3. Опаленик М.М., Горго Ю.П., Грецький І.О., Громозова О.М. Умови проведення моніторингу реакції метакрохромазії волютинових гранул дріжджів та варіацій геомагнітного поля. Біотехнологія XXI століття: Мат. XVIII міжн. НПК студентів, аспірантів і молодих вчених, 17 05 24. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024, с. 246-249.
4. Горго Ю.П., Опаленик М.М. Алгоритм визначення кореляцій між реакцією метакрохромазії волютинових гранул дріжджів та варіаціями геомагнітного поля. Мат. XXIV міжн. наук.- техн.. конф. «Штучний інтелект та інтелектуальні системи – Artificial intelligence and intelligent systems - AIIIS'2024», К., 18-19. 10. 24 р. – с. 30-36.

Експериментальні дослідження проводилися у відділі фізіології промислових мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Щиро дякуємо завідувачці лабораторії, доктору біологічних наук Громозовій О.М., та кандидату біологічних наук, старшому науковому співробітнику Грецькому І.О. за цінні рекомендації та допомогу у виконанні роботи.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Морфологічні та структурні особливості волютинових гранул у клітинах дріжджів

Клітини *Saccharomyces cerevisiae* містять внутрішньоклітинні структури, які демонструють метакроматичні властивості при обробці метиленовим синім, що належить до тіазинових барвників (рис. 1.1, А). Ці утворення - метакроматичні гранули, зазвичай характеризуються як щільні агрегати сферичної або гроноподібної форми, що слугують внутрішньоклітинними резервуарами фосфатів [8]. Використання сучасних цитохімічних методів забезпечує можливість вивчення поліфосфатних (ПФ) гранул, їхньої морфології, топографії, структури та передбачення фізико-хімічного стану [7]. Проте аспекти метаболізму поліфосфатів у цих гранулах залежно від їхнього поліфосфатного статусу, а також вплив геофізичних факторів на ці процеси залишаються недостатньо дослідженими [5, 3].

Метакроматичні гранули дріжджів здатні досягати значних розмірів, що складають близько 50% від ширини та довжини клітини (3–4 мкм). Такий масштаб дозволяє проводити їхній тривимірний аналіз із високою роздільною здатністю за допомогою конфокальної мікроскопії. Хоча дифракційний бар'єр оптичного мікроскопа обмежує можливості детального дослідження поверхні цих утворень, отримані зображення відображають їхню загальну форму і просторову організацію.

Експерименти показали відсутність взаємодії гранул із барвниками, які використовуються для виявлення ліпідів (наприклад, судан III і IV) або глікогену (розчини йодистого калію). Утім, ці гранули активно фарбуються люмінофорами, такими як акридиновий помаранчевий (АТ) та DAPI. При обробці акридиновим помаранчевим гранули набувають червоного флуоресцентного забарвлення, а при фарбуванні DAPI проявляють інтенсивний жовтий колір (рис. 1, Б, В). Червоне свічення вказує на можливу наявність нуклеїнових кислот або інших негативно

заряджених полімерних молекул, тоді як стійке жовте світіння під ультрафіолетом свідчить про присутність поліфосфатів.

Спостереження за живими нефіксованими клітинами показало, що багато метахроматичних гранул, які містяться у вакуолях, не прив'язані до їхньої внутрішньої мембрани, а перебувають у постійному русі. Ця динамічна поведінка добре помітна за допомогою фазово-контрастної та люмінесцентної мікроскопії. Через таку рухливість ці структури отримали назву "танцюючі тільця" (dancing bodies) [9].

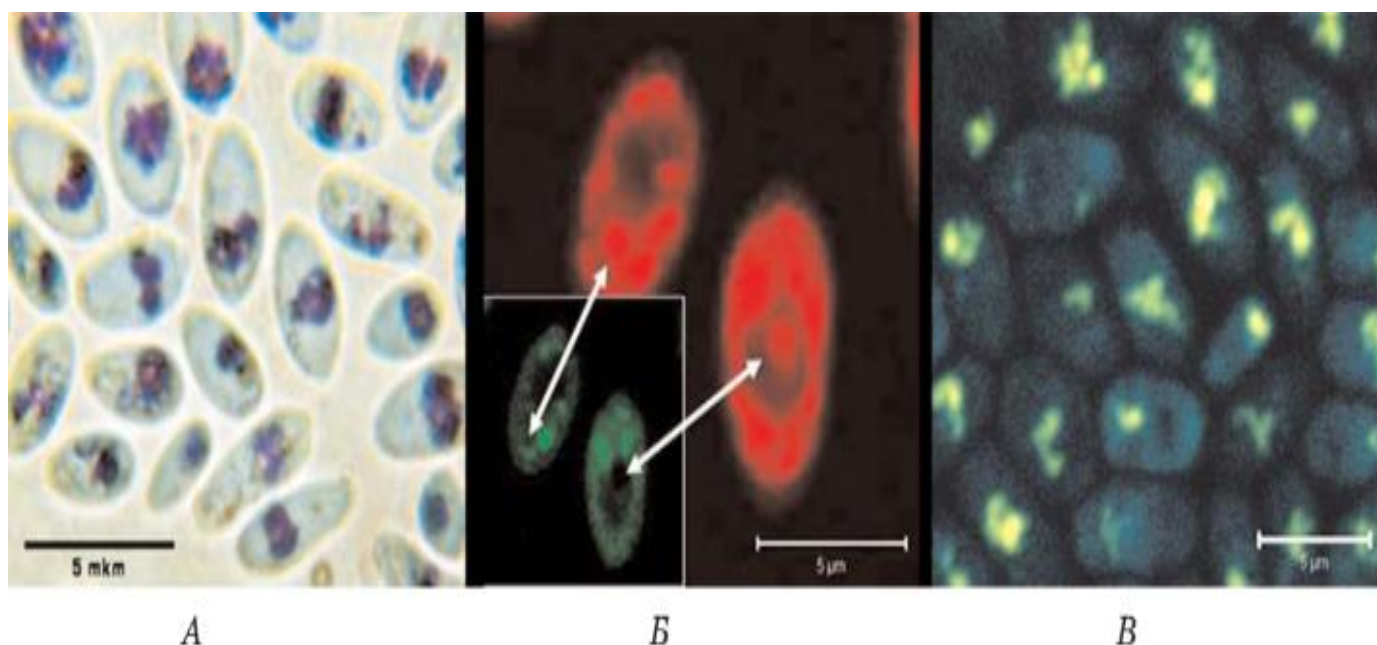


Рис. 1.1. Клітини *Saccharomyces cerevisiae*, оброблені різними барвниками, продемонстрували такі результати: А - метиленовий синій; Б - акридиновий помаранчевий, який виявляє флуоресценцію в зеленій зоні спектра (505–530 нм) і червоній (560–615 нм); В - DAPI. Зображення А було отримано за допомогою світлопольної мікроскопії, тоді як зображення Б і В створено за допомогою лазерної конфокальної мікроскопії. Розмірна шкала на всіх зображеннях становить 5 мкм [9].

## 1.2 Загальні властивості та механізми прояву реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

Метахроматичне забарвлення волютинових гранул є характерним явищем як для прокаріотичних, так і для еукаріотичних мікроорганізмів. Воно пояснюється здатністю барвників, таких як толуїдиновий або метиленовий синій, формувати агрегати при взаємодії з неорганічними поліфосфатами, що складають основу цих гранул [9].

При фарбуванні толуїдиновим синім виділяють три основні типи метахромазії:  $\alpha$ -,  $\beta$ - та  $\gamma$ -. Кожен із них відображає різний характер забарвлення:  $\alpha$ -метахромазія не викликає змін у кольорі,  $\gamma$ -метахромазія дає насичений червоний колір, а  $\beta$ -метахромазія характеризується слабким фіолетовим відтінком, який є проміжним між синім та червоним. Згідно з сучасними уявленнями, ці відмінності обумовлені структурою барвника:  $\alpha$ -метахромазія відповідає мономерній формі,  $\beta$ -метахромазія — невеликим полімерним комплексам, а  $\gamma$ -метахромазія пов'язана з формуванням великих полімерів. Така класифікація є умовною і використовується для приблизного опису [12].

Причини виникнення метахромазії залишаються недостатньо зрозумілими. Феномен зміни кольору, що відрізняється від базового забарвлення барвника, може спостерігатися навіть у стандартних умовах вирощування мікроорганізмів. Волютинові гранули містять полімерні неорганічні поліфосфати (рис. 1.2), довжина яких визначає характер їхнього метахроматичного забарвлення. Ці поліфосфати виконують широкий спектр регуляторних функцій.

Останнім часом особливий інтерес викликає вивчення впливу магнітного поля на мікроорганізми, зокрема дріжджові клітини. Волютинові гранули, що накопичують поліфосфати, демонструють складну взаємодію із середовищем і здатні реагувати на різні зовнішні чинники, включаючи вплив МП. Дослідження, які

вивчають реакцію дріжджів на наднизькочастотні коливання ГМП, дозволяють краще зрозуміти механізми адаптації цих організмів до змін довкілля.

Одним із можливих чинників зміни метахроматичного забарвлення може бути вплив космічної погоди, що вперше було продемонстровано С.Т. Вельховером і А.Л. Чижевським. Вони описали цей ефект як біоастрономічний феномен, який отримав назву ефект Чижевського-Вельховеера [10, 11]. Багаторічні дослідження, проведені у відділі фізіології мікроорганізмів, підтвердили, що метахромазія волютинових гранул дріжджів має зв'язок із космофізичними факторами. Зміни у довжині поліфосфатних ланцюгів, які зумовлені цими впливами, можуть призводити до специфічних реакцій у біологічних об'єктах.

Завданням сучасних досліджень є розробка методів врахування та пояснення змін метахромазії у відповідь на космофізичні події та параметри магнітного поля Землі. Вивчення реакції волютинових гранул на ці стимули дозволить визначити молекулярні механізми чутливості поліфосфатів до змін параметрів МПЗ, а також встановити особливості їх функціонування в біотехнологічних процесах. Окрім того, використання матеріалів із відомими екранувальними властивостями може стати важливим підходом до визначення домінуючих чинників впливу [11].

Таким чином, дослідження магнітного впливу на метахромазію волютинових гранул є перспективним напрямом для розкриття механізмів адаптації мікроорганізмів до змін у навколишньому середовищі.

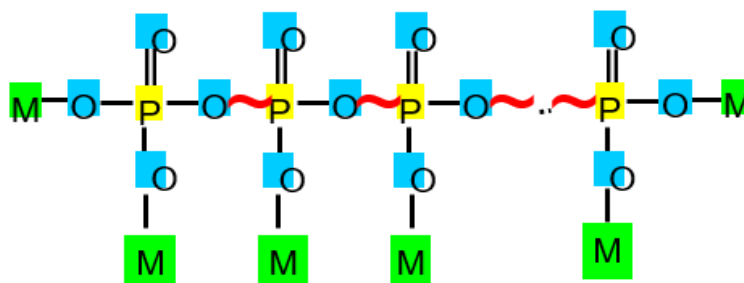


Рис.1.2.Будова лінійних неорганічних поліфосфатів  $(PO_4)_n$

### **1.3 Магнітне поле Землі: природа, структура та варіації.**

Магнітне поле Землі, відоме як геомагнітне поле, формується завдяки руху рідкого заліза у зовнішньому ядрі планети. Його структура складається з двох основних компонентів: статичної, яка є відносно стабільною і формується внаслідок внутрішніх процесів у ядрі, та змінної, яка виникає через електричні струми в іоносфері й магнітосфері. Ця змінна компонента піддається впливу сонячного вітру та інших зовнішніх чинників, створюючи динамічний характер геомагнітного поля [10, 32].

Електромагнітні поля, присутні у біосфері, умовно поділяються на три категорії за їхнім походженням: геофізичні поля, антропогенні поля та поля, які генеруються біологічними процесами. Геофізичні поля виникають у природному середовищі Землі й залежать від його динамічних характеристик, а також від впливу як природних, так і техногенних факторів [6, 34].

Геомагнітне поле є силовим геофізичним полем, джерелом якого виступають електромагнітні процеси у ядрі Землі та магнітні властивості земної кори. Основна частка цього поля (близько 99%) припадає на постійну складову, тоді як змінна складова (приблизно 1%) виникає через електричні струми в іоносфері та магнітосфері. Амплітуда змінної компоненти суттєво збільшується під час магнітних бур — значних порушень у магнітосфері, викликаних взаємодією із сонячним вітром. Крім того, космічні джерела, зокрема радіохвилі, також є природним фактором впливу на електромагнітне поле [6, 27].

Передача енергії від Сонця до Землі здійснюється головним чином через електромагнітне випромінювання та корпускулярні потоки. Електромагнітне випромінювання є ключовим механізмом, оскільки через нього надходить основна частина сонячної енергії, зосередженої переважно у видимому та інфрачервоному діапазонах довжин хвиль [28].

Згідно з сучасними уявленнями, існують два основні механізми, що пояснюють вплив сонячної активності на магнітосферу Землі. Перший полягає у формуванні міжпланетної магнітної хмари внаслідок викиду корональної маси під час сонячних спалахів. Якщо ця хмара має південну компоненту магнітного поля, тобто  $V_z < 0$  і наближається до Землі, це призводить до магнітних бур [6].

Другий механізм передбачає взаємодію швидких і повільних потоків сонячного вітру, яка виникає у міжпланетному просторі через корональні діри. У зоні зіткнення утворюється область стиснення та деформації магнітної плазми з південною компонентою ( $V_z < 0$ ), що також спричиняє магнітні збурення при досягненні Землі.

Таким чином, геомагнітне поле, як частина складних геофізичних процесів, є ключовим елементом взаємодії між Сонцем і Землею, значною мірою визначаючи її енергетичну та магнітну динаміку.

Сонце демонструє циклічні зміни своєї активності, які відомі як 11-річні сонячні цикли. Ці цикли характеризуються коливаннями кількості сонячних плям, що є індикатором магнітної активності Сонця. На графіку (рис. 1.3) зображено зміну щомісячної кількості сонячних плям у сонячних циклах №23–25.

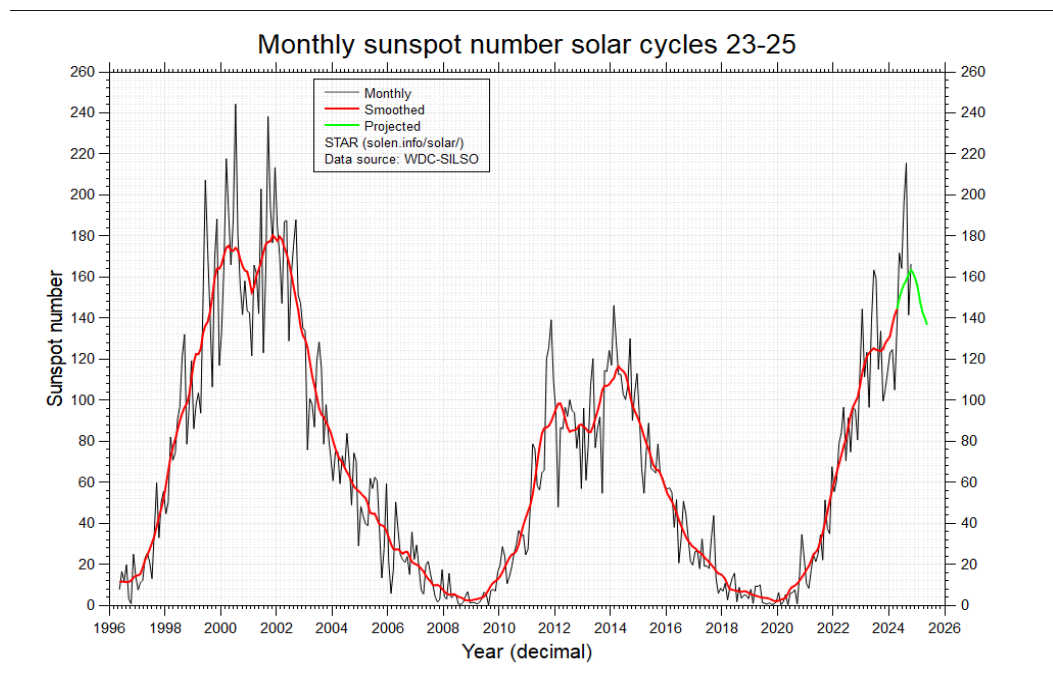


Рис.1.3. Місячна кількість сонячних плям (цикли 23–25)

Ми перебуваємо в 25-му сонячному циклі, який розпочався у 2019 році. Згідно з даними, активність у цьому циклі поступово наближалася до свого максимуму, що спостерігався у 2023 році. Зелена лінія на графіку вказує на прогнозоване зниження активності у наступні роки. Кожен цикл має фази зростання (до максимуму активності) та спаду (до мінімуму). Пік активності супроводжується збільшенням кількості плям, спалахів та інших проявів сонячної активності. Дослідження сонячних циклів має критичне значення для розуміння впливу сонячної активності на Землю, зокрема для космічної погоди, радіозв'язку, супутників та електромереж.

Розподіл ГМП в просторі зазвичай описують за допомогою трьох основних параметрів: горизонтальної складової, нахилу ( $I$ ) — кута між вектором поля і горизонтальною площиною, та схилення ( $D$ ) — кута між напрямками на геомагнітний і географічний полюси [27].

Розташування геомагнітного поля у північній і південній півкулях відрізняється, що спричиняє виникнення магнітних аномалій. Ці зони, де значення магнітних характеристик змінені, варіюються за масштабом, формою і інтенсивністю. Найбільші аномалії можуть досягати розмірів континентів, тоді як локальні охоплюють кілька десятків чи сотень кілометрів. Їх причиною є нерівномірний розподіл намагнічених гірських порід у земній корі, частка яких становить близько 1% від загальної величини геомагнітного поля [10, 31].

Основна складова геомагнітного поля, відома як головне поле, генерується електричними струмами в рідкому ядрі Землі. Воно змінюється з часом як за інтенсивністю, так і за конфігурацією. Ці зміни, що називаються віковими варіаціями, охоплюють різні часові шкали — від десятиліть до тисячоліть, і впливають як на силу магнітного поля, так і на його просторовий розподіл [5].

Магнітні коливання зовнішнього походження класифікують за спектральними й енергетичними характеристиками. Їх можна умовно розділити на кілька типів: повільні циклічні, періодичні, збурені й короткоперіодичні коливання [11].

Сонячний вітер, потік заряджених частинок від Сонця, взаємодіє із геомагнітним полем Землі, формуючи магнітосферу — захисний бар'єр, який перешкоджає проникненню більшості частинок. Проте під час сонячних збурень, коли потоки сонячного вітру стають більш енергетичними та густими, частина цих частинок все ж проникає у магнітосферу, зокрема через її хвостову область. Це призводить до генерації електричних полів, активізації конвективних рухів, проникнення частинок у високі широти, виникнення полярних сьайв і посилення струмів, що викликає магнітні бурі.

У разі незначних змін сонячного вітру в магнітосферу потрапляє лише один імпульс, що спричиняє короткочасне збурення, відоме як суббуря. Водночас потужні сонячні збурення викликають послідовні імпульси, які накладаються один на одного, утворюючи складну магнітну бурю [10].

#### **1.4 Параметри активності ГМП та їх характеристика**

Зміни у магнітному полі Землі є ключовою характеристикою космічної погоди, яка впливає на різноманітні аспекти діяльності людини. Вони можуть спричинити збої у роботі систем зв'язку, навігаційного обладнання космічних апаратів, викликати вихрові індукційні струми в трубопроводах і трансформаторах, а також пошкоджувати енергетичні мережі. Крім того, геомагнітна активність здатна впливати на біологічні процеси, такі як інтенсивність синтезу поживних речовин та інші фізіологічні функції живих організмів [8, 27, 30].

До основних проявів змін геомагнітного поля належать сильні збурення, включаючи магнітні бурі, суббурі та слабші коливання у вигляді магнітних пульсацій (рис. 1.4). Геомагнітна буря - це збурення магнітного поля Землі, спричинене взаємодією ударної хвилі сонячного вітру з магнітосферою Землі. За амплітудою геомагнітна буря ( $Dst$ ) класифікується як помірна ( $-50$  нТл ÷  $-100$  нТл),

інтенсивна (-100 нТл ÷ -250 нТл) або супербуря (-250 нТл до -600 і більше). А або К-індекси, відповідно, 4-5, 6-7, 8-9.

