

УДК 538

О. Гаркуша, канд. фіз.-мат. наук,
Г. Багацька, інж. I кат.,
О. Радченко, канд. біол. наук,
С. Махно, канд. фіз.-мат. наук

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ НА ДРІЖДЖОВІ КЛІТИНИ

Встановлено частотно-селективний характер впливу низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону на дріжджові клітини: в широкому діапазоні частот відбувається пригнічення, а на частотах 40 та 47,5 ГГц – стимуляція процесів їх життєдіяльності. Показано, що при опроміненні відбувається зміна регуляторних процесів клітини, це проявляється у збільшенні ступеня гідрофільності клітинної стінки.

Frequency-selective character of the low-intensive electromagnetic radiation influence on yeast cells is determined, the process oppression is occurred in wide range of frequencies, and the process stimulation of its vital functions is occurred in frequencies of 40 and 47,5 GHz. It is shown that the cell regulator process change takes place during the radiation, it is displayed in increasing of the cell capsule hydrophily.

Вступ. Інтенсивний розвиток радіо- й електрокомунікацій та інших електронних засобів призводить до значного "електромагнітного забруднення" навколишнього середовища. На сьогоднішній день достовірно встановлено залежність процесів життєдіяльності живих істот різних рівнів організації від тривалого електромагнітного опромінювання. Тому виникає закономірний інтерес до виявлення механізмів впливу на біосередовище та людину неіонізуючого низькоінтенсивного (до 2 мВт/см²) електромагнітного випромінювання (НЕМВ) [1, 2]. Оскільки мікроорганізми широко розповсюджені у природі і складають основу еколого-біологічних ланок у функціонуванні біосфери, вивчення впливу НЕМВ радіочастотного діапазону на фізіологічні показники мікроорганізмів є актуальним і має як теоретичне значення для з'ясування механізмів впливу НЕМВ на біологічні організми, так і практичне – для використання результатів досліджень у біотехнологічних виробництвах та для охорони навколишнього середовища і здоров'я людини.

Метою роботи є встановлення закономірностей впливу низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання на фізіологічні показники клітин дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

Об'єкт та методи досліджень. Для досліджень використовували промислові дегідратовані хлібопекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* фірми "Ozmay Sanayi A.S." (Саф-момент). Сухі клітини дріжджів були агреговані в конгломерати розміром близько 0,5-1 мм, вкриті регідратантом, містили в своєму складі необхідну для збереження життєдіяльності кількість води (близько 5-10 % за масою).

При дослідженні активності дріжджових клітин у живому середовищі вимірювались швидкості газовиділення від часу одночасно чотирьох суспензій: дві містили опромінені на певній частоті дріжджі та дві контрольні. Суспензії готувались наступним чином: у скляну стерильну пробірку наливали 10 мл 2,5% розчину сахарози змішували з 0,2 г сухих дріжджів, перемішували до отримання рівномірної консистенції.

Для дослідження впливу НЕМВ НЗВЧ діапазону на швидкість газовиділення (V) дріжджовими суспензіями проводилось на установці на основі генератора Г4-141. Вихідна потужність випромінювання складала 0,2 мВт/см², контролювалась за допомогою приладу МЗ-22. Зразки сухих дріжджів опромінювались протягом 1 год в діапазоні частот 38 – 48 ГГц з кроком 0,5 ГГц.

При побудові частотної залежності брали відношення відповідних значень швидкості газовиділення від часу для суспензій, що містили опромінені дріжджі до контрольних для 1 год. експерименту. Рівень 100% відповідає контрольним значенням швидкості газовиділення.

Нами запропонована методика контролю швидкості газовиділення, як характеристики життєдіяльності дріжджів. Принцип дії установки для контролю швидкості газоутворення суспензіями дріжджів: виділений суспензією дріжджів газ CO₂ по скляній трубці поступає в "барбатор" і виходить назовні через рідину (електроліт). При проходженні повз електроди газ розриває електричне коло, що замикається через рідину. В результаті в блоці узгодження виробляються імпульси, що через інтерфейс подаються на персональний комп'ютер. Подальша обробка результатів відбувається за допомогою розроблених програм. Одночасно працює 4 ідентичних канали.

Вивчення процесів змочування проводилось методом диференціальної мікрокалориметрії. температурна чутливість якого – 5·10⁻⁴ К. Похибка методу становить ±2%. Досліджувались зразки масою 50 мг, визначалась інтегральна теплота змочування. Досліди проводились за кімнатних температур.

