

ВИКОРИСТАННЯ БІОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ БАКТЕРІЙ *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* ДЛЯ БІОІНДИКАЦІЇ ГЕОМАГНІТНОЇ АКТИВНОСТІ

Ю.П. Горго^{1*}, І.О. Грецкий², О.І. Демидова¹

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Київ, Україна

*Corresponding author: yugorgo@ukr.net

Received 20 November 2018; Accepted 17 December 2018

Проблематика. Сучасною проблемою є визначення особливостей характеристик різних мікроорганізмів для біоіндикації активності стану геофізичних параметрів середовища.

Мета. Виявлення кореляційних залежностей між значеннями інтенсивності світіння бактерій *Photobacterium phosphoreum* та факторами, що визначають геомагнітну активність.

Методика реалізації. Визначались оптимальні параметри суспензії для досліджень інтенсивності біолоюмінісценції як біоіндикатора стану геомагнітного поля. Протягом 2 місяців проводили моніторинг питомої інтенсивності світіння бактерій і порівнювали її зі щоденними значеннями активності геомагнітного поля в умовах м. Києва в години проведення досліджень біолоюмінісценції. Визначення варіацій геомагнітного поля проводилось за даними Центру прогнозу космічної погоди Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США. Опис сонячної активності проводили для “чисел Вольфа” та потоку сонячного радіовипромінювання на довжині хвилі 10,7 см.

Результати. Було розраховано коефіцієнти кореляції змін щоденних значень інтенсивності біолоюмінісценції бактерій та порівняно їх зі значенням К-індексу та Ap-індексу, “чисел Вольфа” і потоку сонячного радіовипромінювання. Визначено обернено пропорційний достовірний середній кореляційний зв'язок $R = -0,41$ між значеннями питомої бактеріальної люмінесценції та К-індексами геомагнітного поля, а зі значеннями потоку сонячного радіовипромінювання встановлено достовірний прямо пропорційний зв'язок. Показано, що при збільшенні інтенсивності варіацій геомагнітного поля відбувається зменшення значень питомої інтенсивності біолоюмінісценції бактерій.

Висновки. Показано наявність достовірної оберненої залежності між К-індексами геомагнітного поля та питомою інтенсивністю люмінесценції *P. phosphoreum*, коефіцієнт кореляції у місяці з підвищеною геомагнітною активністю дорівнював $R = -0,51$. Використання автоматизованої системи моніторингу інтенсивності світіння люмінесцентних бактерій дає можливість краще прогнозувати в часі наявність збурень магнітного поля Землі.

Ключові слова: геомагнітна активність; біолоюмінісценція; біоіндикація; інтенсивність; *Photobacterium phosphoreum*.

Вступ

Збурення магнітного поля Землі є одним із природних факторів, які мають суттєвий вплив на всі біологічні об'єкти [1]. Геомагнітне поле впливає також на зміни в життєдіяльності мікроорганізмів: на швидкість розмноження, на ступінь патогенності тощо. При екрануванні мікроорганізмів від впливу геомагнітного поля різко зменшується їх ріст, утворюються мутантні штами [2].

На зміни магнітного поля Землі впливають сильні збурення – магнітні суббурі та магнітні бурі, а також слабкі збурення, які проявляються у вигляді магнітних пульсацій. Встановлено, що різні типи сонячного вітру можуть призводити до різких збурень геомагнітної ак-

тивності, а саме до виникнення магнітних бур та суббур. Сонячний вітер здатен утворюватися при викиді корональної маси Сонця або з корональних дірок, які є джерелами швидких потоків сонячного вітру [3]. Стан магнітосфери Землі описують за допомогою різних індексів, які розраховують на основі наземних змін магнітного поля. Для конструювання таких індексів використовують дані магнітних станцій. Найбільш часто використовується квазілогарифмічний індекс (К-індекс), який обсерваторії розраховують за тригодинний проміжок часу [4].

Відомо, що оцінку стану довкілля можна проводити методом біоіндикації з використанням живих об'єктів: мікроорганізмів, клітин, популяції або спільнот. Критеріями вибору

біоіндикаторів є декілька чинників: швидка відповідь, надійність, простота використання та моніторингові можливості [5, 6]. Ці критерії вибору біоіндикаторів задовольняє використання бактерій *Photobacterium phosphoreum* для оцінки змін геомагнітної активності [7]. Було відзначено, що інтенсивність світіння цих бактерій залежала від часу доби, і такий ефект передував або збігався з періодами підвищеної геомагнітної активності [7].