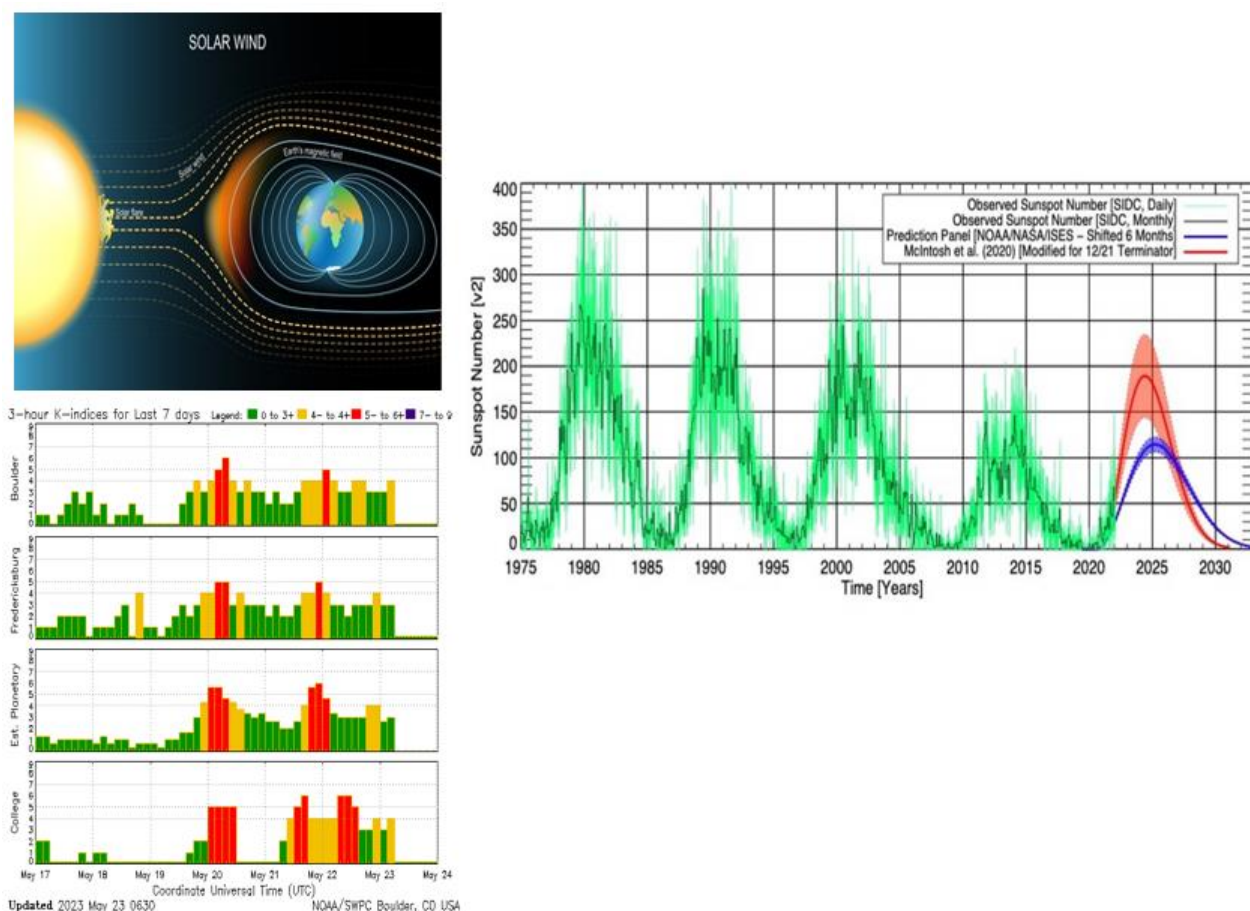


Рис. 1.4. Сонячна активність та її вплив на Землю: сонячний вітер, цикли сонячних плям та індекс К (геомагнітна активність).

Оцінка стану магнітосфери здійснюється за допомогою індексів, розрахованих на основі змін магнітного поля, зафіксованих на поверхні Землі. Існує умовна класифікація, яка передбачає три основні групи:

1. Локальні індекси геомагнітної активності: С, К, аК, rH, Q.
2. Планетарні індекси геомагнітної активності: Сі, Ср, Кр, Km, Ks, Кп, ар, Ар, am, Am, aa, Aa.
3. Індекси активності окремих джерел магнітного поля: Dst, AE, PC.

Для оцінки геомагнітної активності на планетарному рівні використовується Сі-індекс, який вказує на добові збурення магнітного поля [8, 34]. Його значення розраховується як середнє арифметичне С-індексів, отриманих з даних приблизно 30 магнітних обсерваторій.

При визначенні індексів враховуються такі вимоги: фізична зрозумілість, простота використання, можливість оперативного аналізу, наочність, а також наявність довготривалих даних для дослідження змін [27, 29].

Попри те, що ідеального індексу, який би відповідав усім критеріям, не існує, К-індекс є найбільш поширеним і широко застосовуваним. Запроваджений у 1939 році, він відображає рівень геомагнітної активності в трьохгодинних інтервалах, починаючи з 00:00 UTC [32, 27]. Значення К-індексу варіюється від 0 до 9, де К=9 вказує на сильне збурення (амплітуда понад 2500 нТл у полярних областях і понад 300 нТл на низьких широтах). Порогове значення амплітуди для К=9 встановлюється окремо для кожної обсерваторії на основі аналізу історичних даних, зокрема за подіями 16 квітня 1938 року [31, 35].

Планетарний К<sub>p</sub>-індекс визначає рівень збурень у трьохгодинному інтервалі, використовуючи дані з 12 обсерваторій, розташованих між 48° і 63° геомагнітними широтами [8].

- К<sub>s</sub>: стандартизований К-індекс для Південної півкулі.
- К<sub>n</sub>: для Північної півкулі.
- К<sub>m</sub>: середня планетарна збуреність.

Інші важливі індекси геомагнітної активності:

- а<sub>p</sub> і А<sub>p</sub>: планетарні індекси, розраховані за лінійною шкалою.
- а<sub>k</sub> і А<sub>k</sub>: еквівалентні амплітуди збурень для трьохгодинного або добового періоду.
- D<sub>st</sub>: середнє значення годинних збурень на основі даних низькоширотних станцій.

- PC: показник полярної активності, що базується на даних однієї станції поблизу полярного кола.
- AU, AL, AE, AO: індекси, що характеризують активність в авроральній зоні, зокрема посилення іоносферних струмів [8].

Ці індекси дозволяють аналізувати збурення магнітного поля, їх амплітуду, часові варіації та вплив на різні географічні широти.

### **1.5. Вплив наднизькочастотних флуктуацій магнітного поля Землі на біологічні системи**

Відсутність єдиної теорії магнітобіології та прогностичних моделей пояснюється складністю розуміння біологічного впливу слабких низькочастотних магнітних полів, енергія яких значно нижча за енергію біохімічних процесів [14]. Низькочастотна магнітобіологія, що є напрямком біофізики і досліджує вплив магнітних і електричних полів з частотами від одиничних герц до сотень, також має багато невирішених проблем [15]. Зі збільшенням усвідомлення цих труднощів, зростає важливість вивчення того, як електромагнітні поля, особливо геомагнітне поле, впливають на біологічні системи. Це явище отримало назву магніторецепція, що означає здатність організмів реагувати на зміни магнітних полів, зокрема на рівні геомагнітного поля [32].

У природі не існує спеціалізованих біологічних рецепторів для сприйняття магнітних полів, за винятком частинок біомагнетиту, що зустрічаються в деяких бактеріях. Тому важливо зрозуміти, як сигнали магнітного поля трансформуються у біологічну відповідь [16]. Низькочастотне магнітне поле здатне проникати в живі тканини без значних перешкод, впливаючи на всі її частини, хоча не всі з них передають інформацію про магнітне поле на біологічному рівні. Першочергові фізичні процеси взаємодії МП з частинками матерії, такими як електрони, атоми та молекули, є важливими для біологічних систем [17, 32].

Заряджені частинки, а також магнітні моменти атомів і молекул, виконують роль посередників у передачі сигналів магнітного поля на біохімічному рівні. Зміни в активності білків через біофізичні механізми з участю магніточутливих інтермедіатів впливають на метаболізм і концентрацію продуктів обміну речовин [18].

Електромагнітні поля низької інтенсивності, що не спричиняють нагрівання тканин, можуть мати значний біологічний ефект, інколи шкідливий для організму [35]. Це підтверджено численними дослідженнями, але фізична природа цього явища залишається не до кінця з'ясованою. У магнітобіології є експериментальні дані, що надають фізичну інформацію про ці процеси. Хоча розглядали кілька теоретичних моделей, жодна з них не змогла пояснити більшість експериментальних спостережень, зокрема механізми магніторецепції. Також досліджувалося явище зниженої повторюваності магнітобіологічних ефектів, що може бути принциповим [17].

Для пояснення біологічних ефектів магнітних полів була запропонована загальна теоретична модель [1], що базується на інтерференції квантових станів молекул і іонів і поєднується з експериментальними даними. Ця теорія вирішує парадокси, пов'язані з нетепловим впливом електромагнітних полів, відкриваючи нові можливості для подальших досліджень [17, 21].

Особливу увагу привертають наднизькочастотні компоненти (НКМПЗ) з частотами менше 1 Гц, оскільки існує документоване теоретичне обґрунтування і спостереження, що інтенсивність природного магнітного поля Землі залежить від частоти [19, 21, 22, 4].

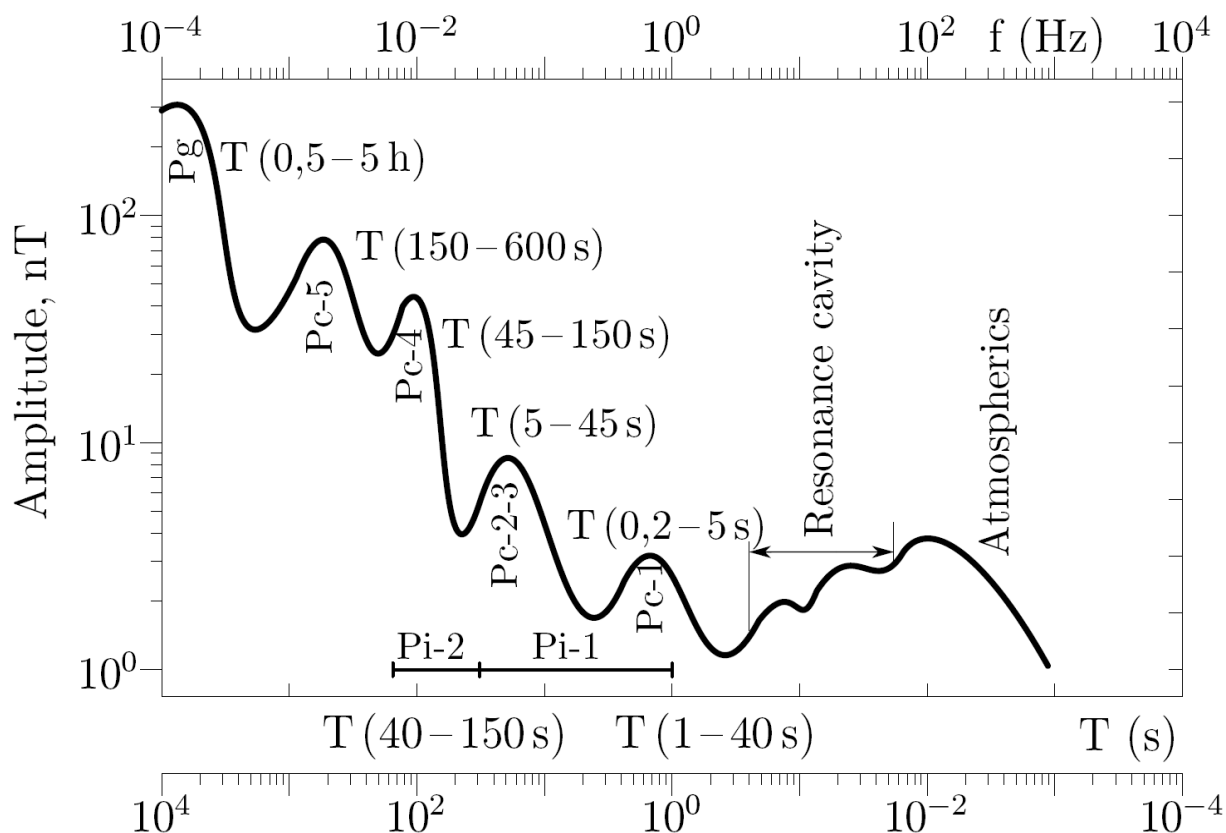


Рис. 1.5. Спектральна діаграма змін геомагнітного поля в частотному діапазоні від  $10^{-4}$  до  $10^4$  Гц (логарифмічні шкали). Максимальні амплітуди (в нТл) для кожного піку на вертикальній осі вказують відповідні періоди коливань. Періоди зазначені на горизонтальній осі внизу, а частоти — вгорі. Для піків  $P_s$  і  $P_i$  вказуються значення періодів  $T$  (с) [21,26].

Розподіл енергії ГМП за частотами вказує на виразну залежність амплітуд від частоти для регулярних ( $P_{c-1} \div P_{c-5}$ ) та нерегулярних ( $P_{i-1}$ ,  $P_{i-2}$ ) варіацій. Як показано на рис. 1.5, амплітуди збільшуються при зменшенні частоти для значень  $f < 1$  Гц. Окрім того, амплітуди зростають на чотири порядки — від 0,05 нТл при  $f = 1$  Гц до близько 500 нТл при  $f = 0,001$  Гц [21,22].

Серед чинників, що впливають на біосистеми, виокремлюють комбінований ефект різних низькочастотних геофізичних факторів. Відомо, що біологічні об'єкти по-різному реагують на електромагнітні та механічні коливання. Аперіодичні зміни

ГМП можуть спричиняти резонанс в осциляторних структурах, якщо частоти поля збігаються з ефективними для біологічних систем. Зміни частотного фону зовнішніх факторів можуть порушувати синхронізацію в молекулярних і тканинних процесах. Тривалість адаптації залежить від масштабу частотних змін. Важливо зазначити, що реакція на магнітні бурі обумовлена не самими коливаннями поля, а змінами резонансних частот до або під час бурі [20,32].

Вплив зовнішніх факторів на біологічні системи можна пояснити явищем вимушеного резонансу в структурних елементах, таких як мембрани, молекули, іони, ДНК (гігагерцова частота), а також параметричним резонансом в клітинах і органах при низьких частотах (0,01–40 Гц) [21]. За теорією параметричного резонансу, коливання МП з періодами 2–240 хвилин можуть вступати в резонанс з біологічними структурами, що мають відповідні періоди від 1,3 до 480 хвилин. Ці періоди характерні для ритмів мозкової активності та синтезу білків (20–150 хвилин) у клітинах ссавців і культур клітин. Вони також спостерігаються при гормональних викидах надниркових залоз, включаючи гармоніки добового ритму. Ритм сну, який контролюється гіпоталамусом, має період близько двох годин, а також ритми на 17 і 48 хвилин. Таким чином, НКМПЗ можуть викликати резонанс в мозку та ендокринній системі, що впливає на їхню функцію [21].

НКМПЗ можуть також впливати на електричні та магнітні властивості органів у тварин, а також на їх магнітну сприйнятливність або індивідуальне магнітне поле [4, 29]. Дослідження показують, що НКМПЗ можуть змінювати каталітичну активність ферментів, коригуючи їх електричний потенціал та швидкість ферментативних реакцій. Це відкриває нові перспективи для дослідження взаємодії НКМПЗ з біологічними системами та вивчення впливу МП на живі системи [23].

## 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Матеріали та методи

#### 2.1.1 Метод проведення аналізу реакції метакромазії волютинових гранул у дріжджових клітинах

Для проведення дослідження використовували дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* штаму Y-517, які входять до Української колекції мікроорганізмів. Культивування дріжджів здійснювали протягом 24 годин на середовищі сусло-агар у скляних пробірках, закритих ватно-марлевими пробками, а також у пластикових чашках Петрі (SterilinLtd., UK). Вирощування клітин проводили у сухоповітряному термостаті ТС-80М за температури 28°C протягом доби. Паралельно із пересіванням клітин на свіже живильне середовище виконували мазок на предметному склі методом живої краплі. Частину клітин ресуспендували в краплі дистильованої води безпосередньо на поверхні скла для утворення моношару. Після висихання мазків клітини фіксували нагріванням та фарбували метиленовим синім за методом Льюфлера [23].

Оцінювання забарвлення волютинових гранул здійснювали за допомогою світлової мікроскопії з використанням об'єктива зі збільшенням  $\times 100 / 1.30$ . Ступінь метакромазії визначали за наступною системою кодування: «1» - відсутність метакроматичної реакції (волютинові гранули мають синьо-блакитне забарвлення), «2» - переважає насичений фіолетовий відтінок, «3» - переважає пурпурний (фіолетово-червоний) відтінок (рис. 2.1). Оцінювання забарвлення проводили щодня о 12:00 за київським часом протягом 2009 та 2014 років.

Інтенсивність росту клітин визначали за зміною біомаси. Для цього клітини, вирощені на твердому середовищі сусло-агар, змивали дистильованою водою, а оптичну щільність отриманої суспензії вимірювали на фотоелектрон-колориметрі КФК-2-УХЛ-4.2 при довжині хвилі 540 нм у кюветі з оптичним шляхом 3 мм. Кожен експеримент повторювали не менше трьох разів.

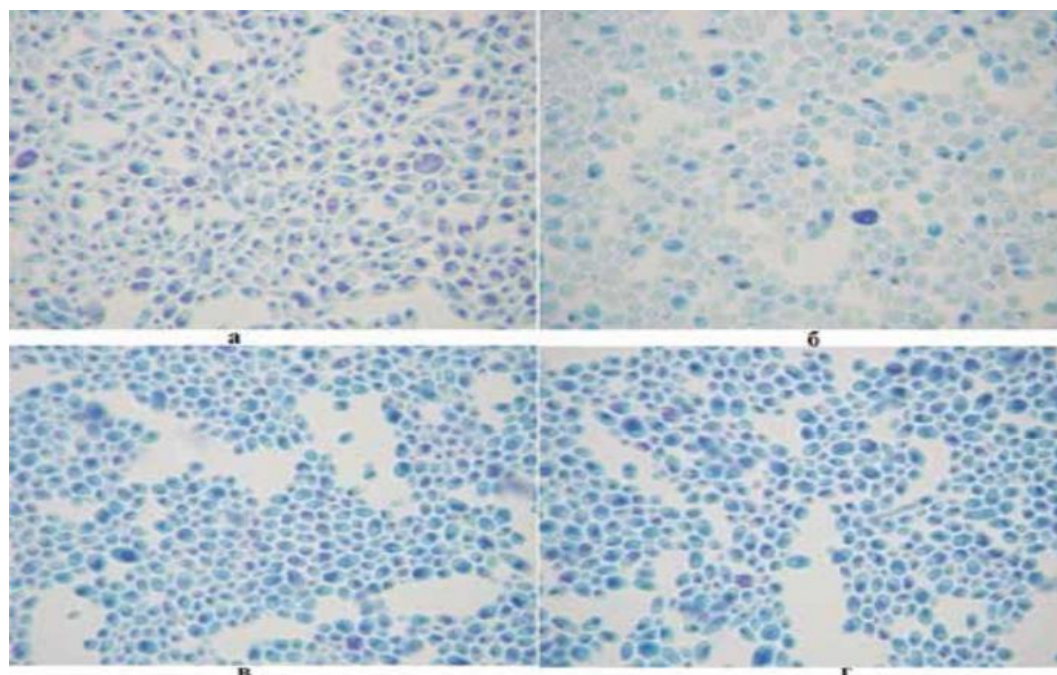


Рис. 2.1.Забарвлення метиленовим синім клітин *S. cerevisiae* УКМ Y-517, що виростили на сусло -агаре (а), агаризованому середовищі YEPD (б), середовищі YEPD з 0,25 г/л Pi(в) та 0,50 г/л Pi (г). Збільшення  $\times 1000$  [3].

Схему експерименту подано на рис. 2.2.

