

ВИЗНАЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ НИЗЬКОЧАСТОТНИМИ ВАРІАЦІЯМИ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ТА РЕАКЦІЄЮ МЕТАХРОМАЗІЇ ВОЛЮТИНОВИХ ГРАНУЛ МІКРООРГАНІЗМІВ

Горго Ю.П.¹, Опаленик М.М.¹, Громозова О.М.²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, babka055@gmail.com

²Інститут мікробіології та вірусології ім. Д.К.Заболотного НАНУ

Abstract

*The conditions for monitoring the color changes of the metachromatic reaction of volutinous granules of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and the values of the geomagnetic field intensity at frequencies below 1 Hz for further determination of the correlation coefficients between them, at which significant changes in the reaction are noted.*

Keywords: metachromasia reaction, geomagnetic field, monitoring

Вступ. Раніше було визначено тісний зв'язок низькочастотних <1Гц коливань атмосферного тиску (НКАТ) із «магнітними бурями» і накопичено багато фактів синхронних впливів НКАТ та геомагнітного поля, особливо під час «магнітних бур» на реакції, функціональні характеристики і параметри нормальної життєдіяльності багатьох біологічних об'єктів [1]. НКАТ являє собою атмосферний інфразвук, відрізняючись від технічного інфразвуку більш низькими частотами від 0,001 до 1 Гц. В природі потужним джерелом НКТ є сама атмосфера, активні погодні процеси в ній, (наприклад зміни температури, вітру, а також зміни фаз Місяця та активності Сонця. НКАТ штучного походження можуть виникати в закритих приміщеннях із-за недоліків систем вентиляції чи конструктивних недоліків, а також у тунелях, шахтах, під час механічних рухів всіх технічних засобів. Тобто, їх виникнення повністю співпадає із виникненням технічного інфразвуку, який вважається одним із найбільш небезпечних факторів технічного середовища[2]. Природні НКАТ з хаотичними амплітудно-частотними характеристиками, рівень яких в природі дуже змінний і часто перевищує пороги чутливості багатьох біологічних об'єктів і організму людини, є важливим і суттєвим екологічним фактором[3].

В цілому НКАТ впливають на біологічні об'єкти стимулювально і певний рівень цього фактора корисний і навіть необхідний для нормальної активності молекулярних структур [2]. Однак характер реакцій цих структур суттєво залежить від амплітудно-частотних характеристик НКАТ, їх періодичності та організації у часі, а також від адаптивних можливостей біологічного організму. Інтенсивність і частотний склад НКАТ у довкіллі – дуже змінні параметри, і під їх впливом біотехнологічні процеси можуть суттєво варіюватись. Визначення впливу значень інтенсивності низькочастотних НКАТ на молекулярні структури мікроорганізмів є *актуальним* та дають змогу знайти або модельно визначити механізми молекулярної та клітинної чутливості до впливу цього геофізичного фактора. Одним із методів визначення цих механізмів є реакція метохромазії волютинових гранул дріжджів. *Метою* роботи було визначення кореляційних зв'язків між варіаціями реакції метохромазії

волютинових гранул мікроорганізмів та інтенсивністю атмосферного тиску на низьких частотах.

Матеріали та методи. Було проведено відбір та помісячне сортування масиву даних по щоденному моніторингу 3 типів реакції метакромазії (MTX) волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та бактерій *Rhodococcus erythropolis* протягом 2010-2014 р., коли відбувався підйом сонячної активності, а з цим фактором достовірно корелює збільшення варіацій атмосферного тиску [1]. Реєстрацію кожного типу реакції MTX проводили щоденно о 12:00 у відділі фізіології промислових мікроорганізмів ІМВ ім. Д.К.Заболотного НАН України [4,5]. Дослідження реакції метакромазії волютинових гранул бактерії *Rhodococcus erythropolis* було запропоновано для її використання, як біоіндикатору впливу НКАТ в іншому царстві біооб'єктів [4]. Для цього ж часу доби підбиралися значення інтенсивності атмосферного тиску. Було сформовано масив щоденних середніх значень АТ протягом 2 хв, в діапазоні часу з 11:59 по 12:00 (всього 120 значень) також протягом 2010-2014 р.р. Розраховані середні щоденні показники параметрів НКАТ на обраних частотах були використані в розрахунках коефіцієнтів кореляції із щоденними значеннями реакцій метакромазії волютинових гранул мікроорганізмів. Моніторинг змін кольору реакції MTX та варіацій інтенсивності НКАТ проводили з урахуванням співпадіння часу та місця досліджень.