Дослідження біолюмінесценції мікроорганізмів показали, що вона є ритмічним процесом і має імпульсний характер [8]. Були виявлені морфологічні та функціональні зміни в культурі морських світних бактерій у періоди аномальних змін геомагнітного поля, а також при дії на клітини штучними магнітними збуреннями [9]. Метою цієї роботи було виявлення кореляційної залежності між інтенсивністю світіння бактерій *P. phosphoreum* та факторами, що визначають геомагнітну активність.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі відділу фізіології промислових мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (ІМВ). Об'єктом дослідження був штам морських люмінесцентних бактерій *P. phosphoreum*, зареєстрований у Депозитарії мікроорганізмів ІМВ під номером ІМВ В-7071. Культивування люмінесцентних бактерій проводили на живильному середовищі такого складу (г/л): пептон – 5,0; дріжджовий екстракт – 1,0; NaCl – 30,0; Na₂HPO₄ – 5,3; KH₂PO₄×2H₂O – 2,1; (NH₄)₂HPO₄ – 0,5; MgSO₄×H₂O – 0,1; гліцерин – 3,0 мл, агар-агар – 20 г, вода дистильована – до 1 л [12]. Дослідження проводили, використовуючи добову культуру мікроорганізмів, яка була вирощена на твердому живильному середовищі та поміщена у світлозахисну термостатовану камеру.

Спочатку визначалися умови стабілізації експериментальних вимірювань вибором об'єму та кількості клітин досліджуваної суспензії люмінесцентних бактерій. Кількість клітин *P. phosphoreum* суттєво впливала на інтенсивність і тривалість світіння. Зі збільшенням оптичної густини проби збільшувалось початкове значення інтенсивності біолюмінесценції, але потім воно зменшувалось у часі пропорційно кількості бактерій. Було досліджено три зразки бактеріальної суспензії об'ємом 0,1, 0,3 і 0,5 мл. Кожен зразок послідовно розводили та отри-

мали серію проб із різною кількістю клітин. Оптичну густину бактеріальних суспензій досліджували на експериментальному фотолюмінометрі на базі фотоелектроперетворювача ФЕП-115 [10].

Оскільки кисень є фактором стабільності прояву фонові люмінесценції бактерій (U_{ϕ}), було з'ясовано, що його кількість у пробі визначає вибір об'єму проби та оптичної густини суспензії. Для інокулюму об'ємом 5 мл характерним було насичення киснем тільки верхнього шару суспензії. Інтенсивність фонові світіння була висока, але через певний проміжок часу різко зменшувалась. Тривалість світіння збільшувалась при зменшенні об'єму проби до 3 мл. При цьому значення на мультиметрі фонові рівня біолюмінесценції становило від 0,08 до 0,40 В і було на порядок вищим, ніж значення “темного” сигналу (U_0). Насичення бактеріальної суспензії киснем відбувалось рівномірно, і тривалість світіння бактерій у часі значно зростала. Тому для досліджень інтенсивності біолюмінесценції були використані суспензії з оптимальним об'ємом 3 мл і визначеною оптичною густиною 0,1 (670 нм).

Вимірювання фонові інтенсивності люмінесценції проводили в суспензії бактеріальних клітин, яку поміщали в хімічний стакан і встановлювали під об'єктивом фотолюмінометра. Отриманий сигнал підсилювали та реєстрували за допомогою мультиметра UK-830 LN. Вимірювання біолюмінесценції бактерій проводили через 5 хв після встановлення зразка під об'єктивом приладу. Дослідження інтенсивності світіння бактерій відбувалось у темній кімнаті. На першому етапі проводилось вимірювання рівня “темного” сигналу фотопомножувача – U_0 , потім під об'єктив поміщався зразок із бактеріями *P. phosphoreum* і вимірювався сигнал від цього зразка – U_{ϕ} . Інтенсивність сигналу від бактерій перевищувала рівень “темного” сигналу більш ніж на два порядки. Для подальшого аналізу використовували різницю сигналів $U = U_{\phi} - U_0$, яка була пропорційна інтенсивності бактеріального світіння [10]. Інтенсивність люмінесценції подавали в значеннях біолюмінесцентного індексу (БІ), що розраховували як відношення інтенсивності люмінесценції дослідного зразка (U_{ϕ}) до інтенсивності “темного” світіння: $БІ = U_{\phi}/U_0$ (ум. од.). Проводили щоденне одноразове вимірювання інтенсивності світіння бактерій та порівнювали дані зі щоденними значеннями активності геомагнітного поля в умо-

вах м. Києва в години проведення досліджень біолюмінесценції.