Результати та їх обговорення. Експериментально були отримані залежності швидкості газовиділення від часу. З рис. 1 видно, що НЕМВ з частотою 40 ГГц підвищувало активність суспензій *Saccharomyces cerevisiae* по відношенню до неопромінених на ~30%, а на частоті 44 ГГц активність дріжджових суспензій пригнічувалась на 20%.

Відомо, що в результаті НЕМВ відбувається перерозподіл активності між ключовими ферментами циклу Кребса, топографічні та структурні зміни поверхні клітинних стінок, зменшення проникності цитоплазматичних мембран [3]. Одним з можливих механізмів зміни активності клітин живих організмів після опромінення НЕМВ вказується зміна конфігурації білкових молекул, з яких складається клітинна стінка. Під впливом випромінювання на основі білкових молекул формуються підструктури, в яких одна з резонансних частот співпадає з частотою акустоелектричної хвилі, що розповсюджується по мембрані. Таким чином, зовнішнє випромінювання певної частоти може синхронізувати (підсилити) або пригнічувати ці процеси [4].

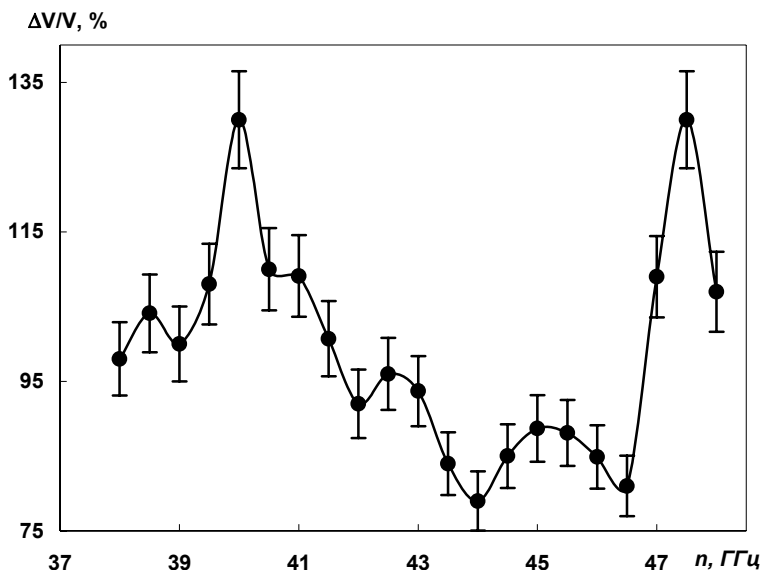


Рис. 1. Частотна залежність відносної швидкості газовиділення ($\Delta V/V$) суспензіями *Saccharomyces cerevisiae*

Перевірити дану гіпотезу можна за допомогою підходу, який дозволить характеризувати інтенсивність молекулярної взаємодії речовини, з якої складається клітинна оболонка з іншою речовиною, наприклад, водою. Поверхневі явища, що виникають при взаємодії твердих тіл з водою вивчаються давно [5], тому існує цілий ряд методів вивчення цих процесів.

Гідрофільність поверхні твердих тіл оцінюють за інтенсивністю молекулярної взаємодії речовини з водою. Для систем, що набухають у воді застосовують спосіб оцінки гідрофільності [6] по відношенню інтегральної теплоти змочування до кількості води, сорбованої матеріалом. Змочування може бути обумовлене не тільки міжмолекулярною взаємодією, але й утворенням хімічних зв'язків, розчинів у поверхневому шарі контактуючих речовин, а також дифузійними процесами. Зв'язана вода при цьому поводить себе однаково як для живих, так і для неживих об'єктів. Відмінність гідратованої дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) від будь-якого гідратованого силікату (цеоліту, аеросилу, силікагелю), полягає лише в тому, що радикально змінюється конформація подвійної або одинарної спіралі, тоді як перетворення в цеолітній воді і навіть її повне видалення мало або зовсім не позначається на стані силікатного полімерного каркасу та деяких білків [7, 8]. Дослідження ефектів, що супроводжують процеси гідратації органічних сполук проведені в роботі [6] підтверджують ідентичність механізмів дифузії молекул води, яка входить до складу гідратованих поверхонь твердих тіл і біологічних макромолекул та їх агрегатів.

Було проведено порівняння теплового ефекту змочування опромінених та неопромінених регідратованих дріжджів. Відомо, що розчинність у воді вуглекислого газу, активність дріжджових клітин та ін. суттєвим чином залежать від зовнішніх чинників: температури навколишнього середовища, вологості повітря, атмосферного тиску тощо. Тому, з метою підвищення точності дослідження, кожного разу проводились вимірювання теплоти змочування для чотирьох зразків: двох опромінених на певній частоті та двох контрольних.