Вимірювання параметрів атмосферного тиску здійснювали приладом «Атмосфера-Р1» №414 у «КПІ ім. І. Сікорського». Технічні характеристики приладу складають: робочий діапазон вимірювання: 650÷1080гПа (489÷812 мм.рт.ст.); абсолютна похибка $\pm 0,2$ гПа ($\pm 0,15$ мм.рт.ст); поріг чутливості 1Па; період оновлення інформації 1с; час узагальнення інформації 1с або 60с; вимірювач має вихідний сигнал для інформаційного зв'язку з персональною ЕОМ по інтерфейсу RS 232. Створювали масив усереднених двохвилинних значень амплітуди НКАТ кожної доби за допомогою базових функцій програми “Microsoft Excel 2021”.

Для подальших розрахунків та візуалізації флуктацій НКАТ на низьких частотах з використанням методу перетворень Фур'є було розроблено програму, яка була реалізована на мові програмування Python3.7+ з використанням пакету MagPy, що є у вільному доступі. Для запуску програми використовували графічну оболонку Con Emu. Дані для програми подавалися у форматі 2 стовпчиків, перший – час у хвилинах, другий – значення амплітуди АТ у гПа.

Після визначення необхідних даних програма проводила обчислення відхилень від середнього значення для коливань з використанням фільтру низьких частот з пакету MagPy для ізоляції наднизькочастотної складової НКАТ з отриманого набору. Цей фільтр дає змогу виділяти коливання за певних заданих частот із заданою частотою дискретизації. В роботі було застосовано амплітуду НКАТ на частоті 0,1 Гц. Значення будь-якої вибраної для розрахунків частоти за необхідністю можна змінити у змінній `freqs`. Для статистичної обробки даних використовували методи описової статистики для обчислення середнього арифметичного та стандартного відхилення, а також коефіцієнту кореляції за

Пірсоном. Для аналізу використовували середні щомісячні значення коефіцієнтів кореляції за період 2010-2014 р.р.

Результати та обговорення. Проведені дослідження та розрахунки дали змогу отримати великі масиви даних, які потребують ретельної щоденової та щотижневої оцінки. Попередньо визначені середні щомісячні значення коефіцієнтів кореляції між типами реакції МТХ волутинних гранул бактерій та дріжджів із значеннями НКІТ на частоті 0,1 Гц протягом 2010-2014 р.р., динаміка змін яких протягом року наведено на рисунках 1 та 2.