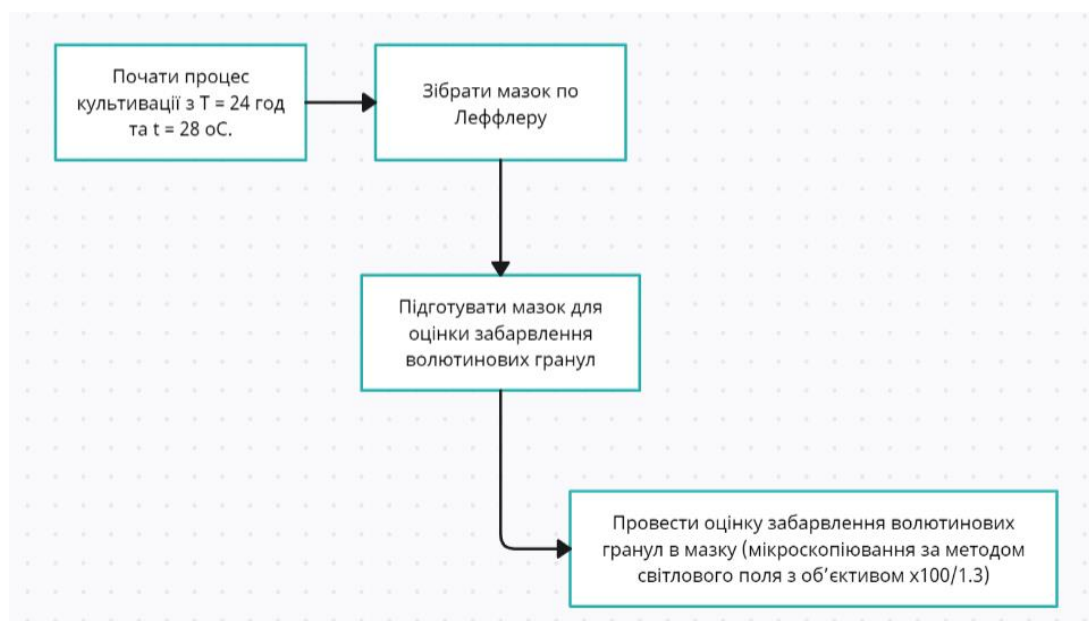


Рис. 2.2 Схема експерименту, присвяченого дослідженню реакції метакромазії волютинових гранул у клітинах дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

**2.1.2. Розробка та застосування програми для аналізу і візуалізації наднизькочастотних варіацій геомагнітного поля.**

Експериментальні дані магнітного поля Землі (МПЗ) у межах міста Києва, де вивчалася реакція метакромазії волютинових гранул дріжджів, були отримані з частотою дискретизації 1 Гц. Це дозволило визначити наднизькочастотні складові з масиву даних, отриманих через сервіс INTERMAGNET. Для завантаження даних використовувалася функціональність платформи, доступ до якої здійснюється за посиланням: <https://www.intermagnet.org/data-donnee/download-eng.php#view>. У розділі "Data" обирали категорію "CD-ROM/DVD (definitivedata)", встановлювали часовий інтервал (рік або певний період), регіон (Європа для KIV) і завантажували файли у форматі zip. Після розпакування архіву маємо текстовий файл, який має такий вигляд (рис.2.3).

```

Файл  Правка  Вид  Кодировка  Справка
Format IAGA-2002 |
Source of Data National Academy of Sciences of Ukraine(NASU)|
Station Name Kiev |
IAGA CODE KIV |
Geodetic Latitude 50.700 |
Geodetic Longitude 30.300 |
Elevation 140 |
Reported XYZG |
Sensor Orientation XYZF |
Digital Sampling 1.0 seconds |
Data Interval Type Average 1-Minute (00:30-01:29) |
Data Type Definitive |
# D-conversion factor 10000 |
# K0-limit 500 |
# Format binary data. |
# A complete set is available on the INTERMAGNET CD-ROM/DVD. |
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product. |
# CONDITIONS OF USE: The Conditions of Use for data provided |
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found |
# at www.intermagnet.org |
# D conversion factor is a fixed value used to allow |
# Declination to be converted from minutes of arc to equivalent |
# nanoteslas. Set to H/3438*10000 where H is the annual mean |
# value of horizontal intensity. |
DATE TIME DOY KIUX KIVY KIUZ KIUG |
2009-01-01 00:00:00.000 001 19232.00 2303.80 46417.80 99999.00
2009-01-01 00:01:00.000 001 19231.90 2304.00 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:02:00.000 001 19232.00 2304.10 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:03:00.000 001 19232.10 2304.20 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:04:00.000 001 19232.00 2304.10 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:05:00.000 001 19232.10 2304.20 46417.50 99999.00
2009-01-01 00:06:00.000 001 19232.30 2304.20 46417.50 99999.00
2009-01-01 00:07:00.000 001 19232.70 2304.10 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:08:00.000 001 19233.20 2304.00 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:09:00.000 001 19233.60 2303.90 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:10:00.000 001 19233.90 2303.90 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:11:00.000 001 19234.20 2304.00 46417.50 99999.00
2009-01-01 00:12:00.000 001 19234.30 2303.80 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:13:00.000 001 19234.30 2303.80 46417.60 99999.00
2009-01-01 00:14:00.000 001 19234.30 2303.50 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:15:00.000 001 19234.20 2303.30 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:16:00.000 001 19234.20 2303.10 46417.80 99999.00
2009-01-01 00:17:00.000 001 19234.00 2303.10 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:18:00.000 001 19234.00 2303.10 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:19:00.000 001 19233.90 2302.90 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:20:00.000 001 19233.80 2302.80 46417.70 99999.00
2009-01-01 00:21:00.000 001 19233.60 2302.50 46417.80 99999.00
2009-01-01 00:22:00.000 001 19233.20 2302.50 46417.80 99999.00
2009-01-01 00:23:00.000 001 19233.00 2302.50 46417.70 99999.00

```

Рис. 2.3 Приклад текстового файлу з експериментальними значеннями МПЗ

Для проведення дослідження були використані дані за 2009 і 2014 роки, які відповідали рокам мінімуму і максимуму сонячної активності згідно з 11-річним

циклом. Для подальших обчислень було обрано компонент  $X$  магнітного поля (KIVX).

Для обробки отриманих даних і розрахунків реальних значень напруженості геомагнітного поля на низьких частотах була створена спеціалізована програма. Вона реалізована мовою програмування Python із використанням пакету `numpy`, що доступний у відкритих джерелах. Основний функціонал програми базується на роботі з дискретними сигналами, зокрема їх моделюванні, фільтрації та застосуванні методів швидкого перетворення Фур'є. Для коректної роботи програми були встановлені додаткова бібліотека `matplotlib`, яка також доступна для встановлення з офіційних репозиторіїв Python за допомогою команди `pip install`.

Програма дозволяє проводити аналіз флуктуацій геомагнітного поля на вибраних частотах у різних часових періодах, зокрема під час незбурених станів магнітного поля та під час магнітних бур. Її функціонал передбачає адаптацію для таких завдань, як аналіз даних у різних часових поясах, врахування переходів між літнім та зимовим часом, а також новий підхід до обчислення середніх значень. Замість традиційного усереднення, яке може призводити до компенсації додатних і від'ємних амплітуд коливань, програма обчислює середні абсолютні значення для всіх коливань на всіх частотах за обраний період.

Програма запускається через графічні оболонки, такі як `ConEmu`, `cmd`, `PowerShell` або `bash`, а для редагування коду рекомендовано використовувати текстові редактори, наприклад `SublimeText`, або інтегровані середовища розробки, такі як `PyCharm` чи `Python IDLE`.

Для запуску програми необхідно встановити інтерпретатор Python версії 3.7+ і пакет `numpy`, від якого залежать модулі `fft` та `irfft`, що реалізують методи швидкого перетворення Фур'є для маніпулювання дискретними сигналами. Завантаження всіх залежностей та пакетів здійснюється через офіційні репозиторії командою `pip install`.

Програма працює з текстовим файлом, який має назву “datafile.txt” (назва файлу може бути змінена у модулі np.loadtxt). Файл містить два стовпці: перший - час у хвилинах, другий значення X-компонента магнітного поля Землі в нТл (рис. 2.4).

Line	Value (nT)
1	19224.9
2	19224.9
3	19225
4	19225.2
5	19225.3
6	19225.4
7	19225.5
8	19225.7
9	19226
10	19226
11	19226.3
12	19226.4
13	19226.5
14	19226.2
15	19226.3
16	19226.2
17	19226
18	19226
19	19226
20	19226
21	19226.1
22	19226.3
23	19226.5
24	19226.8
25	19226.9
26	19226.9
27	19227.1
28	19227.3
29	19227.5
30	19227.6
31	19227.5
32	19227.3
33	19227.1
34	19227

Рис. 2.4 Приклад подання даних для програми розрахунку та візуалізацією амплітуди низькочастотних коливань МПЗ.

Після зчитування даних програма обчислює відхилення від середнього значення та застосовує низькочастотний фільтр із пакету numpy для виділення наднизькочастотної складової магнітного поля. Цей фільтр дозволяє вибірково виділяти коливання для заданих частот (0.1, 0.01, 0.001, 0.0001Гц), які можна змінювати у відповідній змінній freqs (рис. 2.5).

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

```

```

# Loaddatafromfile
data = np.loadtxt('datafile.txt')

# Extracttimeandfieldstrengtharrays
time = data[:, 0]
time_hours = time / 60
field = data[:, 1]

# Setupfrequencyranges
freqs = [0.1, 0.01, 0.001, 0.0001]

# Calculatedefaultstatisticsfor 1 Hzfrequency (nofiltering)
selected_values_default = field[510:571] # Valuesfrom 11:30 to 12:30
default_mean_absolute = np.mean(np.abs(selected_values_default))
standard_deviation_default = np.std(selected_values_default)

# Open a filetowritetheresults
with open('results_summary.txt', 'w') as f_summary:
    # Writethedefaultfrequencyresult
    f_summary.write(f'1 Hz (default): {default_mean_absolute:.15f} ±
{standard_deviation_default:.15f}\n')
    # PerformFouriertransformonfielddataforeachfrequencyrange
    for freq in freqs:
        # Setuptimestep
        dt = time[1] - time[0]

        # CalculateFouriercoefficientsandfrequencies
        coeffs = np.fft.rfft(field)
        freqs_fft = np.fft.rfftfreq(len(field), d=dt)

        # Extractthefrequencyrangeofinterest
        mask = (freqs_fft >= freq) & (freqs_fft < (freq * 10))
        coeffs_masked = coeffs * mask # Usingmultiplicationinsteadoflogical_not

        # CalculatetheinverseFouriertransformtoobtainthefilteredfield
        filtered_field = np.fft.irfft(coeffs_masked, n=len(field))

        # Plotthefilteredfieldas a functionoftime
        plt.figure()
        plt.plot(time_hours, filtered_field)
        plt.xlabel('Time (h)')

```

```

plt.ylabel('Amplitude (nT)')
plt.title(f'FilteredEarthField ({freq} Hz)')
plt.savefig(f'earth_field_{str(freq).replace(".", "_")}.png')