Експериментально було отримано залежності інтегральної теплоти змочування від часу. Встановлено, що енергія виділена в процесі змочування складає близько $0,3 \cdot 10^{-3}$ Дж/г. Незначні теплоти змочування сухих дріжджів,

можна пояснити тим, що взаємодія молекул води з активними центрами клітинної оболонки (ОН-групами), відбувається лише із зовнішнім манніановим проміжним шаром з підвищеним вмістом білка (манніан – складний полімер маннози, знаходиться головним чином в зовнішніх шарах клітинної стінки). На рис. 2 представлена залежність відносної зміни теплоти змочування опромінених дріжджів від частоти низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання. Залежність побудована на основі розрахунків площ під кривими екзотермічного ефекту змочування дріжджів для опромінених на певній частоті та контрольних. Рівень 100% відповідає контрольним значенням.

Ця залежність свідчить про те, що питома теплота змочування для дріжджів, опромінених на частоті 47,5 ГГц перевищує відповідні значення для неопромінених дріжджів у 1,5 рази, а для частоти 47 ГГц навпаки менше за контрольні у 1,4 рази.

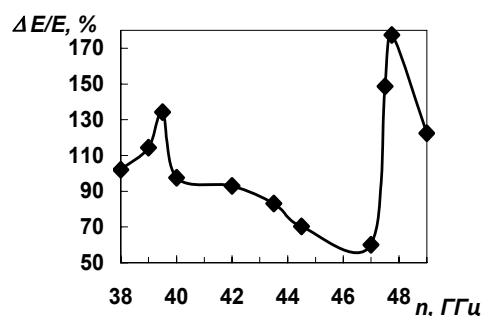


Рис. 2. Залежність відносної теплоти змочування ($\Delta E/E$) регідратованих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* від частоти опромінювання

Одержана залежність має подібний характер добре узгоджується з експериментальною частотною залежністю відносної швидкості газовиділення (рис. 1).

Висновки. Було показано, що фізіологічна активність *Saccharomyces cerevisiae* нелінійно залежить від частоти НЕМВ. В широкому діапазоні частот відбувалося пригнічення процесів газоутворення дріжджовими клітинами. З іншого боку на частотах 40 та 47,5 ГГц спостерігалася стимуляція процесу бродіння, що свідчить про

наявність частотно-селективного механізму впливу низькоінтенсивного міліметрового ЕМВ на живі організми. Показано, що при опроміненні зростала ступінь гідрофільності клітинної стінки.

1. Shchorbatov Y., Shakhbazov V., Gorobets N., Kiyko V., Zhuravleva L., Navrotskaya V. The influence of electromagnetic radiation of millimeter and centimeter range on human epithelial cells // 10 th International Crimean Conference, 2000. 2. Mazurenko R., Garkusha O., Makhno S. Bioeffective influence of the low intensive electromagnetic radiation on highly organized system // V Международны симпозиум "Актуальные проблемы биофи-

зической медицины" Материалы международного симпозиума. – К, 2007. 3. Войчук С.И., Подгорский В.С., Громозова Е.Н. Влияние радиочастотного электромагнитного излучения на физиологические особенности *Saccharomyces cerevisiae* УМК Y-517 // Микробиол. журн. – 2004. – Т. 66, №3. – С. 51-57. 4. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М., 1991. 5. Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах / Под ред. Е.Д. Щукина. – М., 1988. 6. Вода в полимерах: Пер. с англ. / Под ред. Роуланда. – М., 1984. 7. Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Смачивающие пленки. – М., 1984. 8. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия / Под ред. К.И. Евстратовой. – М., 1990.

Надійшла до редколегії 23.03.08

УДК: 616.33-002.44-092+616-008.831

А. Рахметов, студ.,
О. Короткий, асп.,
Л. Кот, канд. біол. наук,
О. Богданова, канд. біол. наук

АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ В ЛІМФОЇДНИХ КЛІТИНАХ СЕЛЕЗІНКИ ТА ТИМУСУ ЩУРІВ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ВИРАЗКИ ШЛУНКА

Досліджено активність ферментів антиоксидантної системи – супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази в лімфоїдних клітинах тимусу та селезінки щурів з експериментальними стрес-індукованими виразковими ураженнями шлунка протягом п'яти діб після стресового впливу. Встановлено зниження супероксиддисмутазної активності у лімфоцитах селезінки та тимусу у більш віддалені терміни досліджень. Показано зменшення каталазної активності в клітинах тимусу на початкових етапах регенераційного процесу, та зростання ферментативної активності в кінцеві терміни досліджень. В спленоцитах спостерігалось підвищення каталазної активності на п'яту добу після стресового впливу. Встановлено пригнічення глутатіонпероксидазної активності відразу після стресового впливу в клітинах тимусу та активація ферменту на п'яту добу в лімфоцитах селезінки у тварин з експериментальною виразкою.