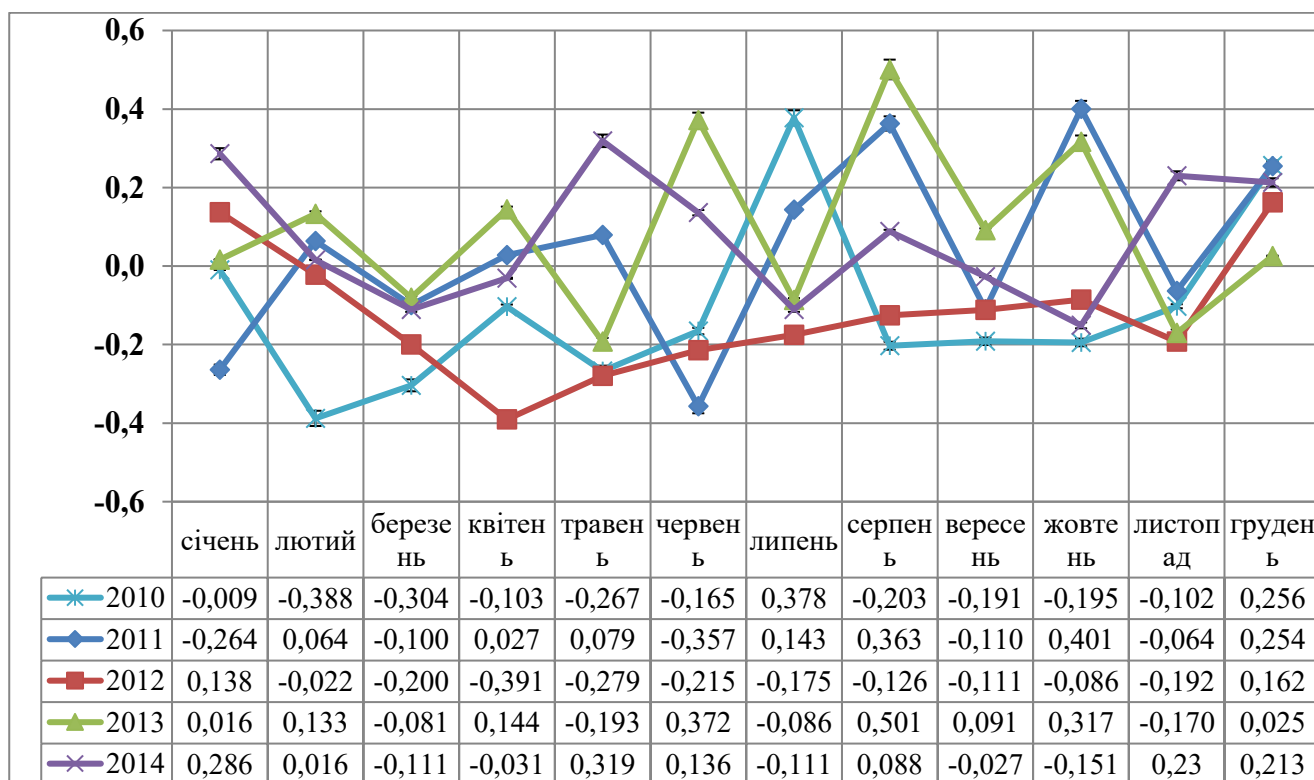


Рис. 1. Динаміка зміни середніх щомісячних коефіцієнтів кореляції між МТХ і НКІТ для культури клітин *Saccharomyces cerevisiae* протягом 2010-14 років.

В таблицях рис.1 та 2 подані значення коефіцієнтів кореляції, що характеризують позитивний (+) та зворотній (-) кореляційні зв'язки. В таблиці рис. 1 показано, що у дріжджів обернені кореляції із НКІТ спостерігались у лютому 2010 р., червні 2011 р., квітні 2013 р. 2013 та 2014 роки випали із загальної тенденції. Позитивні значимі коефіцієнти кореляції спостерігались у липні 2010 р., серпні і жовтні 2011 р., червні і серпні 2013 р. 2012 та 2014 роки випадали із загальної тенденції. На таблиці рис.2 показано, що у бактерій обернені кореляції із НКІТ спостерігались квітні 2010 р., березні 2011 р., квітні і вересні 2013 р. 2013 та 2014 роки випали із загальної тенденції. Щорічного повторювання напрямку щомісячних співпадінь коефіцієнту кореляції для дріжджів *R.erythropolis* та бактерій *S.cerevisiae* виявлено не було.

Але приведені на рис.1, зведені по роках, значення коефіцієнтів кореляції для культури клітин *Saccharomyces cerevisiae*, показали протягом 2010-14р.р. синхронні зміни щомісячних позитивних коефіцієнтів кореляції у лютому, березні та квітні (за винятком 2010 року) та у листопаді, грудні, тобто в місяці з

найбільшою кількістю магнітних бур. Повністю асинхронні зміни коефіцієнтів кореляції були характерні для 2014 року з найбільшою сонячною активністю у циклі. Приведені на рис.2 значення показали синхронні зміни зведених по роках обернених коефіцієнтів кореляції протягом 2010-2014 р. у травні, червні та липні, тобто у місяці з найменшою кількістю магнітних бур, для культури клітин *Rhodococcus erythropolis*. Асинхронні зміни були характерні для щомісячних коефіцієнтів кореляції у 2010 та 2012 роках.