# Saveplotdatatotxt
np.savetxt(f'results_{freq}.txt', filtered_field, fmt='% .15f')

# Extractvaluesfromindex510to571
selected_values = filtered_field[510:571]

# Calculatethe RMS oftheselectedvalues
mean_absolute = np.mean(np.abs(selected_values))

# Calculatethestandarddeviation
standard_deviation = np.std(selected_values)

# Writetheresultstothesummaryfile
f_summary.write(f'{freq} Hz: {mean_absolute:.15f} ±
{standard_deviation:.15f}\n')

```

Рис. 2.5 Лістинг програми розрахунку та візуалізації наднизькочастотних коливань магнітного поля Землі

Після обробки даних на вказаних частотах програма створює чотири графіки у форматі PNG, які відображають коливання магнітного поля на кожній частоті, а також генерує чотири текстових файли із значеннями магнітного поля після застосування низькочастотного фільтру. Крім того, створюється композитна візуалізація, що об'єднує всі чотири графіки для обраного періоду.

### 2.1.3 Використання статистичних методів обробки даних: алгоритми розрахунку коефіцієнтів кореляції

Для виділення наднизькочастотної складової магнітного поля Землі з отриманого набору даних було застосовано частотний фільтр із пакета `numpy`, який забезпечує можливість ізоляції коливань на заданих частотах за умови відомої частоти дискретизації. У процесі аналізу наднизькочастотних коливань магнітного

поля використовувався метод Фур'є-аналізу, що дозволяє ефективно працювати з періодичними компонентами сигналу.

Для побудови графіків та діаграм було застосовано мову програмування Python із використанням графічного пакета `matplotlib`. Додатково для візуалізації та аналізу даних використовувалася програма Microsoft Excel 2021. Також пакет `numpy` забезпечував розширені функціональні можливості для обробки великих масивів даних та маніпулювання ними.

З метою оцінки інтенсивності наднизькочастотних магнітних коливань Землі було проведено розрахунок середнього абсолютного значення (MAZ) інтенсивності магнітного поля за період з 11:30 до 12:30 кожного дня протягом 2009 і 2014 років — років мінімуму та максимуму сонячної активності відповідно до 11-річного сонячного циклу. Для цього використовувалася формула:  $MAZ = \sum |x_i| / n$ , де  $x_i$  представляє собою значення наднизькочастотних магнітних коливань, отриманих для частот 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 Гц з частотою дискретизації 1 Гц, а  $n$  відображає кількість елементів у наборі.

У рамках дослідження було оцінено коефіцієнти кореляції між сукупними середніми абсолютними погодинними добовими значеннями напруженості наднизькочастотних магнітних коливань МПЗ на зазначених частотах і результатами реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів.

Для статистичної обробки даних застосовувалися методи описової статистики, включаючи розрахунок середнього абсолютного значення (MAZ) та стандартного відхилення ( $s$ ), а також індуктивної статистики. Зокрема, використовувався непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена, що є доцільним для аналізу якісно різних характеристик, таких як значення МПЗ, НКМПЗ (наднизькочастотних магнітних коливань МПЗ) і реакції метахромазії.

Розрахунки виконувалися за допомогою програми Microsoft Excel 2021 та мови програмування Python із застосуванням пакета `numpy`, який забезпечував обчислення

ключових статистичних показників. Експериментальні дані були оброблені із використанням цього пакета, що дозволило точно розрахувати середнє абсолютне значення, стандартне відхилення та інші параметри, необхідні для аналізу.

У рамках дослідження було оцінено коефіцієнти кореляції між сукупними середніми абсолютними погодинними добовими значеннями напруженості наднизькочастотних магнітних коливань МПЗ на зазначених частотах і результатами реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів.

Для статистичної обробки даних застосовувалися методи описової статистики, включаючи розрахунок середнього абсолютного значення (MAZ) та стандартного відхилення ( $s$ ), а також індуктивної статистики. Зокрема, використовувався непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена, що є доцільним для аналізу якісно різних характеристик, таких як значення МПЗ, НКМПЗ (наднизькочастотних магнітних коливань МПЗ) і реакції метахромазії.

Розрахунки виконувалися за допомогою програми Microsoft Excel 2021 та мови програмування Python із застосуванням пакета numpy, який забезпечував обчислення ключових статистичних показників. Експериментальні дані були оброблені із використанням цього пакета, що дозволило точно розрахувати середнє абсолютне значення, стандартне відхилення та інші параметри, необхідні для аналізу.

Середнє абсолютне значення обчислювали за формулою:  $MAZ = \frac{\sum |x_i|}{n}$  де  $x_i$  — значення елементів набору даних;  $n$  — кількість елементів у наборі;  $|x_i|$  — абсолютне значення  $x_i$ . Стандартне відхилення є мірою оцінки розкиду даних, його визначали за формулою:

$$s = \frac{\sqrt{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}}{\sqrt{N - 1}}$$

де  $N$  — кількість спостережень,  $S$  - середнє арифметичне значень спостережень,  $x_i$  - значення кожного із спостережень.

Розрахунки виконували за допомогою спеціалізованої програми для аналізу низькочастотних коливань магнітного поля Землі (НКМПЗ). Програма використовує модулі пакету *numpy*, зокрема функції *np.mean* та *np.abs*, що реалізовані у змінних *default\_mean\_absolute* та *mean\_absolute* для обчислення середнього абсолютного значення, а також *np.std* у змінних *standard\_deviation\_default* та *standard\_deviation* для визначення стандартного відхилення. Ці алгоритми забезпечують автоматизоване та ефективне виконання розрахунків відповідно до заданих формул. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена розраховували по формулі [24]:

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i}{n(n^2 - 1)},$$

де  $d_i$  - різниця між рангами показників одних і тих же досліджуваних у впорядкованих рядах.  $n$  - кількість досліджуваних. Далі коефіцієнт порівнюють із спеціальною таблицею, подібно t-критерію Ст'юдента. При розрахунках використовували пакет комп'ютерних програм "Microsoft Excel 2021"(рис. 2.6).

Шаблон Microsoft Excel, представлений на рис. 2.6, розроблений для обчислення коефіцієнтів кореляції Спірмена між кількісними показниками реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* (позначено як МТХ) та інтенсивністю низькочастотних коливань магнітного поля Землі (НКМПЗ) при різних частотах (0,1Гц, 0,01Гц, 0,001Гц, 0,0001Гц). Шаблон структуровано таким чином, щоб забезпечити зручність введення даних, автоматизацію розрахунків і точність обробки результатів.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Дата	МТР	Зона (шт)	Зона (шт) і вspan	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)	Формула (D1: H)
2	18.01.2009	7	1526	58361												
3	18.01.2009	7	1526	58361												
4	18.01.2009	7	1526	58361												
5	18.01.2009	7	1526	58361												
6	18.01.2009	7	1526	58361												
7	18.01.2009	7	1526	58361												
8	18.01.2009	7	1526	58361												
9	18.01.2009	7	1526	58361												
10	18.01.2009	7	1526	58361												
11	18.01.2009	7	1526	58361												
12	18.01.2009	7	1526	58361												
13	18.01.2009	7	1526	58361												
14	18.01.2009	7	1526	58361												
15	18.01.2009	7	1526	58361												
16	18.01.2009	7	1526	58361												
17	18.01.2009	7	1526	58361												
18	18.01.2009	7	1526	58361												
19	18.01.2009	7	1526	58361												
20	18.01.2009	7	1526	58361												
21	18.01.2009	7	1526	58361												
22	18.01.2009	7	1526	58361												
23	18.01.2009	7	1526	58361												
24	18.01.2009	7	1526	58361												
25	18.01.2009	7	1526	58361												
26	18.01.2009	7	1526	58361												
27	18.01.2009	7	1526	58361												
28	18.01.2009	7	1526	58361												
29	18.01.2009	7	1526	58361												
30	18.01.2009	7	1526	58361												
31	18.01.2009	7	1526	58361												
32	18.01.2009	7	1526	58361												
33	18.01.2009	7	1526	58361												
34	18.01.2009	7	1526	58361												
35	18.01.2009	7	1526	58361												
36	18.01.2009	7	1526	58361												
37	18.01.2009	7	1526	58361												
38	18.01.2009	7	1526	58361												
39	18.01.2009	7	1526	58361												
40	18.01.2009	7	1526	58361												
41	18.01.2009	7	1526	58361												
42	18.01.2009	7	1526	58361												
43	18.01.2009	7	1526	58361												
44	18.01.2009	7	1526	58361												
45	18.01.2009	7	1526	58361												
46	18.01.2009	7	1526	58361												
47	18.01.2009	7	1526	58361												
48	18.01.2009	7	1526	58361												
49	18.01.2009	7	1526	58361												
50	18.01.2009	7	1526	58361												
51	18.01.2009	7	1526	58361												
52	18.01.2009	7	1526	58361												
53	18.01.2009	7	1526	58361												
54	18.01.2009	7	1526	58361												
55	18.01.2009	7	1526	58361												
56	18.01.2009	7	1526	58361												
57	18.01.2009	7	1526	58361												
58	18.01.2009	7	1526	58361												
59	18.01.2009	7	1526	58361												
60	18.01.2009	7	1526	58361												
61	18.01.2009	7	1526	58361												
62	18.01.2009	7	1526	58361												
63	18.01.2009	7	1526	58361												
64	18.01.2009	7	1526	58361												
65	18.01.2009	7	1526	58361												
66	18.01.2009	7	1526	58361												
67	18.01.2009	7	1526	58361												
68	18.01.2009	7	1526	58361												
69	18.01.2009	7	1526	58361												
70	18.01.2009	7	1526	58361												
71	18.01.2009	7	1526	58361												
72	18.01.2009	7	1526	58361												
73	18.01.2009	7	1526	58361												
74	18.01.2009	7	1526	58361												
75	18.01.2009	7	1526	58361												
76	18.01.2009	7	1526	58361												
77	18.01.2009	7	1526	58361												
78	18.01.2009	7	1526	58361												
79	18.01.2009	7	1526	58361												
80	18.01.2009	7	1526	58361												
81	18.01.2009	7	1526	58361												
82	18.01.2009	7	1526	58361												
83	18.01.2009	7	1526	58361												
84	18.01.2009	7	1526	58361												
85	18.01.2009	7	1526	58361												
86	18.01.2009	7	1526	58361												
87	18.01.2009	7	1526	58361												
88	18.01.2009	7	1526	58361												
89	18.01.2009	7	1526	58361												
90	18.01.2009	7	1526	58361												
91	18.01.2009	7	1526	58361												
92	18.01.2009	7	1526	58361												
93	18.01.2009	7	1526	58361												
94	18.01.2009	7	1526	58361												
95	18.01.2009	7	1526	58361												
96	18.01.2009	7	1526	58361												
97	18.01.2009	7	1526	58361												
98	18.01.2009	7	1526	58361												
99	18.01.2009	7	1526	58361												
100	18.01.2009	7	1526	58361												
101	18.01.2009	7	1526	58361												
102	18.01.2009	7	1526	58361												

## 2.2 Отримані результати та обговорення

### 2.2.1 Аналіз та візуалізація амплітудних характеристик коливань геомагнітного поля на різних частотах

Для перевірки роботи створеного шаблону Microsoft Excel, призначеного для визначення коефіцієнтів кореляції, були використані дані проведення реакції метакромазії за всі місяці 2009 та 2014 р.р. Попередньо створювалися графіки щохвилинних значень інтенсивності геомагнітного поля протягом доби (рис. 2.7). Графік щохвилинних значень амплітуди магнітних пульсацій Землі (МПЗ) формувався за допомогою базових інструментів програмного забезпечення "Microsoft Excel 2021".

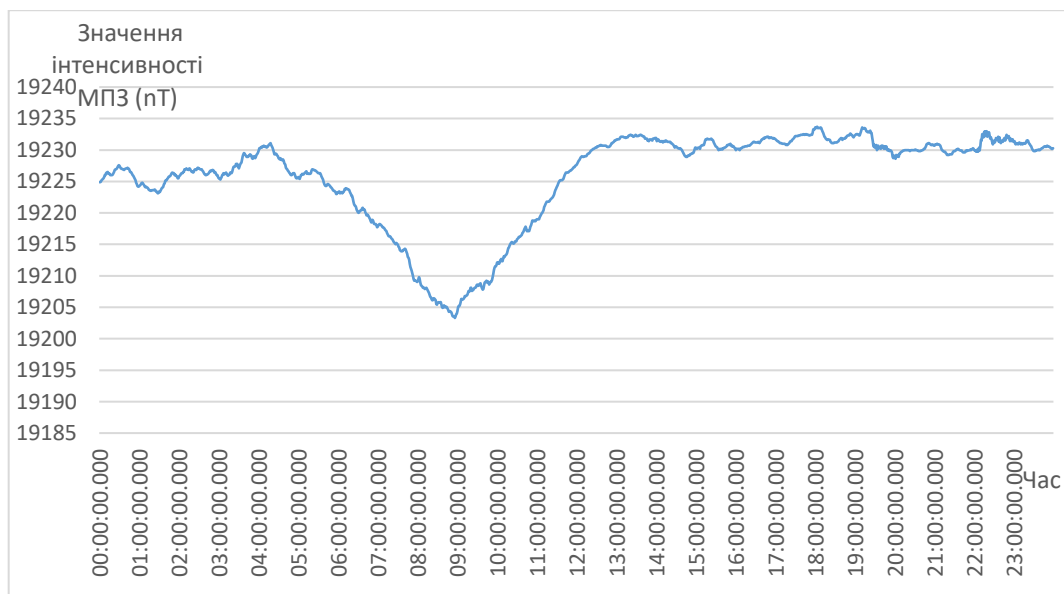
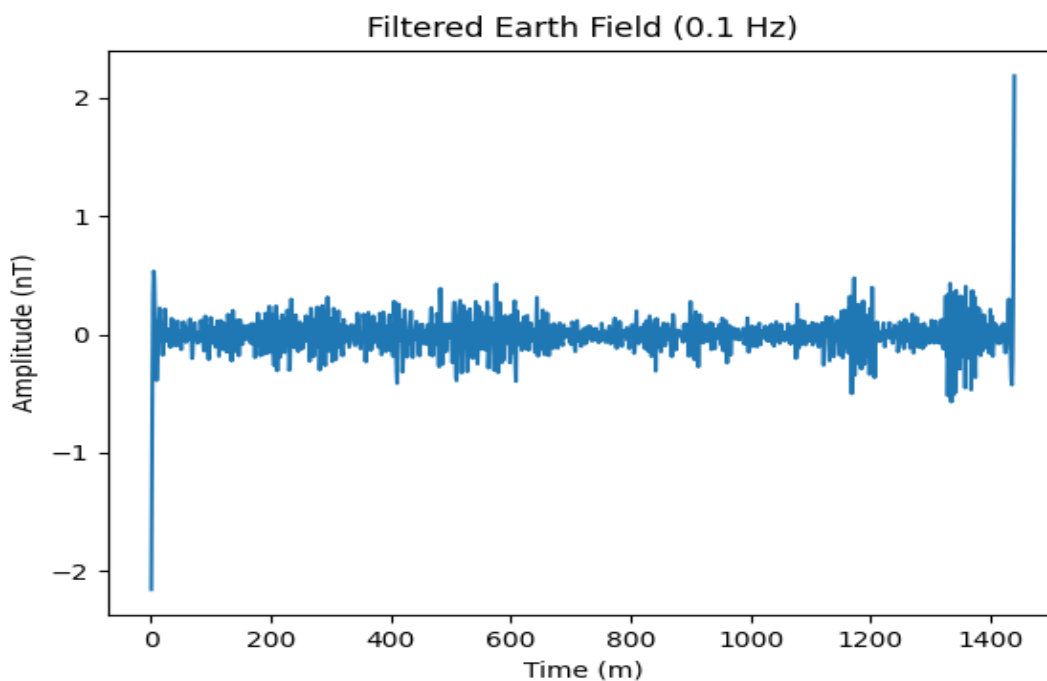


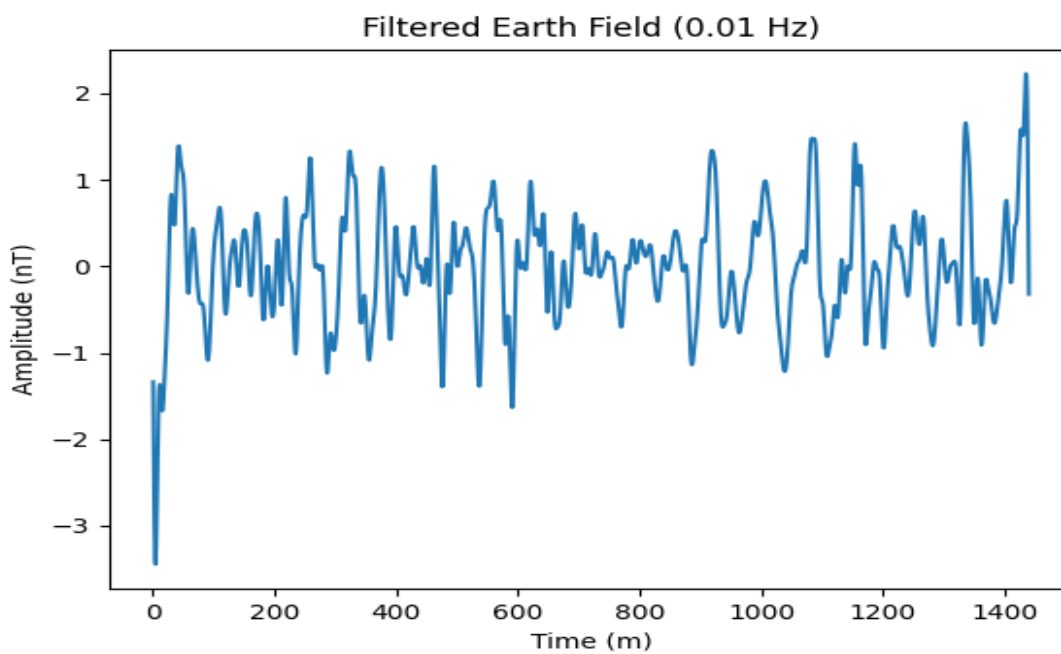
Рис. 2.7. Приклад графіку похвилинних значень інтенсивності МПЗ протягом доби за 01.09.2009 р.

Після виконання обчислень коливань на зазначених частотах, програмне забезпечення для розрахунку та візуалізації наднизькочастотних коливань геомагнітного поля автоматично генерує та зберігає чотири файли у форматі PNG, які відображають коливання для кожної заданої частоти (рис.2.8). Додатково створюються чотири текстові файли, що містять числові значення МПЗ після

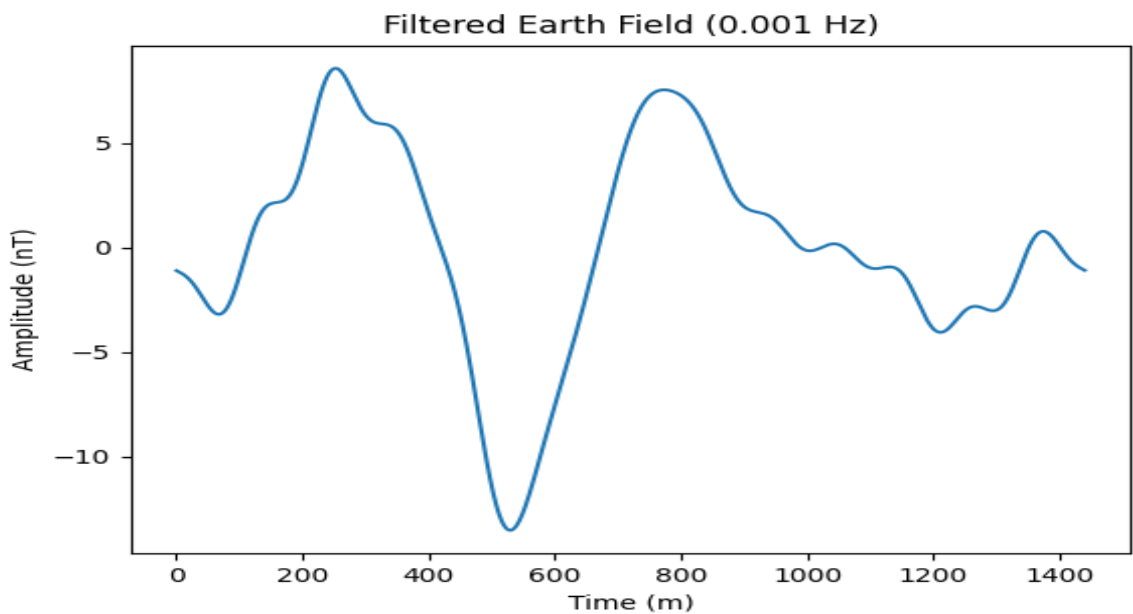
застосування фільтрації низьких частот. Ці файли призначені для подальшої обробки даних.



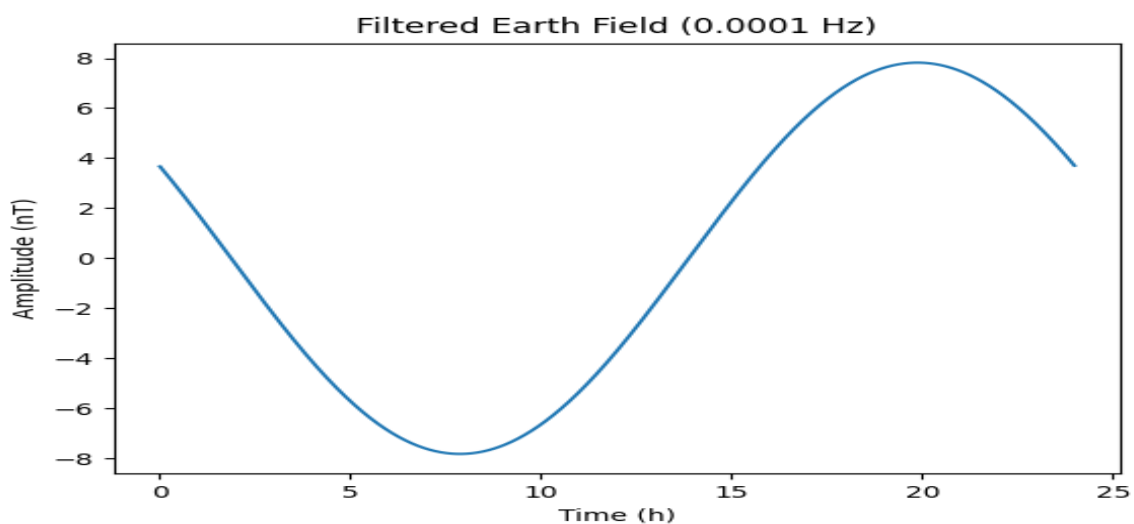
a)



б)



B)



Г)

Рис. 2.8. Приклад графіків амплітуди коливань геомагнітного поля на частотах 0.1Гц (а), 0.01Гц (б), 0.001Гц (в) та 0.0001Гц (г), побудованих на основі даних за 1 жовтня 2009 року.

За допомогою розробленого програмного забезпечення створюється композитна інтегрована візуалізація, що включає всі чотири графіки для різних частот, зазначених вище, за конкретний день (рис. 2.8).

Експериментальні дані підтвердили взаємозв'язок між зменшенням частоти і збільшенням інтенсивності наднизькочастотних магнітних пульсацій (МПЗ), вимірюваних у нанотеслах (нТл) (рис. 2.8), що узгоджується з теоретичною кривою, наведеною раніше (рис. 1.3). Аналіз інтенсивності геомагнітного поля на частотах нижче 1Гц показав, що амплітуда МПЗ на частоті 0.0001Гц характеризується найбільшим розкидом значень — до 21нТл, що значно перевищує значення для інших частот: до 0.5нТл при 0.1 Гц, до 3.5нТл при 0.01Гц та до 16нТл при 0.001 Гц.

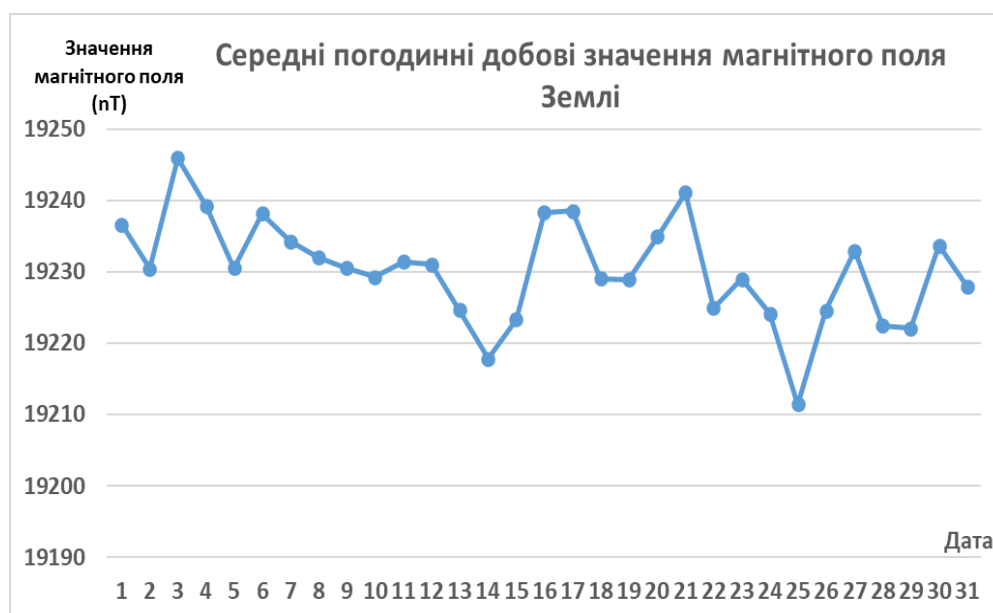
Виявлена закономірність стійко проявляється під час визначення амплітуди геомагнітного поля для кожного окремого дня. Проте спостережено, що характер низькочастотних пульсацій геомагнітного поля варіюється залежно від дати, що, своєю чергою, обумовлено змінами стану магнітосфери Землі та відображається у динаміці характеристик геомагнітного поля.

### **2.2.2 Оцінка середніх абсолютних значень амплітуди коливань геомагнітного поля за годинні добові періоди**

Після цього розроблене програмне забезпечення виконує розрахунок середніх абсолютних значень амплітуди магнітних пульсацій Землі (МПЗ) та наднизькочастотних магнітних пульсацій Землі (НКМПЗ), а також стандартного відхилення для оцінки розкиду даних у період з 11:30 до 12:30, коли проводилася реакція метакромазії волютинових гранул дріжджів. Ці розрахунки виконуються для кожного дня протягом усіх місяців 2009 та 2014 років. Отримані дані автоматично компілюються у підсумковий файл *results\_summary.txt* у зручному для аналізу форматі.

Результатом є середні погодинні добові значення МПЗ та НКМПЗ на зазначених частотах у вигляді  $MAZ \pm m$ , де  $MAZ$  – середнє абсолютне значення, а  $m$  – розкид даних. Визначення середніх абсолютних погодинних добових значень амплітуди коливань геомагнітного поля для 2009 та 2014 років було рекомендовано Інститутом мікробіології та вірусології НАН України. Така рекомендація базується на тому, що 2009 рік характеризувався мінімальною, а 2014 рік – максимальною сонячною активністю в межах 11-річного сонячного циклу, що забезпечує валідність і репрезентативність дослідження.

Розраховані середні абсолютні погодинні добові значення інтенсивності МПЗ (рис. 2.9) та НКМПЗ на частотах 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001 Гц (рис. 2.10) дозволяють зіставити їх із щоденними показниками реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів протягом 2009 та 2014 років. Часові та амплітудні погодинні характеристики МПЗ були отримані з даних, наданих сервісом INTERMAGNET, і співставлені зі значеннями реакції метакромазії, яка проводилася щодня в період  $12:00 \pm 5$  хвилин (рис. 2.11).



а)



б)

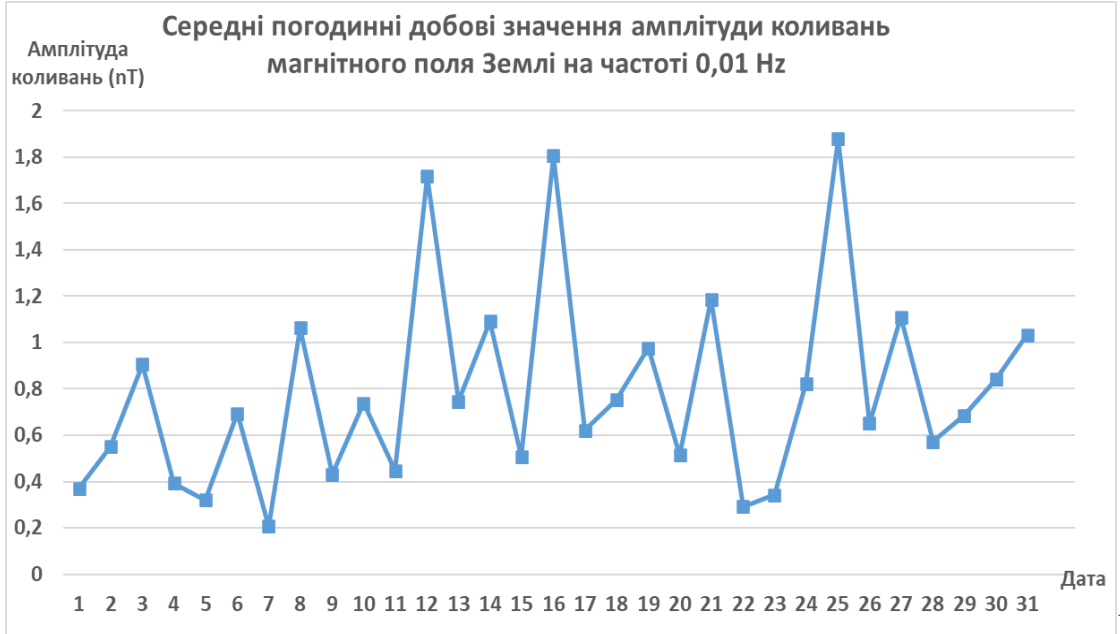
Рис. 2.9 Середні годинні щодобові значення магнітного поля Землі протягом березня 2009 (а) та 2014 (б) р.р.



А-1)



А-2)



Б-1)



Б-2)



B-1)



B-2)