Activities of antioxidant enzymes – superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase in spleen and thymus cells of rats with experimental stomach ulcer were investigated at once and during five days after. A decrease in superoxide dismutase activity in lymphocytes of spleen and thymus were established at late stages of investigation. Catalase activity inhibited at the beginning of ulcer healing and increased during regeneration in thymus cells. In splenocytes catalase activity increased only on fifth day after damage influence. A decrease in glutathione peroxidase activity in thymus cells immediately after stressing and an increase in the parameter in splenocytes on fifth day were observed.

Вступ. Одним із провідних факторів, які пригнічують захисні властивості слизової оболонки шлунка, є активація перекисного окиснення ліпідів мембран, обумовлена порушенням механізмів використання кисню в дихальному ланцюзі та накопиченням його активних форм. На противагу цьому відбувається мобілізація резервів фізіологічної антиоксидантної системи клітин. Співвідношення інтенсивності процесів перекисного окиснення ліпідів і функціонування антиоксидантної системи визначає антиоксидантний статус клітин і тканин. Увага дослідників приділяється вивченню ролі системи антиоксидантного захисту в знешкодженні вільних радикалів кисню за умов фізіологічних і патологічних станів організму [1, 2].

Як показали результати досліджень останніх років [3], у виникненні і розвитку виразкового захворювання значну роль відіграє аутоімунний компонент. Формування імунної відповіді тісно пов'язано зі змінами вільнорадикальних реакцій і станом антиоксидантної системи в компонентах крові. Показана участь вільнорадикальних продуктів в реалізації кілерної функції лімфоцитів, антимікробного захисту фагоцитів, а також у розвитку імуносупресії при їх гіперактивації [5]. Встановлений протективний вплив антиоксидантів на імунологічну реактивність [4, 5]. Визначена відповідність динаміки вільнорадикальних процесів в лімфоцитах з динамікою імунної відповіді на антигени [5]. Припускається, що на всіх етапах імунного реагування вільні радикали та їх похідні здійснюють регуляторну функцію та можуть сприяти пригніченню або активації імунних реакцій за рахунок двох головних механізмів: зміни стану клітинних мембран і прямої інгібуючої дії на синтез ДНК. На сьогодні питання особливостей вільнорадикальних процесів і антиоксидантної стійкості в імуннокомпетент-

них клітинах за умов розвитку та загоєння виразкових уражень шлунка інтенсивно вивчається. Нами було досліджено активність ферментів антиоксидантного захисту в лімфоїдних клітинах селезінки та тимусу щурів з експериментальною моделлю виразки.

Об'єкт та методи досліджень. У досліді використували нелінійних білих щурів масою 200–230 г. Для отримання нейродистрофічних уражень шлунка застосовували модель холодового стресу, яку створювали витримуванням іммобілізованих тварин протягом 3,5 год за температури 4°C. Тварин декапітували через 40 хв після стресового впливу та протягом наступних 1–5 діб. Визначення супероксиддисмутазної активності проводили згідно [6] та виражали в Ум.од. $\cdot (mg \times h)^{-1}$, визначення каталазної активності проводили згідно рекомендацій в роботі [7] і виражали у мкмоль $H_2O_2 \cdot (mg \times h)^{-1}$, активність глутатіонпероксидази визначали за накопиченням окисненого глутатіону [8].

Результати та їх обговорення. У сучасних дослідженнях патогенезу виразкового захворювання одним з актуальних питань є вивчення механізмів загоєння виразки, в основі якого лежать процеси регенерації слизової оболонки шлунка, що визначає перебіг хвороби в цілому. Останніми роками об'єктом особливої уваги дослідників став імунологічний аспект регуляції процесів фізіологічної і репаративної регенерації слизової оболонки шлунка (СОШ). Клінічні і експериментальні дані дозволяють стверджувати, що репаративна регенерація тісно пов'язана з системою імуногенезу, в якій взаємодіють практично всі її компоненти.

Особлива увага приділяється вивченню особливостей клітинної ланки імунного захисту, зокрема лімфоїдних клітин, за умов виразкової хвороби. Лімфоцити мають широкий спектр факторів антиоксидантного захис-

© Рахметов А., Короткий О., Кот Л., Богданова О., 2008