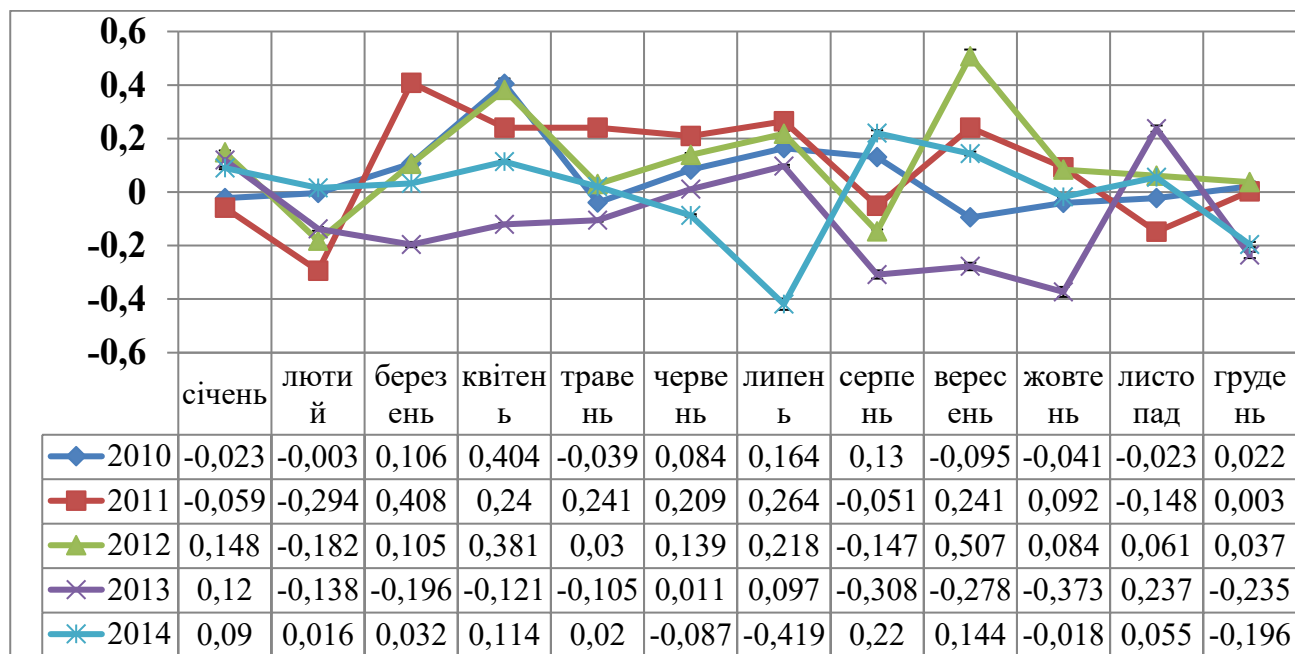


Рис. 2. Динаміка зміни середніх щомісячних коефіцієнтів кореляції між МТХ і НКАТ для культури клітин *Rhodococcus erythropolis* протягом 2010-14 р.

Висновки. Біоіндикатори мають різні механізми взаємозв'язку між МТХ волютинових гранул та НКАТ. Тому дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* краще підходять для індикації магнітних бур і пов'язаних з ними НКАТ. А бактеріям *Rhodococcus erythropolis*, навпаки, підходить індикація їх відсутності.

Кращі результати отриманих даних може дати аналіз добових та тижневих варіацій коефіцієнту кореляції між МТХ НКАТ, що буде зроблено надалі.

Список використаної літератури:

1. Didyk L.A., Gorgo Yu.P., Dirckx J.J.J. et al. Atmospheric pressure fluctuations in the far infrasound range and emergency transport events coded as circulatory system diseases. *Int.J. of Biometeorology* (2008) 52: 553-561 DOI 10.1007/s00484-008-0163-6
2. Didyk L.A., Delyukov A.A., Gorgo Yu.P., Semenova I.A. The influence of extralow frequency fluctuations of atmospheric pressure on involuntary attention parameters. *Human Physiology* 04/2012; 26(4):426-430. DOI: 10.1007/BF02760271
3. Sharafi Reza, Bogdanov Volodymyr B., Gorlov Dmytro S., Gorgo Yuriy P. The influences of meteorological factors on the health and functional state of human. *Health*, vol.5, No.12, 2068-2076 (2013) <http://dx.doi.org/10.4236/health.2013.512281>
4. Information Technology of Color Imaging Assessment of *Saccharomyces cerevisiae* UCM Y-517 Yeast Volutin Granules / O. M. Gromozova et al. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*. 2020. Vol. 82, no. 5. P. 30–35. URL: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.05.030>
5. 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>