Рис. 2.10 Середні погодинні добові значення амплітуди коливань магнітного поля Землі на частоті 0,1 (а); 0,01 (б); 0,001 (в); 0,0001 (г) Hz протягом березня 2009 (1) та 2014 (2) років відповідно.

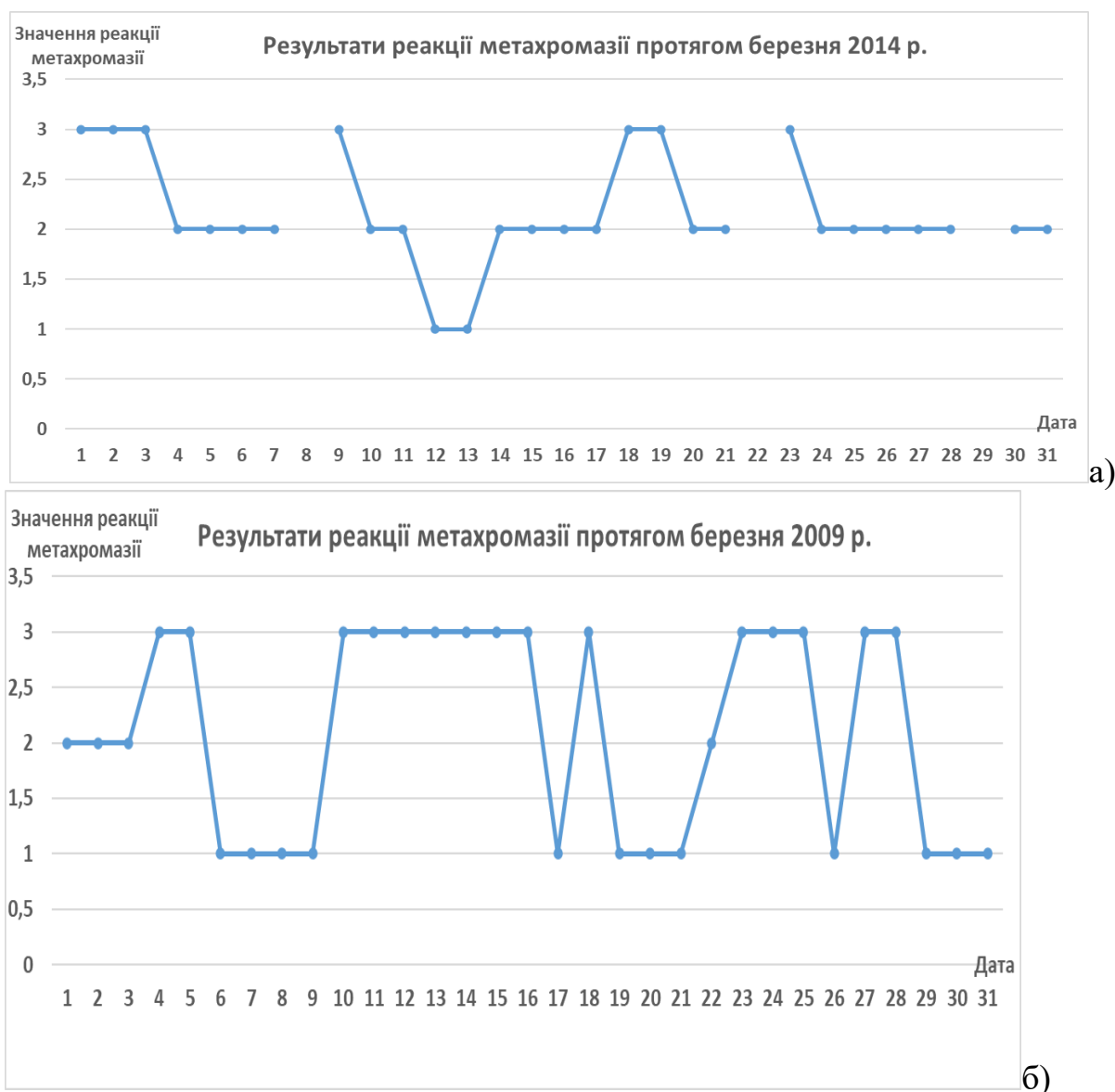


Рис. 2.11. Кількісні значення реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів протягом березня 2009(а) та 2014 (б) років відповідно.

Повний графічний аналіз отриманих даних інтенсивності геомагнітного поля на частотах  $< 1$  Гц (рис. 2.10 а, б, в, г) показав, що амплітуда ГМП на частоті  $0,0001$  Гц має найвищий розкид значень – до  $21$  нТл порівняно з іншими вибраними частотами: до  $0,5$  нТл – при частоті  $0,1$  Гц, до  $3,5$  нТл – при частоті  $0,01$  Гц, до  $16$  нТл – при частоті  $0,001$  Гц. Це вкладається в теоретичні положення, що із зменшенням частоти флуктуацій збільшується інтенсивність ГМП, особливо під час магнітних

збурень[5].Цей феномен спостерігається в усі дні проведених моніторингових визначень інтенсивності низькочастотних флуктуацій ГМП в роки із мінімальною та максимальною сонячною активністю. Але в періоди максимальної сонячної активності добові флуктуації інтенсивності збільшуються.

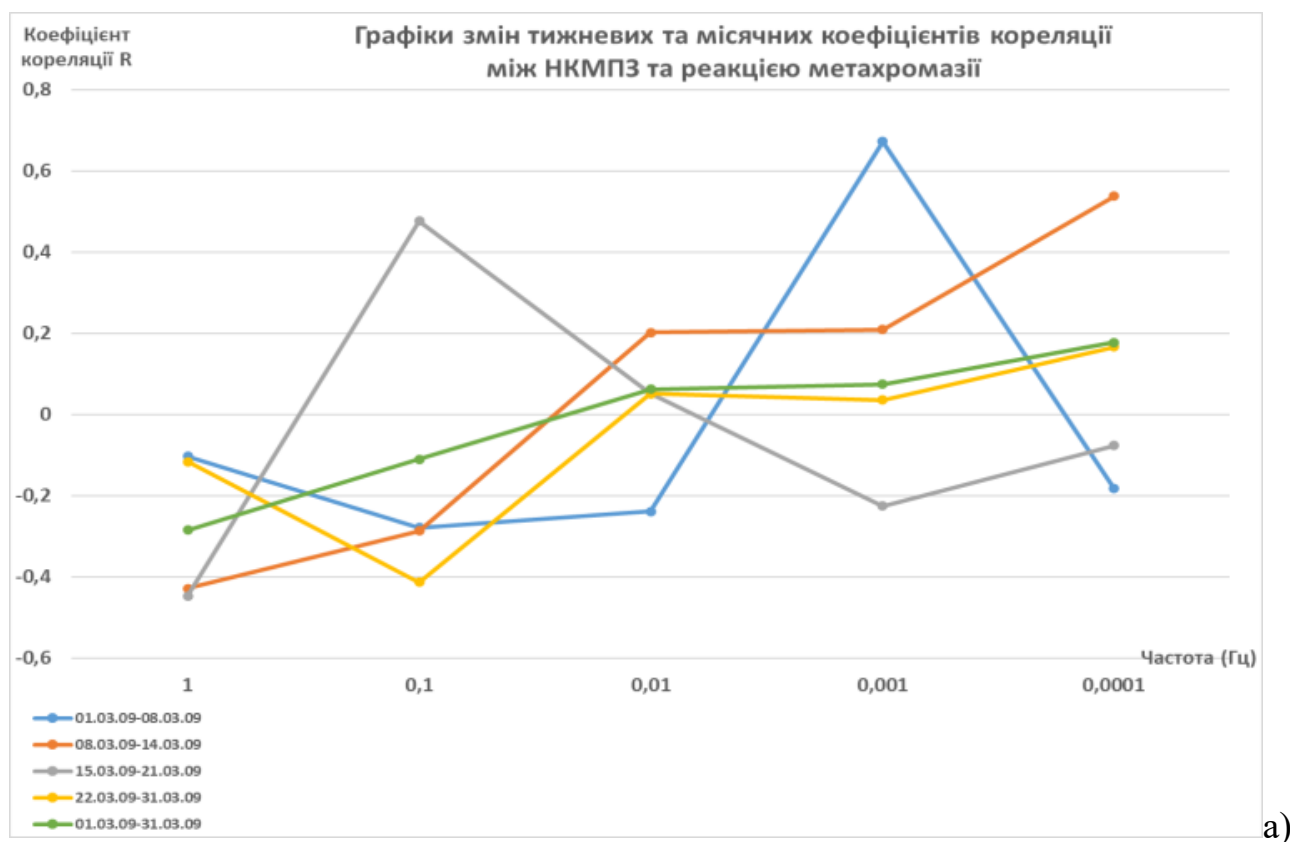
У подальших етапах дослідження середні погодинні добові значення інтенсивності магнітного поля Землі та амплітуди його коливань на частотах 0.1, 0.01, 0.001 та 0.0001 Гц за 2009 і 2014 роки були використані для встановлення зв'язків між низькочастотними коливаннями геомагнітного поля та показниками реакції метахромозії в дріжджових клітинах. Для цього застосовувалися розрахунки непараметричних коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена.

### **2.2.3 Встановлення кореляційних залежностей між амплітудою низькочастотних варіацій геомагнітного поля та показниками реакції метахромозії волютинових гранул у клітинах дріжджів.**

Було зібрано дані за всі дні протягом 2009 та 2014 років, коли проводилися дослідження реакцій метахромозії волютинових гранул у дріжджах, і сформовано відповідний набір кількісних значень. Крім того, створено набори середніх значень сумарної інтенсивності МПЗ та геомагнітного поля на низьких частотах (0,1, 0,01, 0,001 та 0,0001 Гц) за ці самі дні. Після цього був виконаний кореляційний аналіз отриманих даних інтенсивності МПЗ на різних частотах та кількісних показників реакції метахромозії гранул дріжджів.

Для обробки даних застосували методи описової та індуктивної статистики, зокрема непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена. Цей метод було вибрано, оскільки він добре підходить для порівняння середніх значень інтенсивності МПЗ і НКМПЗ на різних частотах з одноразовими значеннями реакції метахромозії, що мають різні характеристики. Обчислення здійснювалися за допомогою програми "Microsoft Excel 2021".

На приведених графіках змін (рис. 2.12) щотижневих та місячних коефіцієнтів кореляції за березень 2009 та 2014 р.р. (це місяці, коли найчастіше відбувається збільшення магнітних збурень) видно, що значення коефіцієнтів кореляції між інтенсивністю ГМП на різних частотах та проявом реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів мають значний розкид. Це пов'язано з тим, що в тижнях із наявністю магнітних бур коефіцієнти кореляції збільшуються і навпаки, що вказує на роль значень інтенсивності ГМП на певній частоті для зміни кольору реакції метахромазії. Це відбувається в роки, як із мінімальною так із максимальною сонячною активністю.



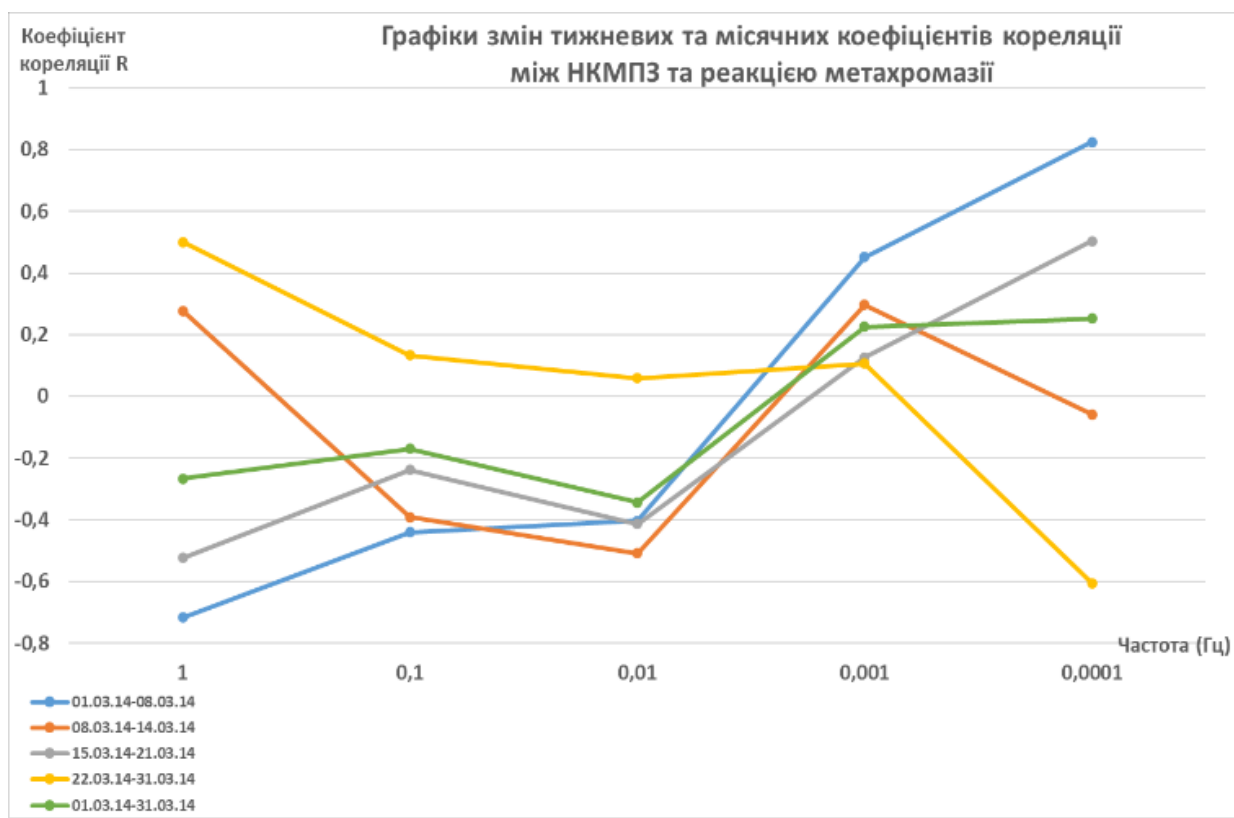


Рис. 2.12 Графіки змін щотижневих (1 тиждень - блакитні, 2 тиждень - червоні, 3 тиждень - сірі, 4 тиждень - жовті) та місячних (зелені) коефіцієнтів кореляції між інтенсивністю ГМП на різних частотах та проявом реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів; а) – березень 2009 р. ; б) – березень 2014 р.

Це можна краще побачити в таблицях, що доповнюють відповідні графіки (табл. 2.1). Аналіз коефіцієнтів кореляції за 2009 та 2014 роки між низькочастотними флуктуаціями інтенсивності геомагнітного поля та реакцією метахромазії волютинових гранул дріжджів показав, що зменшення частоти варіацій МПЗ спричиняє збільшення коефіцієнта кореляції. Значення коефіцієнтів кореляції варіювали в межах:  $R = -0,11 \div 0,44$  на частоті 0,1 Гц;  $R = -0,41 \div 0,40$  на частоті 0,01 Гц;  $R = -0,23 \div 0,67$  на частоті 0,001 Гц;  $R = -0,18 \div 0,82$  на частоті 0,0001 Гц. Ці коливання коефіцієнтів кореляції за добу та тиждень свідчать про їх значну залежність від стохастичних, малопрогнозованих змін інтенсивності геомагнітного поля, що виникають під час магнітних бур.

Таблиця 2.1. Потижневі та місячні коефіцієнти кореляції між значеннями реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та одноденними щодобовими сумарними та низькочастотними значеннями інтенсивності геомагнітного поля за березень 2009 та 2014 років

Частота ГМП (Гц)	Тижні				Місяць
	01.03.09-08.03.09	08.03.09-14.03.09	15.03.09-21.03.09	22.03.09-31.03.09	01.03.09-31.03.09
1	-0,103	-0,429	-0,447	-0,116	-0,284
0,1	-0,278	-0,286	0,475	-0,413	-0,110
0,01	-0,239	0,202	0,052	0,050	0,062
0,001	0,672	0,209	-0,225	0,036	0,074
0,0001	-0,183	0,537	-0,077	0,166	0,177
Частота ГМП (Гц)	Тижні				Місяць
	01.03.14-08.03.14	08.03.14-14.03.14	15.03.14-21.03.14	22.03.14-31.03.14	01.03.14-31.03.14
1	0,717	0,278	-0,524	0,501	-0,266
0,1	-0,439	-0,392	-0,239	0,133	-0,169
0,01	0,403	-0,509	-0,413	0,059	-0,344
0,001	0,450	0,297	0,125	0,107	0,226
0,0001	0,824	-0,058	0,504	-0,606	0,252

Також подана графічна демонстрація (рис. 2.13) змін щотижневих та місячних коефіцієнтів кореляції між інтенсивністю ГМП на різних частотах та проявом реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів у місяці, коли відбувається зменшення магнітних збурень. На приведених графіках змін щотижневих та місячних коефіцієнтів кореляції за червень 2009 та 2014 р.р. видно, що значення коефіцієнтів кореляції між інтенсивністю ГМП на різних частотах та проявом реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів теж мають значний розкид, але з меншими варіаціями, особливо у 2009 р., коли відмічалась мінімальна сонячна активність.

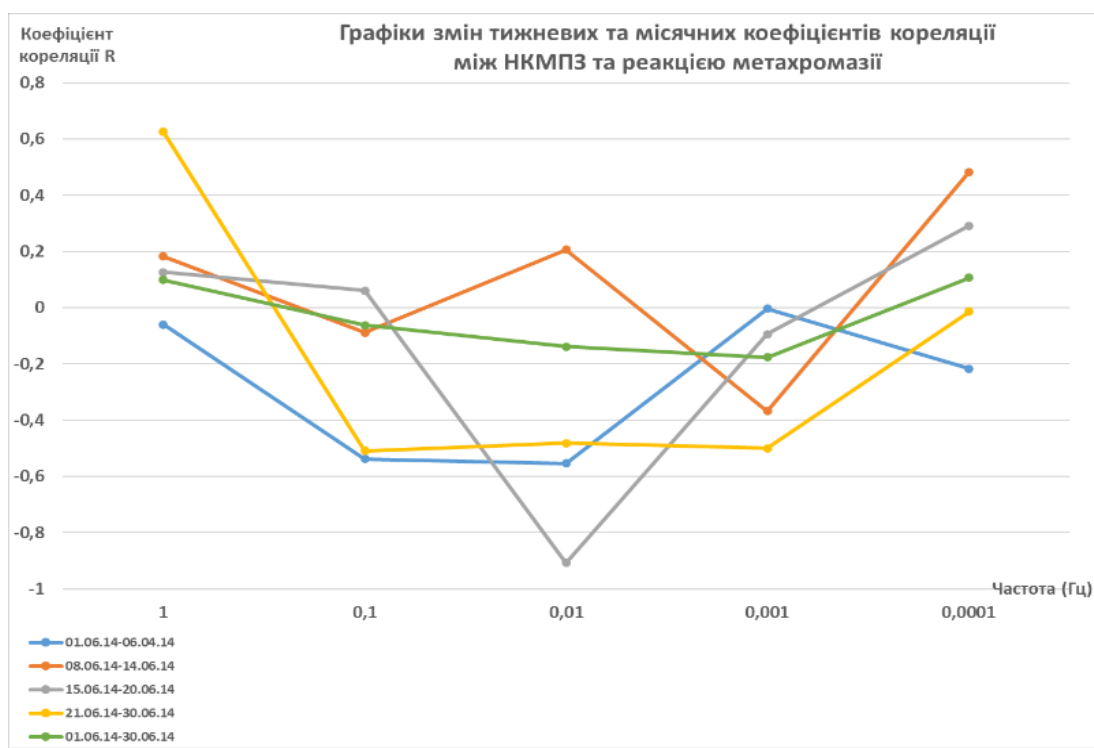
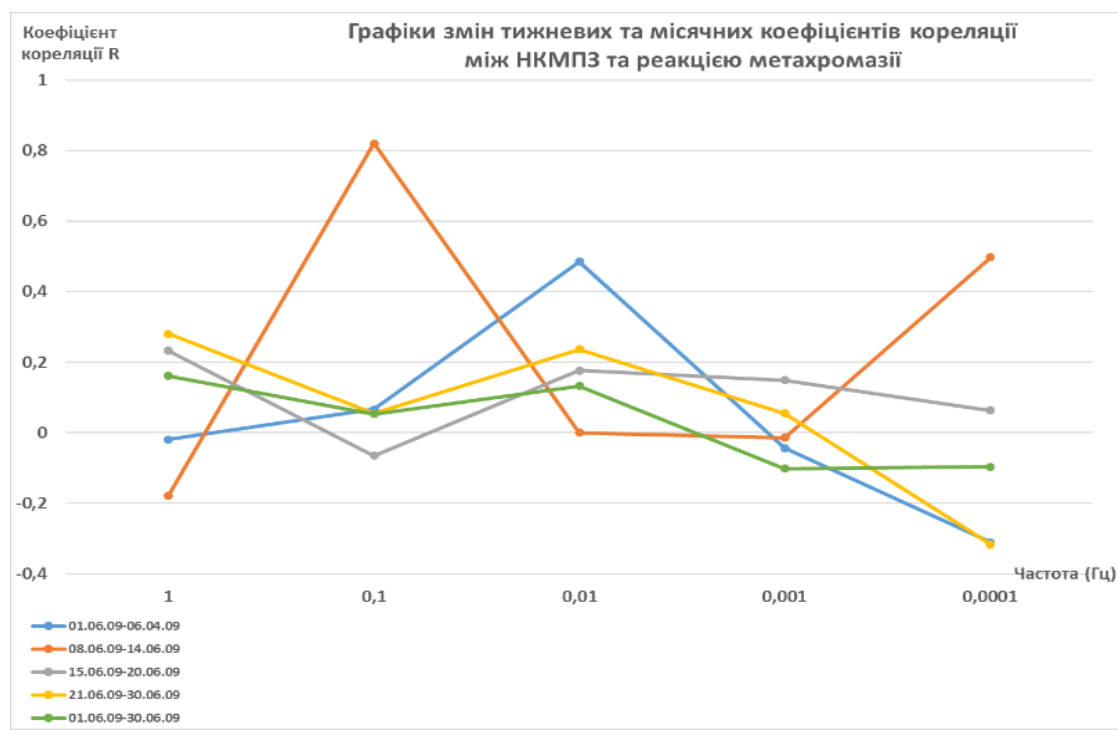


Рис. 2.13 Графіки змін щотижневих (1 тиждень - блакитні, 2 тиждень - червоні, 3 тиждень - сірі, 4 тиждень - жовті) та місячних (зелені) коефіцієнтів кореляції між інтенсивністю ГМП на різних частотах та проявом реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів; а) – червень 2009 р. ; б) – червень 2014 р.

Краще це демонструють таблиці (табл 2.2), що дублюють ці графіки. Детальний аналіз також показав, що коефіцієнти кореляції нерегулярно в ці місяці досягали і інших значень:  $R = 0,82$  – на частоті 0.1Гц;  $R = 0,77$  – на частоті 0.01Гц;  $R = 0,15$  – на частоті 0.001Гц;  $R = 0,48$  – на частоті 0.0001Гц. Такі варіації коефіцієнтів кореляції також вказують, що вони відбувались на фоні стохастичних, важко прогнозованих змін збільшення інтенсивності геомагнітного поля, які відбуваються за магнітних бур.

Таблиця 2.2. Потижневі та місячні коефіцієнти кореляції між значеннями реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та одноденними щодобовими сумарними та низькочастотними значеннями інтенсивності геомагнітного поля за червень 2009 та 2014 років

Частота ГМП (Гц)	Тижні				Місяць
	01.06.09-06.04.09	08.06.09-14.06.09	15.06.09-20.06.09	21.06.09-30.06.09	01.06.09-30.06.09
1	-0,023	-0,179	0,231	0,281	0,161
0,1	0,066	0,819	-0,065	0,054	0,053
0,01	0,485	0,777	0,176	0,237	0,132
0,001	-0,044	-0,014	0,149	0,055	-0,102
0,0001	-0,310	0,497	0,063	-0,317	-0,097
Частота ГМП (Гц)	Тижні				Місяць
	01.06.14-06.04.14	08.06.14-14.06.14	15.06.14-20.06.14	21.06.14-30.06.14	01.06.14-30.06.14
1	-0,06	0,182	0,126	0,625	0,098
0,1	-0,538	-0,088	0,061	-0,509	-0,062
0,01	-0,553	0,207	-0,908	-0,482	-0,138
0,001	-0,004	-0,368	-0,094	-0,499	-0,176
0,0001	-0,217	0,482	0,291	-0,014	0,1067

Таким чином отримані коефіцієнти кореляції між інтенсивністю геомагнітного поля на низьких частотах та даними реакції МТХ волютинових гранул дріжджів варіювались в межах  $R = -0,11 \div 0,44$  – на частоті 0.1Гц;  $R = -0,41 \div 0,40$  – на частоті 0.01Гц;  $R = -0,23 \div 0,67$  – на частоті 0.001Гц;  $R = -0,18 \div 0,82$  – на частоті 0.0001Гц. Порівняльний аналіз показав, що коефіцієнти кореляції зростають із зменшенням частоти варіацій геомагнітного поля. Крім того, такі збільшення коефіцієнтів кореляції відбувалось частіше у 2014 р. із максимальною сонячною активністю. Це вказує на підвищення впливу значень інтенсивності геомагнітного поля, у разі пониження його частоти, на кольорові зміни реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів, які пов'язані із молекулярними та функціональними характеристиками полі фосфатів, особливо під час магнітних збурень.

Детальний аналіз також показав, що коефіцієнти кореляції нерегулярно досягали і більших значень  $R = 0,82$  – на частоті 0.1Гц;  $R = 0,77$  – на частоті 0.01Гц;  $R = 0,15$  – на частоті 0.001Гц;  $R = 0,48$  – на частоті 0.0001Гц. Такі варіації визначених коефіцієнтів кореляції вказують, що вони відбувались на фоні стохастичних, важко прогнозованих різких змін збільшення інтенсивності ГМП поля, які відбуваються за магнітних бур. Але підвищені значення щотижневих коефіцієнтів кореляції вказують на наявність у ці тижні магнітних бур різної сили. Ці результати мають бути взяті до уваги у різних біотехнологічних процесах.

Підсумовуючий аналіз всіх отриманих даних інтенсивності геомагнітного поля на частотах  $< 1$ Гц показав, що амплітуда ГМП на частоті 0,0001Гц має найвищий розкид значень – до 21нТл порівняно з іншими вибраними частотами до 0,5нТл – при частоті 0,1Гц, до 3,5нТл – при частоті 0,01Гц, до 16нТл – при частоті 0,001Гц. Це узгоджується з теоретичним припущенням, що зі зниженням частоти флуктуацій зростає інтенсивність геомагнітного поля.

## 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО СТАРТАП-ПРОЄКТУ

### 3.1 Бізнес-ідея, мета стартапу та об'єкт дослідження

**Бізнес-ідея:** розробка спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ) для аналізу кореляцій між низькочастотними флуктуаціями геомагнітного поля (ГМП) і біологічними реакціями, зокрема змінами кольорових характеристик реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

**Комерційна привабливість:** інструмент може використовуватись у мікробіології, екології, медицині та навіть космічних дослідженнях. Попит формується як серед академічних установ, так і серед приватних компаній, що займаються моніторингом навколишнього середовища або дослідженням впливу геофізичних факторів на живі організми.

**Основна мета стартапу:** створити програмне забезпечення, яке дозволить дослідникам швидко, надійно і точно аналізувати вплив низькочастотних змін ГМП на біологічні процеси, зокрема реакцію метахромазії.

**Конкретні цілі:**

**Покращення якості наукових досліджень:**

- Спрощення процесу аналізу великих обсягів даних.
- Надання інструментів для інтеграції даних ГМП і мікробіологічних спостережень.

**Об'єкт дослідження:**

- **Реакція метахромазії волютинових гранул дріжджів:** Зміни кольору, що свідчать про специфічні біологічні процеси у клітинах дріжджів. Ці процеси пов'язані із різкими змінами зовнішніх факторів, наприклад змінами ГМП.
- **Показники геомагнітного поля:** Дані про інтенсивність низькочастотних флуктуацій (<1 Гц), отримані через сенсори або архівні дані.

**Актуальність стартапу:** геомагнітне поле впливає на біологічні системи, але точні механізми цього впливу поки недостатньо досліджені. Запропонований інструмент допоможе виявити закономірності, які можуть бути корисними у фундаментальних та прикладних дослідженнях (наприклад, у медицині або біотехнологіях).

Таблиця 3.1. Основна інформація про стартап-проект

<b>Характеристика</b>	<b>Опис</b>
Опис ідеї	Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу кореляцій між флуктуаціями ГМП і біологічними реакціями.
Наявність аналогів чи прототипів	Недостатньо інтегрованих рішень у сучасній науці.
Ключова потреба, яку вирішує стартап	Інструмент для автоматизованого аналізу впливу ГМП на біосистеми.
Стадія розробки технології	У розробці.
Класифікація продукту згідно з міжнародною системою	852380 спеціалізоване програмне забезпечення.
Код КВЕД, до якого відноситься виробництво	62.01 Комп'ютерне програмування.
Прогнозована ефективність стартапу	Велика.
За масштабом діяльності	Масове.
За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне.
За типом необхідних ресурсів	Матеріаломістке, трудомістке.
За чисельністю персоналу	Середнє.
Організація управління стартапом	Національні.
Цільовий географічний ринок	Глобальний ринок з акцентом на академічні установи та приватні лабораторії.
Бізнес-модель стартапу	B2B (орієнтація на академічні установи, дослідницькі лабораторії, екологічні організації).
Конкурентні вітчизняні аналоги	Відсутні.
Конкурентні іноземні аналоги	Програмні рішення з вузькою специфікою аналізу геофізичних або біологічних даних окремо.

Ключові фактори успіху	Інтеграція геофізичних і біологічних даних; доступність для різних наукових сфер; автоматизація обчислень.
Цільова аудиторія на різних етапах	Академічні установи, наукові лабораторії, екологічні організації, приватні компанії в біотехнологіях.
Планова кількість продажів у перший рік	725 ліцензій на програмне забезпечення.
Цінова політика продукту	4000 грн
Плановий рівень рентабельності	50%.
Капіталовкладення в проект	1 220 000 грн
Рівень повернення капіталовкладень	1-2 місяці
Джерела фінансування	Внутрішні та зовнішні (гранти, інвестиції наукових фондів).
Потенційні постачальники компонентів	Постачальники бібліотек для обробки даних (Python, MATLAB), хмарних сервісів (AWS, GoogleCloud).
Можливі ризики	Висока конкуренція у сфері наукового ПЗ, потреба в адаптації для різних платформ, обмеженість ресурсів.
Переваги продукту	Унікальне поєднання геофізичних і біологічних даних; простота інтеграції з іншими інструментами.

### 3.2 SWOT-аналіз

Таблиця 3.2. SWOT-аналіз стартап-проекту

Категорія	Пункти
Сильні сторони (Strengths)	<p><b>-Унікальність програмного забезпечення:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Відсутність прямої конкуренції у ніші аналізу взаємодії геомагнітного поля з біологічними системами.</li> <li>o Спеціалізовані алгоритми, які поєднують обробку біологічних та геофізичних даних.</li> </ul> <p><b>-Міждисциплінарний підхід:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Проект охоплює мікробіологію,</li> </ul>

	<p>геофізику, біофізику та статистику, що робить його привабливим для широкого кола дослідників.</p> <p><b>-Можливість масштабування:</b>      о Базові функції ПЗ можуть бути розширені для роботи з іншими біологічними об'єктами або даними з інших регіонів.</p> <p><b>-Академічна валідність:</b>      о Методика розроблена на основі магістерської дисертації, що забезпечує наукову достовірність і довіру до продукту.</p>
Слабкі сторони (Weaknesses)	<p><b>-Вузька цільова аудиторія:</b>      о Продукт орієнтований переважно на наукові установи та спеціалізовані лабораторії, що обмежує його комерційну привабливість для масового ринку.</p> <p><b>-Залежність від якості даних:</b>      о Алгоритми можуть працювати некоректно при недостатній точності чи повноті вихідних даних.</p> <p><b>-Обмежені фінансові ресурси:</b>      о Складність запуску через брак стартового капіталу на розробку, маркетинг і підтримку.</p> <p><b>-Відсутність бренду:</b>      о Продукт новий на ринку і потребує активного просування для завоювання довіри.</p>
