

# ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ВАРІАЦІЙ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА РЕАКЦІЮ МЕТАХРОМАЗІЇ ВОЛЮТИНОВИХ ГРАНУЛ ДРІЖДЖІВ

Опаленик М.М.<sup>1</sup>, Громозова О.М.<sup>2</sup>, Грецький І.О.<sup>2</sup>, Горго Ю.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, babka055@gmail.com, yugorgo@ukr.net

<sup>2</sup>Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України

**Вступ.** Явище метахромазії проявляється в характерній зміні кольору в процесі фарбування толуїдиновим синім, що відбувається в біологічних тканинах чи окремих клітинах, в результаті поглинання світла на різних довжинах хвиль залежно від його концентрації та стану середовища [1]. Завданням сучасних досліджень метахромазії волютинових гранул дріжджів є розробка методів обліку та пояснення змін кольору цієї реакції [1]. Попередньо визначено, що динаміка кольорових та структурних змін реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів зберігає високий ступінь подібності з варіаціями геомагнітного поля, особливо під час магнітних збурень та бур [1,2]. Раніше було розроблено програму розрахунків напруженості магнітного поля Землі (МПЗ) на різних частотах та запропоновано визначати вплив низьких частот на молекулярні та клітинні процеси [3]. Існує теорія, що ступінь впливу МПЗ на біологічні об'єкти залежить від його інтенсивності, яка є найвищою за наднизькочастотних значень (<1Гц) геомагнітного поля [2,4,5]. В роботі досліджено, які значення напруженості геомагнітного поля мають особливий вплив на реакції метахромазії волютинових гранул в клітинах дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

Метою роботи були виявлення та розрахунки значень напруженості геомагнітного поля з частотами < 1Гц, за яких відмічаються суттєві зміни реакції метахромазії волютинових гранул дріжджів, які були кількісно оцінені [4]. В цій роботі були використані щоденні значення реакцій метахромазії волютинових гранул дріжджів, проведені в моніторинговому режимі у 2009 р. в Інституті мікробіології та вірусології НАН України [6].

**Матеріал та методи.** Для виявлення реальних значень напруженості геомагнітного поля на різних частотах було розроблено програму, яка реалізована на мові програмування R [3]. Для роботи програми використано базову версію інтерпретатору R та додатково встановлено пакет “Seewave-1.7.6”, що може взаємодіяти із пакетами “fft” та “signal”, які дозволяють працювати з дискретними сигналами, в тому числі їх моделювати, фільтрувати, та проводити Фур'є перетворення. Всі пакети були вільно встановлені з репозиторіїв CRAN за допомогою команди `install.packages`. Програма дає змогу розраховувати флуктуації МПЗ на вибраній частоті і в будь-якому вибраному періоді доби під час незбурених станів геомагнітного поля та під час магнітних бур і передбачена адаптація програми до таких завдань.

**Результати та обговорення.** Значення геомагнітного поля в регіоні Києва з частотою дискретизації 1 Гц за 2009 рік були отримані із даних магнітометричної обсерваторії (Демидів, Київська область) та Інституту геофізики НАН України (<http://www.igph.kiev.ua/>). Для подальшої обробки

даних була обрана компонента Х МПЗ. Для обчислення значень напруженості МПЗ при його варіаціях на низьких частотах було застосовано частотні фільтри 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001 Гц з програмного пакету “Seewave-1.7.6”.

Для отримання результатів порівнянь були використані щоденні похвилинні та сумарні добові значення напруженості геомагнітного поля у м. Києві в ті дні 2009 р., коли проводили реєстрацію значень реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів *S. cerevisiae* [4,6]. Були обчислені середні значення інтенсивності МПЗ на частотах 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001 Гц тривалістю в 1 годину в той період доби, коли проводилась реакція метакромазії волютинових гранул дріжджів. Відповідно, це дало змогу порівнювати біологічні та геофізичні дані в єдиному просторі та часі.

Проведено попередні дослідження впливу низькочастотних значень геомагнітного поля на реакцію метакромазії волютинових гранул в клітинах дріжджів. Для цього було проведено вибірку всіх днів за жовтень 2009 р., в які проводили дослідження реакцій метакромазії волютинових гранул дріжджів, та сформовано масив їх кількісних значень. Крім того, було сформовано масив середніх одноденних значень інтенсивності МПЗ на низьких частотах в ці ж дні та проведено їх кореляційний аналіз із визначеними кількісними значеннями змін реакції метакромазії. Попередні отримані коефіцієнти кореляції між інтенсивністю МПЗ на низьких частотах та даними реакції метакромазії волютинових гранул дріжджів склали в ці дні:  $R = 0,31$  – на частоті 0.1 Гц;  $R = 0,37$  – на частоті 0.01 Гц;  $R = 0,41$  – на частоті 0.001 Гц;  $R = 0,69$  – на частоті 0.0001 Гц. Отримані результати порівнянь свідчать, що збільшення коефіцієнту кореляції відбувається із пониженням частоти варіацій МПЗ. Крім того, отримані дані напруженості геомагнітного поля на частотах  $<1$  Гц вкладаються в теоретичні розрахунки, що зі зменшенням частоти збільшується інтенсивність МПЗ (з 0,03 нТл до 10 мкТл) [2,5].

**Висновки.** Виявлені суттєві впливи різкого збільшення напруженості геомагнітного поля на частоті 0.0001 Гц на зміни вираженості реакції метакромазії у волютинових гранулах дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Подальші дослідження дадуть змогу отримати більш вагомні результати за весь 2009 р.

### Список використаної літератури:

1. Research of Metachromatic Reaction of *Saccharomyces cerevisiae* / E. N. Gromozova et al. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 2016. Vol. 78, no. 3. P. 45–51. URL: <https://doi.org/10.15407/microbiolj78.03.045>
2. 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.
3. Горго Ю., Разумовський А. До питання визначення впливу низькочастотних параметрів магнітного поля Землі на біологічні об'єкти. *Молодий вчений*. 2015. Т. 21, № 6. С. 8–11.
4. Information Technology of Color Imaging Assessment of *Saccharomyces cerevisiae* UCM Y-517 Yeast Volutin Granules / O. M. Gromozova et al. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 2020. Vol. 82, no. 5. P. 30–35. URL: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.05.030>
5. Binhi V. N., Rubin A. B. Theoretical Concepts in Magnetobiology after 40 Years of Research. *Cells*. 2022. Vol. 11, no. 2. P. 274. URL: <https://doi.org/10.3390/cells11020274>
6. Microorganisms As A Model System For Studying The Biological Effects Of Electromagnetic Non-Ionizing Radiation / E. Gromozova et al. *Safety Engineering*. 2012. Vol. 2, no. 2. P. 89–92. URL: <https://doi.org/10.7562/se2012.2.02.06>