Можливості (Opportunities)	<p><b>-Зростання попиту на міждисциплінарні дослідження:</b>      о Інтерес до вивчення впливу геофізичних і космічних факторів на біологічні системи збільшується у зв'язку зі змінами клімату і розвитком космічних досліджень.</p> <p><b>-Розширення ринків:</b>      о Окрім академічних установ, продукт може зацікавити медичні дослідницькі</p>

	<p>центри, екологічні агентства і навіть космічні програми.</p> <p><b>-Фінансування через гранти:</b>  о Можливість отримання фінансування від міжнародних наукових фондів чи програм підтримки інновацій (HorizontEurope, NSF, DFG).</p> <p><b>-Комерціалізація через партнерство:</b>  о Співпраця з виробниками обладнання (сенсори ГМП, мікроскопи), що може забезпечити додаткові джерела доходів.</p>
Загрози (Threats)	<p><b>-Конкуренція:</b>  о Хоча прямих конкурентів немає, великі компанії, які створюють універсальні аналітичні інструменти, можуть запропонувати аналогічний функціонал.</p> <p>- <b>Нестабільне фінансування науки:</b>  о Скорочення фінансування досліджень у регіонах із низьким ВВП може зменшити обсяг потенційних клієнтів.</p> <p>- <b>Юридичні ризики:</b>  о Можливі проблеми з ліцензуванням алгоритмів або використанням архівних даних.</p>

### 3.3 Ключові фактори успіху проєкту

Таблиця 3.3. Оцінка характеристик за методом Шонфільда.

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Наша пропозиція	Конкурент 1 (MagneticDataSystems)	Конкурент 2 (Geomagnetic Lab)
Інноваційність	0.4	5	3	2
Міждисциплінарність	0.3	5	4	3
Якість інтеграції даних	0.2	5	3	4
Можливість комерціалізації	0.1	4	3	3

Таблиця 3.4. Бальна оцінка характеристик за методом Шонфільда.

Характеристика	Бальна оцінка характеристик : Наша пропозиція	Бальна оцінка характеристик: Конкурент 1 (MagneticDataSystems)	Бальна оцінка характеристик: Конкурент 2 (GeomagneticLab)
Інноваційність	$0.4 \times 5 = 2.0$	$0.4 \times 3 = 1.2$	$0.4 \times 2 = 0.8$
Міждисциплінарність	$0.3 \times 5 = 1.5$	$0.3 \times 4 = 1.2$	$0.3 \times 3 = 0.9$
Якість інтеграції даних	$0.2 \times 5 = 1.0$	$0.2 \times 3 = 0.6$	$0.2 \times 4 = 0.8$
Можливість комерціалізації	$0.1 \times 4 = 0.4$	$0.1 \times 3 = 0.3$	$0.1 \times 3 = 0.3$
<b>Сума</b>	<b>4.9</b>	<b>3.3</b>	<b>2.8</b>

На основі бальної оцінки методом Шонфільда будується діаграма, яка візуалізує співставлення ключових переваг нашої компанії та її ринкових суперників (рис. 3.1).

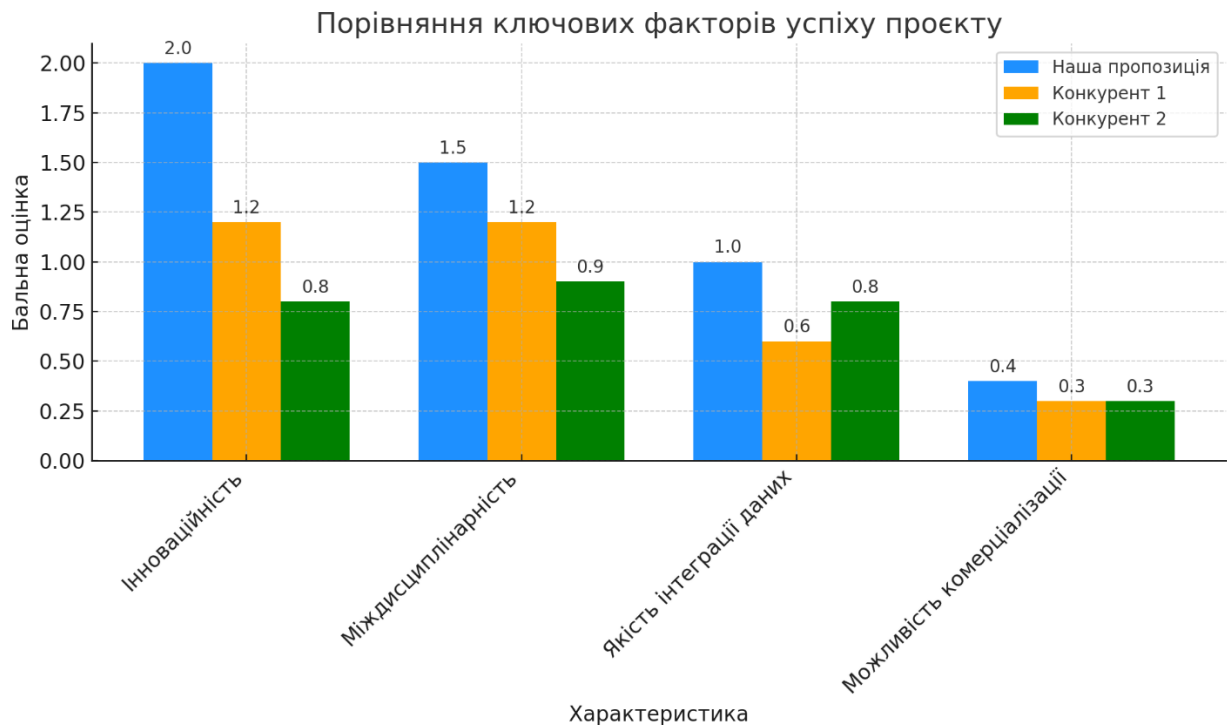


Рис. 3.1. Діаграма співставлення ключових переваг нашої компанії та її ринкових суперників.

Ключові фактори успіху ґрунтуються на іноваційності продукту, його міждисциплінарному потенціалі, якості інтеграції даних та можливості комерціалізації. Успішна реалізація цих факторів дозволить створити конкурентоспроможний і рентабельний стартап.

Таблиця 3.5. Варіанти розвитку ідеї стартапу

<b>Варіант</b>	<b>Стислий опис можливого розвитку</b>
1. Найкращий	Широкий інтерес до програмного забезпечення серед академічних установ, екологічних організацій і медичних центрів. Отримання грантового фінансування, партнерство з виробниками наукового обладнання, активне розширення функціоналу для роботи з новими типами даних.
2. Прийнятний	Помірний інтерес з боку окремих дослідницьких центрів та лабораторій. Обмежене фінансування через гранти, підтримка стартапу шляхом співпраці з окремими науковими інституціями.
3. Несприятливий	Низький попит через вузьку спеціалізацію ПЗ та високу вартість його впровадження. Необхідність значного доопрацювання функціоналу для залучення користувачів, можливий пошук партнерства з конкуруючими або суміжними розробниками для підтримки життєздатності проекту.

### 3.4. Цільові групи споживачів.

Продукт орієнтований на вузькоспеціалізований ринок (табл. 3.6):

Таблиця 3.6. Основні цільові групи споживачів та їх характеристики

<b>Критерій</b>	<b>Значення</b>
Юридична особа	Приватне, державне
Форма власності	Приватне, колективне, змішане
КВЕД	72.19 Дослідження і розробки у сфері інших природничих і технічних наук

За потужністю	Малі, середні
За масштабом діяльності	Серійні, поодинокі (впровадження індивідуальних проектів)
За рівнем спеціалізації	Вузкопрофільні (науково-дослідні), багатoproфільні (прикладні дослідження)
За ресурсами, що споживаються	Інформація, дані, апаратне забезпечення
За чисельністю персоналу	Малі і середні
За сферою діяльності	Науково-дослідні, екологічні, медичні
За приналежністю капіталу і контролю	Національні, з іноземними інвестиціями
За географічним розташуванням	Україна, потенційно міжнародний ринок
За віддаленістю органів управління	Національні
За характером господарської діяльності	Дослідницька, консалтингова
За рівнем технологічної цілісності	Провідні, дочірні установи
За долею іноземного капіталу	Національні, з іноземними інвестиціями (більше 10%)
За формуванням статутного капіталу	Унітарні, корпоративні
За організацією виробничих процесів	Періодичні (залежно від проектів або сезонних потреб)
За роботою протягом року	Позасезонні
За географічним розташуванням на території України	Центр та великі наукові центри (Київ, Львів, Харків)
За наявністю вільних обігових коштів (ОБЗ)	Наявні або залежні від грантового фінансування
За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи	Регіони із високим науковим потенціалом

### **3.5. Оцінка попиту та обсяги виробництва**

#### **1. Оцінка попиту. Розрахунок попиту за перший рік**

##### **1. Визначення кількості споживачів**

Для простоти оцінки можна розглядати ринок України, європейський ринок та США  
Україна (в межах міста Київ):

- Наукові установи, лабораторії, університети: приблизно 50 потенційних споживачів.

- Прикладні дослідницькі лабораторії: 30 потенційних споживачів.
- Технічні спеціалісти/розробники: 20 потенційних споживачів.

Загальна кількість потенційних споживачів (Україна):  $50+30+20=100$

Європейський ринок:

- Наукові установи, лабораторії, університети: 500 потенційних споживачів.
- Прикладні дослідницькі лабораторії: 300 потенційних споживачів.
- Технічні спеціалісти/розробники: 200 потенційних споживачів.

Загальна кількість потенційних споживачів (Європа):  $500+300+200=1000$

США:

- Наукові установи, лабораторії, університети: 1000 потенційних споживачів.
- Прикладні дослідницькі лабораторії: 600 потенційних споживачів.
- Технічні спеціалісти/розробники: 400 потенційних споживачів.

Загальна кількість потенційних споживачів (США):  $1000+600+400=2000$

### **Оцінка коефіцієнтів гальмування**

Враховуємо зовнішні фактори, які можуть уповільнити попит на продукт. Це може бути високий рівень конкуренції, складність у розумінні та впровадженні ПЗ, високі ціни або недостатня обізнаність про продукт.

Коефіцієнти гальмування (К):

- Висока конкуренція:  $K=0.8$
- Високі витрати на придбання ПЗ:  $K=0.9$
- Обмежена обізнаність про продукт:  $K=0.7$

Розрахунок загального коефіцієнта гальмування:

$$K_{\text{total}}=K1 \times K2 \times K3$$

$$K_{\text{total}}=0.8 \times 0.9 \times 0.7=0.504$$

Тобто, реальний попит буде знижений на 50.4%.

### Прогнозування попиту за перший рік

Прогнозування попиту ґрунтується на потенційному попиті та коефіцієнті гальмування.

Формула прогнозу:

Прогнозований попит=Потенційний попит×(1-Ktotal)

Прогноз для кожного ринку:

Україна:

Прогнозований попит=100×(1-0.504)=49.6≈50

Європа:

Прогнозований попит=1000×(1-0.504)=496≈500

США:

Прогнозований попит=2000×(1-0.504)=992≈1000

### Обсяги виробництва програмного забезпечення

Обсяг виробництва (у даному випадку — обсяг випуску ПЗ) залежить від попиту на продукт, а також від можливості масштабування стартапу. Оскільки програмне забезпечення є цифровим продуктом, то його «виробництво» полягає у створенні та постійному оновленні версій.

### Плановий обсяг випуску за перший рік (табл. 3.7):

Таблиця 3.7. Плановий обсяг випуску продукції за перший рік

Ринок	Потенційний попит	Прогнозований попит	Вартість ліцензії	Очікувані продажі (в одиницях)	Дохід (грн)
Україна	100	50	4 000 грн	50	200 000 грн
Європа	1000	500	4 000 грн	500	2000000 грн
США	2000	1000	4 000 грн	1000	4000000 грн

### Прогнозований дохід за перший рік:

200000+2000000+4000000= 6200000 грн

### Оцінка витрат на виробництво ПЗ:

Основні витрати на виробництво ПЗ включають вартість розробки, маркетинг, технічну підтримку, а також витрати на обслуговування серверів.

Витрати на розробку ПЗ:

- Зарплати програмістів та тестувальників: 300 000 грн.
- Ліцензії на використання бібліотек та інструментів: 80 000 грн.

Щомісячні витрати на підтримку:

- Технічна підтримка: 40 000 грн/міс.
- Обслуговування серверів: 30 000 грн/міс.

Річні витрати:

$$300000+80000+(40000+30000)\times 12=300000+80000+840000=1220000 \text{ грн.}$$

### 3.6 Паспорт споживача

Таблиця 3.8. Паспорт споживача

Характеристика	Значення
Організаційно-правова форма	Університети, науково-дослідні установи, приватні лабораторії
Класифікація	
- за потужністю	Середнє
- за чисельністю персоналу	Мале, середнє
- за обсягом виробництва	Поодинокі дослідження, серійні проекти
- за сезонністю виробництва	Позасезонне
- інше	Висока спеціалізація у дослідженнях
Розташування	
- місто	Київ, Львів, Харків
- смт	Регіональні наукові центри
- село	Немає
- інше	Європа, США, інші країни з розвинутою науковою інфраструктурою
Вид продукту, який потрібен даному споживачеві	Інструменти для аналізу впливу геомагнітних флуктуацій та інтеграції даних
Призначення придбаної розробки	
- за призначенням	Наукові дослідження
- інше	Міждисциплінарний аналіз

Кваліфікація персоналу підприємства	
- робочі	Кваліфіковані дослідники, аспіранти
- службовці	Науково-дослідний персонал
- керівники	Досвідчені керівники наукових проєктів, професори, доктори наук
Потенційний обсяг споживання розробки	Необмежений, залежить від кількості проєктів та обсягів даних
Хто приймає рішення про придбання розробки	Керівник проєкту, менеджер із закупівель, завідувач лабораторії, відділ фінансів наукової установи

### 3.7. Ціна інноваційної пропозиції

Ціна інноваційної пропозиції повинна враховувати кілька складових, таких як вартість розробки, витрати на підтримку, маркетинг та обслуговування клієнтів, а також конкурентні фактори та економічну доцільність для потенційних споживачів.

Основні методи ціноутворення:

#### 1. Витратний метод

Формула:  $Ц = C + (C \cdot r)$ , де:

- $C$  – собівартість продукту, припущена автором ідеї (грн/од),
- $r$  – фіксований відсоток прибутку (3-5%).

Розрахунок ціни:  $Ц = 2784 + (2784 \cdot 0,05) = 2784 + 139,2 = 2923,2$  грн/од.

Ціна за витратним методом: 2923,2 грн/од.

#### 2. Агрегатний метод

Формула:  $Ц = \sum_{i=1}^n Ц_i + \text{прибуток}$

Компоненти:

1. Зарплата розробників – 1440000 грн (40 тис.  $\times$  3  $\times$  12).
2. Інфраструктура – 80 000 грн.
3. Підтримка (15%) – 228 000 грн.
4. Маркетинг (10%) – 174 000 грн.
5. Додаткові витрати (5%) – 96 100 грн.

Сумарно витрати:

Цагрегатні=1520000+228000+174000+96100=2 018 100 грн.

Додамо прибуток (50%): Ц=2 018 100·1.5=3 027 150 грн.

Ціна за одиницю: Цод=3 027 150 / 725=4176 грн/од.

Ціна за агрегатним методом: 4176 грн/од.

### 3. Параметричний метод

Формула:

Цнової моделі=Цбазової моделі·(Qнової / Qбазової), де:

- Цбазової моделі=2500 грн.
- Qнової=4.5 (балів за експертною оцінкою),
- Qбазової=3.0 (балів за аналогічною технологією).

Розрахунок: Ц=2500·(4.5/3.0)=2500·1.5=3750 грн/од

Ціна за параметричним методом: 3750 грн/од.

### 4. Конкурентний метод

Конкурент 1: 3500 грн/од.,

Конкурент 2: 4500 грн/од.

Середня ціна: Ц=(3500+4500)/2=4000 грн/од.

Ціна за конкурентним методом: 4000 грн/од.

Таблиця 3.9. Порівняння цін за методами.

Метод	Ціна (грн/од.)
Витратний	2923,2
Агрегатний	4176
Параметричний	3750
Конкурентний	4000

### Розрахунок точки беззбитковості

Точка беззбитковості=
$$\frac{\text{Загальні постійні витрати}}{\text{Ціна за одиницю} - \text{Змінні витрати на одиницю}}$$

Постійні витрати: Загальні витрати (2 439 719 грн)

Ціна за одиницю: 4167 грн

Змінні витрати на одиницю: Собівартість однієї ліцензії (1573,69 грн)

$$\text{Точка безбитковості} = \frac{2\,439\,719}{4\,167 - 1\,573,69} = 940 \text{ ліцензій}$$

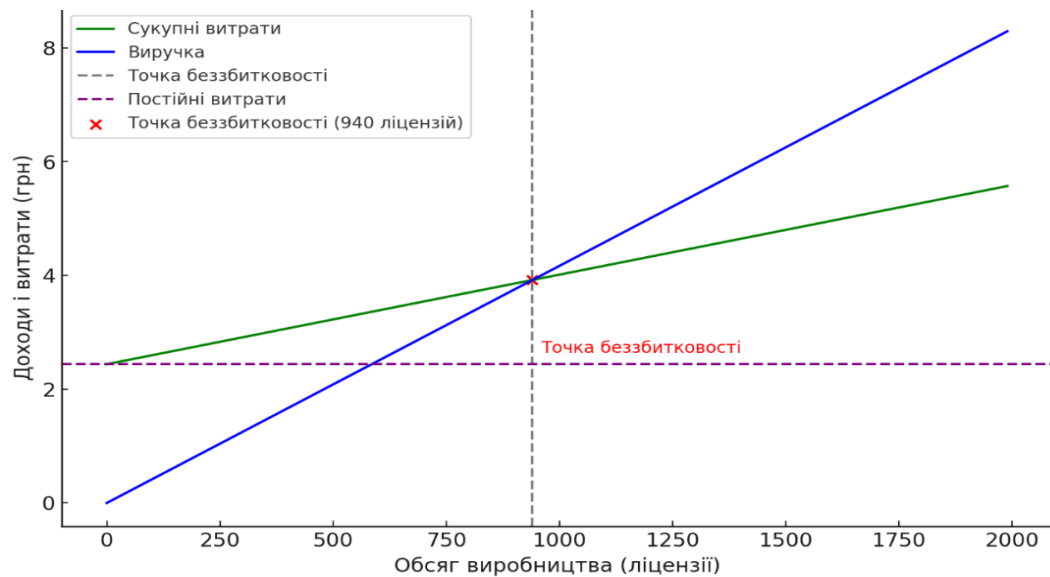


Рис. 3.2.Графік точки безбитковості стартап-проєкту.

Таблиця 3.10. Калькуляція собівартості розробки програмного забезпечення

№ п/п	Етап розробки/елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник (UAH)
1	Заробітна плата розробників	40,000 грн × 3 осіб × 12 міс	1,440,000 грн
2	ЄСВ (22%)	22% від 1,440,000 грн	316,800 грн
3	Інфраструктура і ліцензії	Одноразово	80,000 грн
<b>Загальна вартість розробки</b>		1,836,800 грн	
4	Технічна підтримка	15% від витрат на розробку	1,836,800 грн × 0.15 = 275,520 грн
5	Маркетинг	10% від розробки та підтримки	(1,836,800 грн + 275,520 грн) × 0.10 = 211,232 грн
6	Додаткові витрати	5% від загальних витрат	(1,836,800 грн + 275,520 грн + 211,232 грн) × 0.05 = 116,167 грн
<b>Загальні витрати</b>		2,439,719 грн	

Таблиця 3.11. Забезпеченість проекту основними засобами

Назва ОЗ	Початкова вартість ОЗ	Період експлуатації	Джерело фінансування
Сервери для розробки	50,000 грн	3 роки	Інвестиції
Ліцензії на ПЗ (для тестування)	30,000 грн	1 рік	Інвестиції
Комп'ютери для програмістів	60,000 грн	3 роки	Інвестиції

Таблиця 3.12. Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати (грн/міс)	ЄСВ (22%) (грн/міс)	Загальна вартість (грн/міс)	Джерело фінансування
Програмісти	Програміст	2	Висока	40,000 грн	8,800 грн	48,800 грн	Інвестиції
Тестувальник	Тестувальник	1	Середня	40,000 грн	8,800 грн	48,800 грн	Інвестиції

Таблиця 3.13. Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Значення
Річний обсяг реалізації ліцензій	ліцензії	1550
Середньорічна чисельність персоналу	осіб	3
Річні капіталовкладення в проект	грн	2 439719
Капіталовкладення на одиницю ліцензії	грн/ліцензія	1 573,69
Ціна продажу однієї ліцензії	грн/ліцензія	4167
Собівартість однієї ліцензії	грн/ліцензія	1 573,69
Відносний прибуток	грн/ліцензія	2 593,31
Рентабельність	%	164,8%
Загальний дохід за рік	грн	6 458850
Чистий прибуток за рік	грн	4 019131
Період повернення капіталовкладень	роки	0,61
Точка беззбитковості	ліцензії	940

Таблиця 3.14. Прогноз доходів від продажу ліцензій

Показник	Значення
Кількість ліцензій, які планується продати	1550
Ціна однієї ліцензії	4,167 грн
Загальний дохід від продажу ліцензій	6 458 850грн

**Висновки:** проєкт показує рентабельність 164,8%, що свідчить про значну прибутковість кожної реалізованої ліцензії.

Капіталовкладення в проєкт окупляться вже через 0,61 року, що є дуже позитивним показником для стартапів.

Для забезпечення беззбитковості потрібно реалізувати 940 ліцензій. Прогнозований обсяг продажу у 1550 ліцензій значно перевищує цю межу, що гарантує стабільний прибуток.

Загальний обсяг витрат на розробку та впровадження склав 2 439 719 грн, що є конкурентоспроможним бюджетом для проєктів у сфері програмного забезпечення.

З урахуванням маркетингових зусиль, поточний план продажів може бути перевищений, що забезпечить додатковий прибуток.

### 3.8. Бізнес-модель та карта бізнес-процесів

Таблиця 3.15. Карта бізнес-процесів виконання стартап-проєкту

Стадія реалізації стартапу	Бізнес-процеси	Характеристики	Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат, грн
Розробка ідеї стартапу	Створення проєктно-технічної документації для програмного забезпечення	Аналіз вимог, створення алгоритмів, створення документації	Трудові ресурси: програмісти, наукові консультанти	3 місяці	200,000 грн
Реалізація ідеї	Розробка програмного забезпечення, тестування, впровадження	Розробка основних функцій, інтерфейсу, тестування	Трудові ресурси: 2 програмісти, тестувальник	6-12 місяців	1,520,000 грн
Впровадження продукту	Пілотне тестування продукту, впровадження в лабораторії	Демонстрація можливостей програмного забезпечення	Трудові ресурси: програмісти, техпідтримка	1-2 місяці	50,000 грн

	та наукові установи				
Масова реалізація та маркетинг	Привернення клієнтів, підписання угод, маркетинг через онлайн-платформи, конференції	Реклама, участь в наукових конференціях, консультації	Трудові ресурси: маркетологи, PR-менеджери	3-6 місяців	174,000 грн
Підтримка клієнтів	Технічна підтримка, оновлення продукту	Розв'язання технічних питань, оновлення продукту	Трудові ресурси: техпідтримка, програмісти	Безстроково	228,000 грн на рік

Таблиця 3.16. Функції та елементи для розробки програмного забезпечення

Функції	Розробник	Тестувальник	Науковий консультант
1. Генерація ідей	+		+
2. Пошук актуальної інформації	+		+
3. Розподілення обов'язків	+	+	+
4. Попередня підготовка процесу	+		+
5. Пошук інвестиційних концепцій			+
6. Остаточне формулювання проекту та оцінка його техніко-економічної та фінансової прийнятності	+		+
7. Фінальний розгляд проекту	+	+	+
8. Формування бази даних постачальників матеріалів та обладнання			
9. Розробка програмного забезпечення (алгоритмів, інтерфейсу)	+	+	
10. Пошук будівлі для оренди, договір оренди			
11. Придбання обладнання для тестування (комп'ютери, сервери)	+		
12. Установка програмного забезпечення на тестові машини	+	+	
13. Заклучення контрактів з постачальниками послуг (хмарні сервіси,			+

програмне забезпечення)			
14. Закупка ліцензій для розробки та тестування ПЗ	+		
15. Формування адміністрації проекту (менеджер проекту)	+	+	+
16. Формування документації та інструкцій	+	+	+
17. Набір та навчання персоналу (навчання програмістів і тестувальників)	+	+	
18. Запуск тестування продукту		+	
19. Уточнення алгоритмів, покращення функціональності	+	+	+
20. Контроль якості (тестування, відслідковування помилок)		+	
21. Встановлення контактів з потенційними клієнтами та партнерами	+		+
22. Формування та підписання договорів (ліцензійні угоди, контракти)	+		+
23. Продаж ліцензій на програмне забезпечення	+		+

Ось схема, яка ілюструє бізнес-процеси (рис. 3.3):

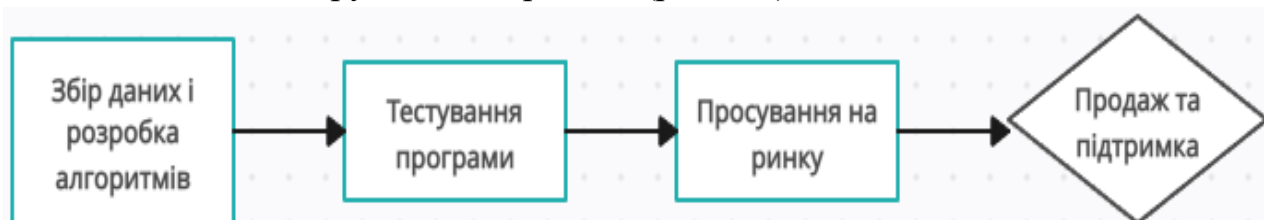


Рис. 3.3. Схема, яка візуалізує бізнес-процеси інформаційного стартап-проекту.

### Розрахунок ключових показників ефективності (КПІ)

Для оцінки ефективності бізнес-моделі можна визначити кілька ключових показників (табл. 3.17):

Таблиця 3.17. Основні ключові показники ефективності бізнес-моделі стартапу.

Показник	Опис	Ціль
<b>Кількість ліцензій на рік</b>	Кількість ліцензій, які потрібно продати для покриття витрат.	488 ліцензій
<b>Середній дохід від одного клієнта</b>	Сума, яку в середньому приносить один клієнт на рік.	4176 грн/ліцензія

<b>Час від розробки до продажу</b>	Час, необхідний для запуску продукту на ринок.	6-12 місяців
<b>Ставка утримання клієнтів</b>	Відсоток клієнтів, які продовжують використовувати продукт.	85%
<b>Витрати на маркетинг</b>	Сума витрат на маркетинг і рекламу.	10-15% від загальних витрат

### 3.9 Оцінка ризиків та управління ними

Успіх стартапу залежить від ефективної ідентифікації потенційних ризиків та розробки заходів для їхнього управління. Розглянемо ключові типи ризиків, специфічні для вашого стартапу, та методи їхньої мінімізації.

#### 1. Ідентифікація ризиків

Таблиця 3.18. Основні типи ризику

<b>Тип ризику</b>	<b>Опис</b>
<b>Технологічні ризики</b>	Невдачі в розробці, тестуванні або функціонуванні програмного забезпечення.
<b>Ринкові ризики</b>	Низький попит через слабку маркетингову стратегію або недостатню обізнаність цільової аудиторії.
<b>Фінансові ризики</b>	Недостатність фінансування для підтримки операційної діяльності чи розвитку продукту.
<b>Конкурентні ризики</b>	Поява аналогічних продуктів з кращими характеристиками або нижчою ціною.
<b>Операційні ризики</b>	Проблеми з персоналом, затримки у виконанні ключових етапів.
<b>Юридичні ризики</b>	Відсутність необхідних ліцензій, порушення авторських прав або законодавства.

Таблиця 3.19. Оцінка ймовірності та впливу ризиків

<b>Тип ризику</b>	<b>Ймовірність</b>	<b>Вплив</b>	<b>Пріоритет</b>
Технологічні	Висока	Високий	Критичний
Ринкові	Середня	Високий	Високий
Фінансові	Середня	Середній	Середній
Конкурентні	Низька	Високий	Середній
Операційні	Середня	Низький	Низький
Юридичні	Низька	Середній	Низький

## 2. Стратегії управління ризиками

### 1. Технологічні ризики

- Мінімізація: Agile-розробка, регулярне тестування, залучення досвідчених фахівців.
- Резервний план: додаткові технічні спеціалісти.

### 2. Ринкові ризики

- Мінімізація: маркетингові дослідження, створення сильного бренду, адаптація стратегії.
- Резервний план: вихід на нові ринки.

### 3. Фінансові ризики

- Мінімізація: раціональне планування, залучення інвестицій, контроль бюджету.
- Резервний план: скорочення витрат, кредити.

### 4. Конкурентні ризики

- Мінімізація: оновлення продукту, аналіз конкурентів.
- Резервний план: унікальні функції.

### 5. Операційні ризики

- Мінімізація: чіткий графік, моніторинг завдань.
- Резервний план: аутсорсинг.

### 6. Юридичні ризики

- Мінімізація: юридична консультація, перевірка відповідності авторським правам.
- Резервний план: наймання адвокатів.

Таблиця 3.20. Ризики та заходи управління

Тип ризику	Ймовірність	Вплив	Стратегія мінімізації	Резервний план
Технологічні	Висока	Високий	Agile-розробка, регулярне тестування	Залучення додаткових фахівців
Ринкові	Середн	Висо-	Маркетингові дослід-	Вихід на міжнародні

	я	кий	ження, сильний бренд	ринки
Фінансові	Середня	Середній	Залучення інвестицій, контроль витрат	Скорочення витрат, додаткове фінансування
Конкурентні	Низька	Високий	Моніторинг ринку, оновлення продукту	Впровадження інноваційних функцій
Операційні	Середня	Низький	Контроль завдань, підтримка чіткого графіка	Аутсорсинг функцій
Юридичні	Низька	Середній	Перевірка ліцензій, юридичне консультування	Наймання адвокатів

### 3. План моніторингу ризиків

Для забезпечення ефективного управління ризиками необхідно проводити регулярний моніторинг. Пропонується така система (табл. 3.21):

Таблиця 3.21. Основні заходи для забезпечення ефективного управління ризиками інформаційного стартап-проєкту.

Періодичність	Діяльність
Щомісяця	Аналіз ринкових умов, моніторинг витрат, оцінка технологічного прогресу.
Щокварталу	Вивчення конкурентів, аналіз успішності маркетингових кампаній.
Щорічно	Оцінка фінансових показників, перегляд юридичної відповідності.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Дипломна робота виконана з урахуванням вимог щодо охорони праці, пожежної та екологічної безпеки, а також безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

На основі результатів атестації робочого місця щодо умов праці в цьому розділі було розглянуто та розроблено комплекс заходів і засобів, спрямованих на покращення умов праці, пожежної безпеки та безпеки в екстремальних ситуаціях.

### **4.1 Організація охорони праці в лабораторії з комп'ютерами**

#### **4.1.1 Забезпечення безпечних умов виконання робіт у лабораторіях, де виконуються комп'ютерні дослідження і експерименти**

Згідно з класифікацією, у лабораторіях можуть бути присутні фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні фактори. Для комфортної роботи з комп'ютером рекомендується розміщувати екран дисплея перпендикулярно до напрямку погляду, оскільки його нахил може сприяти сутулості. Відстань між очима і екраном повинна бути дещо більшою, ніж відстань до книги. Для старіших моніторів потрібно встановлювати захисний екран або сидіти на відстані витягнутої руки. Також важливо створювати неоднорідне поле зору для запобігання напруженню очей.

Форма спинки крісла повинна відповідати анатомії спини користувача. Висота крісла має уникати тиску на куприк і стегна. Рекомендується оснащувати крісло підлокітниками для комфортного розташування рук. Крім того, важливо, щоб крісло не змушувало користувача сильно нахилитися до клавіатури. Регулярні перерви і фізична активність необхідні для підтримки здоров'я.

Для запобігання ураженню електричним струмом важливо правильно розмістити обладнання та кабелі. Усі заходи електробезпеки повинні відповідати загальним вимогам пожежної безпеки. Для зниження ризику пожеж слід використовувати приховані електричні мережі, встановлювати надійні розетки з вогнестійких матеріалів і застосовувати силові кабелі з підвищеною

вантажопідйомністю. Живлення техніки має здійснюватися через відповідні вимикачі. Регулярне очищення обладнання від пилу та встановлення комп'ютерів на негорючі столи також є важливими. Для запобігання іскрінню слід зменшити частоту підключення та відключення кабелів.

#### **4.1.2 Оптимізація освітлення в робочих приміщеннях.**

Вимоги до охорони праці щодо освітлення в комп'ютерних лабораторіях зазвичай визначаються відповідними нормативними документами та рекомендаціями.

Основні вимоги та поради щодо освітлення в комп'ютерних лабораторіях:

Загальне освітлення:

- Гарантування рівномірного освітлення як на робочих місцях, так і в усьому приміщенні.
- Застосування світлодіодних (LED) ламп або енергоефективних джерел світла для зменшення споживання електроенергії та тепловиділення.
- Загальний рівень освітленості має бути не менше 300 лк (люксів), але може варіюватися в залежності від специфічних вимог та функціонального призначення приміщення [25].

Природне освітлення:

- Забезпечення достатнього природного освітлення в приміщенні через вікна або світлопроникні конструкції.
- Уникнення відблисків на робочих поверхнях, зокрема на екранах комп'ютерів, за допомогою регулювання жалюзі або застосування відбивних покриттів.

Робочі місця:

- Забезпечення достатнього освітлення на робочих поверхнях, призначених для роботи з комп'ютерами.
- Розташування світильників і моніторів таким чином, щоб уникати відблисків та зайвого блиску.

- Налаштування рівня освітлення на робочих місцях для створення комфортних умов праці.

Захист від відблисків та блиску:

- Використання екранів із антибліковими покриттями для зменшення ефекту відблисків.
- Оптимізація розташування робочих місць відносно джерел природного і штучного світла, щоб запобігти блиску.

У випадках екстрених ситуацій:

- Обладнання робочих зон аварійним освітленням, яке активується під час збоїв у системі електропостачання чи пожежі.
- Розміщення шляхів евакуації та екстрених виходів у помітних місцях із забезпеченням їхнього підсвічування [25].

#### **4.1.3 Контроль стану аерозольного середовища в зоні праці**

Згідно з Державними санітарними нормами 3.3.6.042-99 та підтвердженими результатами лабораторної атестації робочого місця співробітників, робота в комп'ютерному класі відноситься до категорії Іб (легкі роботи).

Охорона праці в комп'ютерних лабораторіях містить низку вимог щодо якості повітря в робочій зоні. Ці вимоги можуть змінюватися в залежності від конкретних нормативних актів і правил, що діють у вашій країні або регіоні. Проте існують загальні рекомендації, які зазвичай застосовуються для забезпечення належної якості повітря в таких приміщеннях:

**Фільтрація повітря:** Для зменшення концентрації пилу, алергенів та інших забруднювачів у повітрі слід встановлювати фільтри. Їх необхідно регулярно очищати або замінювати, щоб забезпечити належну ефективність роботи.

**Вентиляція:** Приміщення комп'ютерної лабораторії повинні бути обладнані ефективною системою вентиляції, що забезпечує безперервний потік свіжого

повітря. Це може включати вентиляційні отвори, витяжні вентилятори або кондиціонери.

Контроль температури: Температура в приміщенні повинна бути на комфортному рівні для працівників. Зазвичай рекомендується підтримувати температуру в межах від 20°C до 24°C.

Контроль вологості: Важливо підтримувати оптимальний рівень вологості в приміщенні, оскільки занадто висока або низька вологість може погано позначитися на роботі комп'ютерного обладнання та здоров'ї працівників. Зазвичай рекомендований діапазон вологості становить від 40% до 60%.

Виявлення шкідливих викидів: У разі використання в комп'ютерній лабораторії речовин, що можуть негативно впливати на здоров'я, необхідно встановити систему моніторингу викидів і аварійні сигнали, що спрацьовують при перевищенні допустимих рівнів [25].

Таблиця 3.1. Оптимальні значення параметрів мікроклімату в робочій зоні комп'ютерного приміщення.

Назва дільниці	Період року	Категорія робіт	Оптимальні норми					
			Оптимальна температура повітря, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
Комп'ютерна лабораторія	Холодний	Легка (Іб)	Нормативна	Фактична	Нормативна	Фактична	Нормативна	Фактична
			20-24	21,2	75	70	Не більше 0,2	0,2
			22-28	25	75	70	Не більше 0,2	0,2

#### 4.1.4 Заходи щодо мінімізації впливу виробничого шуму та вібрації

У лабораторії є обладнання з електроприводами, включаючи комп'ютери з процесорами, що експлуатують вентилятори та спеціальні вентиляційні системи, які генерують шум і вібрації.

Згідно з нормативним документом ДСН 3.3.6.037-99, припустимі рівні звукового тиску становлять 80 дБА у лабораторних приміщеннях та на території комп'ютерної лабораторії, а також 60 дБА в приміщеннях управління та робочих кімнатах.

Згідно з атестацією робочого місця, рівень звукового тиску в комп'ютерній лабораторії складає 69 дБА, що відповідає вимогам нормативних норм [25].

Вимірювання рівня шуму в комп'ютерній лабораторії (еквівалентне значення шуму) проводиться за наступною формулою:

$$L_{екв} = 1/T * 10 \lg \sum_{i=1}^n T_i * 10^{0.1 * L_i}$$

Для зниження рівня шуму та вібрацій у цій лабораторії планується здійснення таких заходів:

Рівень шуму:

У комп'ютерних лабораторіях важливо забезпечити комфортний рівень шуму для працівників. Це може бути регульовано відповідно до певних норм, зазначених у місцевому законодавстві або стандартах.

Для зменшення шуму використовуються спеціальні акустичні матеріали та методи, такі як покриття, що поглинають звук, на підлогах, стінах і стелях. Працівникам, які регулярно піддаються шуму, можуть надаватися захисні засоби, такі як навушники або моделі з активним шумозаглушенням.

Щодо вібрацій, якщо в лабораторії спостерігаються коливання, наприклад, від роботи техніки, необхідно вжити заходів для їх зниження. Це може включати використання амортизуючих матеріалів або підставок, які обмежують передачу

вібрації на робочі поверхні. Працівники, що зазнають вібрацій, можуть потребувати спеціальних засобів захисту, таких як рукавиці чи підкладки для зменшення впливу.

#### **4.1.5 Забезпечення безпеки електричних систем та розробка відповідних заходів захисту**

Основні причини поразки людей електричним струмом у лабораторному середовищі можна узагальнити наступним чином, враховуючи науковий підхід:

- Взаємодія з відкритими струмоведучими елементами та провідниками, що знаходяться під напругою через порушення ізоляції, є однією з причин. Ця ситуація виникає в результаті ненавмисного дотику до таких елементів, що призводить до струмової поразки.

- Поразка електричним струмом через утворення електричної дуги може статися, коли порушення ізоляції або несправність обладнання призводять до виникнення дуги, що переносить електричний струм на людину, яка перебуває в безпосередній близькості до джерела.

Отже, ці фактори є основними причинами, що призводять до ураження людей електричним струмом у лабораторному середовищі.

Основні вимоги до електробезпеки в таких приміщеннях включають:

Забезпечення правильного встановлення електрообладнання: Всі електричні пристрої повинні відповідати стандартам безпеки, мати високу якість та бути встановленими згідно з встановленими нормами. Розетки, розподільні щити та електропроводка повинні знаходитися в хорошому стані.

Заземлення: всі електричні пристрої мають бути належним чином заземлені, щоб уникнути небезпечних струмів. Заземлювальні дроти повинні бути правильно підключені до відповідної системи заземлення.

Перевірка електричного обладнання: необхідно регулярно перевіряти електричні системи на наявність дефектів чи пошкоджень, включаючи огляд розеток, кабелів, розподільних щитів та заземлення.

Безпека кабелів і проводів: кабелі та проводи повинні бути акуратно укладені та надійно закріплені, щоб запобігти їх пошкодженню та електричним ударам. Важливо уникати перекручування чи сильного натискання на них.

Запобігання перевантаженням: для запобігання перевантаженню, що може спричинити пожежу або пошкодження техніки, слід використовувати автоматичні вимикачі або захисні пристрої від перевантажень.

Правила експлуатації електрообладнання: працівники повинні бути ознайомлені з основними вимогами безпеки при використанні електроприладів. Це включає уникання контакту з вологою поблизу електричних пристроїв, використання обладнання тільки сухими руками та заборону підключення несумісних приладів до розеток.

Пожежна безпека: у комп'ютерних лабораторіях мають бути встановлені системи пожежної сигналізації та вогнегасники. Регулярний моніторинг і обслуговування цих систем є необхідними для забезпечення їх ефективної роботи.

Перевірка заземлення: проведення регулярних перевірок заземлення електричних пристроїв і вимірювань заземлювальних систем допомагає виявляти можливі проблеми та запобігати електричним ударам [25].

Електричне обладнання в лабораторії підключене до трифазної чотирипровідної мережі змінного струму промислової частоти. У цій мережі нейтральна точка є глухо заземленою, а номінальна напруга складає 380/220 В.

У випадку однофазного доторкання до такої мережі з глухо заземленою нейтраллю, максимальна сила струму, що проходить через тіло людини, може досягати 55 мА, а напруга дотику становить 220 В.

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ-86), комп'ютерна лабораторія відноситься до приміщень з підвищеним рівнем небезпеки ураження електричним струмом. Використовуване в лабораторії обладнання належить до

класу закритого типу. Під час атестації робочих місць не було виявлено порушень ізоляції обладнання.

## **4.2 Організація заходів безпеки в умовах надзвичайних ситуацій**

### **4.2.1 Розробка та реалізація превентивних заходів із запобігання пожежам і забезпечення пожежної безпеки**

У лабораторії є кілька пожежонебезпечних зон та потенційних джерел виникнення пожеж. Серед них слід виділити наявність горючих хімічних реактивів, використання легкозаймистих речовин і обладнання. Можливими причинами загоряння є пошкодження електропроводки, яке може бути викликане механічними, тепловими або хімічними впливами, такими як перенапруга, проти якої можна застосувати подвійну ізоляцію проводки. Також перегрів обладнання, спричинений порушеннями в методиці проведення експерименту, може стати причиною загоряння.

Запобігання пожежам та забезпечення пожежної безпеки в комп'ютерних лабораторіях є критично важливими аспектами охорони праці. Основні вимоги до попередження пожеж та забезпечення пожежної безпеки в цих приміщеннях включають:

- Пожежна сигналізація: Комп'ютерна лабораторія має бути оснащена системами пожежної сигналізації, що включають детектори диму, звукові та світлові сповіщувачі, а також автоматичні пожежні оповіщувачі. Всі ці пристрої повинні бути встановлені відповідно до стандартів, регулярно перевірятися та обслуговуватися для забезпечення безперебійної роботи.

- Засоби гасіння пожеж: У лабораторії обов'язково мають бути присутні вогнегасники та інше пожежогасне обладнання, яке відповідає чинним нормативам. Важливо, щоб персонал був навчений правильно користуватися цими засобами та знав їх точне розташування.

- Евакуаційні маршрути: Шляхи евакуації в комп'ютерній лабораторії мають бути чітко позначені, вільні від будь-яких перешкод і завжди доступні. На дверях та стінах повинні бути розташовані знаки та індикатори, що вказують напрямок руху до виходу. Видимість і доступність цих шляхів мають бути гарантовані в будь-який час.

- Інспекція електромережі: Систематична перевірка електричної інфраструктури, включаючи проводку, розетки та розподільні щити, дозволяє своєчасно виявляти й усувати потенційні несправності, які можуть спричинити пожежу.

- Безпека під час роботи з електронікою: Персонал має дотримуватися правил безпеки під час експлуатації електронного обладнання. Це передбачає уникнення перегріву пристроїв, правильне підключення кабелів, дотримання правил поводження з електроустаткуванням та забезпечення сухості приміщення.

- Навчання працівників: Весь персонал лабораторії повинен пройти навчання щодо правил пожежної безпеки, знати плани евакуації, вміти користуватися вогнегасниками та бути обізнаним із діями в разі пожежі.

Для ефективного забезпечення пожежної безпеки необхідно оперативно ліквідувати початкові осередки загоряння. Найкращим рішенням у таких випадках є використання порошкових вогнегасників типу ВП-10А. Вони спеціально розроблені для гасіння займистих рідин, горючих газів, тліючих матеріалів, а також електрообладнання, яке перебуває під напругою. На відміну від пінних вогнегасників, порошкові меншою мірою пошкоджують електроніку, що робить їх оптимальним вибором для комп'ютерних лабораторій.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено та модифіковано програмне забезпечення для оцінки змін наднизькочастотних коливань геомагнітного поля на частотах менше 1 Гц, та методики його використання для співставлення з мікробіологічними даними.

2. Підготовлені масиви даних моніторингу кількісних значень кольорових змін реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та інтенсивності ГМП на частотах <1Гц у Києві за 2009 та 2014 роки.

3. Розроблено методику релевантної оцінки коефіцієнту кореляції між результатами реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та наднизькочастотними коливаннями інтенсивності геомагнітного поля та визначені коефіцієнти кореляції Спірмена між змінами кольору реакції метахромазії та змінами ГМП у Києві за 2009 та 2014 роки .

4. Виявлені значення коефіцієнту кореляції  $R = 0,82$  вказують на суттєві впливи різкого збільшення інтенсивності геомагнітного поля на частоті 0.0001 Гц на зміни кольору реакції метахромазії і зміни поліфосфатного статусу волютинових гранулах дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

5. Розроблено стартап-проект по розробці спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу кореляцій між низькочастотними флуктуаціями геомагнітного поля і біологічними реакціями на них.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. СкайлсДюрвард Д. Геомагнітне поле, його природа, історія та значення для біології. В кн. Біогенний магнетит і магніторецепція. Нове о біомагнетизмі в 2-х т., ред. Дж.Киршвінк, Д.Джонс, Б.Мак-Фадден. М.: Мир, Т.1, 1989.- с.63-138.
2. Kornberg, A., N. N. Rao, and D. Ault-Riché (1999) Inorganic Polyphosphate: a molecule with many functions. // *Ann. Rev. Biochem.* **68**, 89-125.
3. Gromozova, E.N.; Kachur, T.L.; Voychuk, S.I.; Kharchuk, M.S. Research of Metachromatic Reaction of *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology Journal*, 2016; 78(3), 45-51. doi:<https://doi.org/10.15407/microbiolj78.03.045>
4. The electromagnetic fields in a biosphere. т.1. The Electromagnetic fields in the atmosphere of Earth and their biological value. Red. N.V.Krasnogorskaja. М., Science, 1984. - 375 p. (in russian).
5. Горго Ю.П., Разумовський А,К. До питання визначення впливу низькочастотних параметрів магнітного поля Землі на біологічні об'єкти. // Молодий вчений. №6 (21), част.1, 2015. – с. 8-11.
6. Gromozova, O.M.; Kachur, T.L.; Vishnevsky, V.V.; Sychev, O.S. Information Technology of Color Imaging Assessment of *Saccharomyces cerevisiae* UCM Y-517 Yeast Volutin Granules. *Mikrobiol. Z.* 2020; 82(5):30-35.  
doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.05.030>.
7. Binhi, V.N., Rubin, A.B. Theoretical Concepts in Magnetobiology after 40 Years of Research. *Cells* 2022, 11, 274. <https://doi.org/10.3390/cells11020274>.
8. Gromozova E.N., Voychuk S.I., Zelena L.B., Gretskey I.A. Microorganisms as a model system for study in heliobiological effects of electromagnetic non-ionizing radiation. *INVITED PAPERS*, 2012, 137. doi: 10.7562/SE2012.2.02.06
9. Горго Ю.П., Мірошник Т.Г., Дідик Л.О., Зайченко О.М. Особливості функціонування біологічних об'єктів за дії низькочастотних магнітних полів різного походження // Вісник КНУ. Проблеми регуляції фізіологічних функцій, т.10, 2005. – С. 28-29.
10. V. M. Vagabov, L. V. Trilisenko, E. V. Kulakovskaya, and I. S. Kulaev, Russ. The content of inorganic polyphosphates during the growth of *saccharomyces cerevisiae* on different sources of carbon nutrition and at different O<sub>2</sub> content in the medium. // *Microbiology.*- 2008.- Т. 77, No. 5.- С. 611-616.
11. Gromozova E.N., Bogatina N.I., Bryuzginova N.V., Kachur T.L., Voichuk S.I., Sheikina N.V., Grigoriev P.E. Manifestation of the reaction of metachromasia of volutin granules of *Saccharomyces cerevisiae* u

nderconditionsofscreeningwithvariousmaterials // FoodBioindicationandEcology. - Zaporizhzhya: ZNU, 2010. - VIP. 15, no. 2. - P.232-244.

12. Gromozova E.N., Voichuk S.I., Kachur T.L., Gorchev V.F., Karakhim S.A. Featuresofthestructureofvolutinggranulesinthecellsoflowerpolyphosphate-accumulatingeukaryotes. Biotechnology T. 3 No. 4, 2010 - p. 55-61.

13. Benkova N.P., Zagulyaeva V.A., Katsishvili N.A. andothers. L – variationsofthegeomagneticfieldandionosphereaccordingtothedataofSovietstations. - GeomagnetismandAeronomy, 1964, v.4, No. 3, p. 611-613.

14. Pershin S.M. Thephysicalbasisoftheanomalouspropertiesofwateristhequantumdifferencesbetweentheorthoandparaspinisomersof H<sub>2</sub>O. 2009.h2o-00029/

15. Temuryants N.A., Vladimirsky B.M., Tishkin O.G. Microwaveelectromagneticsignalsinthebiologicalworld. K.: NaukovaDumka, 1992.- 188 p.

16. MatherJanis G. Magnetoreceptionandthesearchformagneticmaterialinrodents. Inbook. Biogenicmagnetiteandmagnetoreception. Newaboutbiomagnetismin 2 volumes, Pod. Ed. J. Kirshvink, D. Jones, B. McFadden. M.: Mir, T.2, 1989.- p.306-339.

17. Vladimirsky B.M., Temuryants N.A. Influenceofsolaractivityonthebiosphere-noosphere / Editedby L.A. Blumenfeldand N.N. Moiseev. M: Ed. MIEPU, 2000. 374 p.

18. Bingi V.N. Magnetobiology. Experimentsandmodels. M., Mir, Ed.2, 2002. 591 p.

19. Lednev V.V. Bioeffectsofweakcombined, constantandvariablemagneticfields // Biophysics, 1996, Vol. 41, no. 1, p. 224-232.

20. Novikov V.V., Ponomarev V.O., Novikov G.V., Kuvichkin V.V., Fesenko E.E. Effectsandmolecularmechanismsofthebiologicalactionofweakandsuperweakmagneticfields. Biophysics, 2010, v.55, no. 4, p. 631-639.

21. Belova N.A., Panchelyuga V.A. VV Lednev'smodel: Theoryandexperiment. Biophysics, 2010, v.55, no. 4, p. 750-766.

22. Bingi V.N. Principlesofelectromagneticbiophysics. - M., FIZMATLIT, 2011. - 592 p.

23. Ragulskaya M.V., GorgoYu.P., Didyk L.A. andotherBiotropiceffectsofspaceweather. Collectivemonographunderthegeneraleditorshipof M. V. Ragulskaya. - Moscow, Kyiv, 2010, 312 p.

24. Гаркавий.К., Ярова В.В. Математична статистика: Навч. посібн. – К.: ВД “Професіонал”, 2004. – 384 с.

25. Охорона праці. Підручник./ К.Н Ткачук, М.О Халімовський та ін. – К.:Основа, 2003 –472 с.
26. Особливості функціонування біологічних об'єктів за дії низькочастотних магнітних полів різного походження / Ю. Горго та ін. *Вісник КНУ. Проблеми регуляції фізіологічних функцій*. 2005. Т. 10. С. 28–29.
27. Gorgo Yu.P., Didyk L.A. Biological activity and importance of low-frequency atmospheric pressure fluctuations // *Biotrope influence of space weather. Monogr. Red. M.V. Ragulskaya*. - М.- Kyiv, 2010 - P. 259 -289 (in russian).
28. Vladimirskiy B. M., Temuryants N. A., Tumanyants K. N., Chuyan E. N. Substantiation possibilities of defence of biological objects from variations of space weather // *Space and Time*. — 2017. — № 2-3-4(28-29-30). — p. 301—308.(in russian).
29. Chigevskiy A.L. Earthly echo of sun storms. М.: Thought 1976. - 367 p. (in russian).
30. Hvozدارa M. Our Earth – stable and variable. VEDA, Bratislava, 2012, p. 260 (in slovak).
31. Frohlich H. The biological effects of microwaves and related questions.// *Adv. in Electronics and Electron Physics* 1980, V. 53, p. 85-152.
32. Habarova O.V. Bioeffective frequencies and their communication with own frequencies of living organisms // *Biomedical technologies and radio electronics*. 2002, №5, p. 56-66 (in russian).
33. Gorgo Yu.P., Miroshnik T.G., Didyk L.O., Zaychenko O.M. Features of functioning of biological objects for actions of the low-frequency magnetic fields of a different origin // *Bulletin of KNU. Problems of adjusting of physiology functions*. Т.10, 2005.- p. 28-29 (in ukrainian).
34. Aladganova N.A. Psychophysical aspects of superslow rhythmic activity of cerebrum // - М.: Science, 1979. 214 p. (in russian).
35. Natalya A. Kilifarska, Volodymyr G. Bakhmutov, Galyna V. Melnyk. The hidden link between Earth's magnetic field and climate. 2020, ELSEVIER Inc., 215 p.
36. Sridharan G., Shankar A.A. Toluidine blue: A review of its chemistry and clinical utility // *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*. 2012.
37. Gromozova E., Voychuk S., Grigoriev P., Vishnevsky V., Ragulskaya M. Cosmic rays as bio-regulator of deep time terrestrial ecosystems // *Sun and Geosphere*. – 2012. – V.7, № 2. – P. 177–120.
38. M. S. Kharchuk, E.N. Gromozova / Wastewater components effect on metachromasia reaction of volutin granules in vitro // [Biotechnologia Acta](#). – 2017. - Vol. 10, № 6. - С. 28-34.

39. Lichko L., Kulakovskaya T., Pestov N., Kulaev I. Inorganic polyphosphates and exopolyphosphatases in cell compartments of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* under inactivation of PPX1 and PPN1 genes // *Biosci. Rep.* - 2006. - 26. - P. 45-54.

40. Karathia H., Vilaprinyo E., Sorribas A., al vesr. *Saccharomyces cerevisiae* as a model organisms: a comparative study // *Plos One.* - 2011. - 6, №2. - P. 1-10.

41. Опаленик М.М., Громозова О.М., Грецький І.О., Горго Ю.П. Визначення впливу низькочастотних варіацій геомагнітного поля на реакцію метахромазії волютинових гранул дріжджів. «Біотехнологія XXI століття»: Мат. XVII міжн. наук.-практ. конф., 19 05 2023. Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2023, с. 257-258.

42. М.М.Опаленик, О.М.Громозова, І.О.Грецький, Ю.П.Горго. Розрахунки кореляцій між низькочастотними варіаціями геомагнітного поля та реакцію метахромазії волютинових гранул дріжджів. Мат. XV міжн. конф. з прикладної біофізики, біоніки та біокібернетики, 11 04 2024 р., Київ. – К., 2024, - с.29-30.

43. Опаленик М.М., Горго Ю.П., Грецький І.О., Громозова О.М. Умови проведення моніторингу реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів та варіацій геомагнітного поля. Біотехнологія XXI століття: Мат.XVIII міжн.НПК студентів, аспірантів і молодих вчених, 17 05 24. К.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2024, с. 246-249.

44. Gorgo Y.P., Opalenyk M.M. Algorithm for determining correlations between the reaction of metachromasia of volutinuous yeast granules and variations of the geomagnetic field. Mat. XXIV international scientific and technical conference “Artificial intelligence and intelligent systems - AIPS'2024”, K., 18-19. 10. 24, pp. 30-36.