Для виявлення кореляційної залежності між значеннями інтенсивності світіння бактерій *P. phosphoreum* та факторами, що визначають варіації геомагнітного поля, були використані дані Центру прогнозу космічної погоди Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (Space Environment Center, NOAA & U.S. Air Force, США). Проводили щоденний тригодинний вибір квазілогарифмічного індексу (К-індексу), який характеризує інтенсивність збурень геомагнітного поля Землі, та Ар-індексу, що вимірюється в нанотеслах і показує середнє значення варіацій магнітного поля [11]. Опис сонячної активності проводили з використанням “числа Вольфа” (W), яке є показником кількості сонячних плям [12], та потоку сонячного радіовипромінювання на довжині хвилі 10,7 см ($F_{10,7}$). Ми враховували, що потік сонячного радіовипромінювання складається з теплового випромінювання “спокійної” зовнішньої атмосфери Сонця, компоненти, яка повільно змінюється (пов’язаної із сонячними плямами та флюкулами), і спорадичного випромінювання, пов’язаного із сонячною активністю [13]. Статистичну обробку даних і визначення коефіцієнтів кореляції за Пірсоном проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2010.

Результати

Були визначені щоденні варіації значень біолюмінесценції бактерій *P. phosphoreum*, які проводили у вересні та жовтні 2015 р. Для досліджень інтенсивності біолюмінесценції були використані суспензії з оптимальним об’ємом 3 мл та оптичною густиною 0,1 (670 нм). Для визначення коефіцієнтів кореляції між щоденними значеннями активності геомагнітного поля (у вигляді К-індексів) та щоденними оцінками біолюмінесценції бактерій розраховували значення “питомої інтенсивності люмінесценції” (ПІЛ) за формулою

$$\text{ПІЛ} = (U_{\phi} - U_0)/OD,$$

де OD – оптична густина.

Для оцінки геліо-геомагнітної активності використовували щоденні показники К-індексу, Ар-індексу, значень потоку сонячного радіовипромінювання на довжині хвилі 10,7 см із частотою 2,8 ГГц ($F_{10,7}$) та числа Вольфа (W),

які визначали із загальновідомих даних Solar Terrestrial Activity Report [12, 13]. Для розрахунків коефіцієнтів кореляції визначали середні місячні значення цих показників геліо-геомагнітної активності у вересні та жовтні 2015 р. У вересні ці середні значення дорівнювали: $W = 74,8 \pm 6,23$; $F_{10,7} = 101,7 \pm 2,70$; Ар-індекс = $13,7 \pm 2,68$; К-індекс = $2,6 \pm 0,12$. У жовтні ці середні значення сонячної та геомагнітної активності становили: $W = 57,2 \pm 4,87$; $F_{10,7} = 104,05 \pm 2,84$; Ар-індекс = $14,9 \pm 1,90$; К-індекс = $2,32 \pm 0,13$. За два місяці вимірювань були отримані такі середні значення: $W = 65,9 \pm 3,99$; $F_{10,7} = 102,9 \pm 1,93$; Ар-індекс = $16,1 \pm 2,78$; К-індекс = $2,5 \pm 0,09$. Ці середні щомісячні значення показників геліо-геофізичної активності були використані при розрахунках значень коефіцієнтів кореляції показників за Пірсоном із показниками питомої інтенсивності люмінесценції (ПІЛ) окремо по місяцях досліджень та за весь час вимірювань, як подано в таблиці.

Таблиця: Значення коефіцієнтів кореляції показників геліо-геомагнітної активності із показниками питомої інтенсивності люмінесценції бактерій

Показник	Вересень	Жовтень	За весь час виміру
W	0,28	0,46	0,2119
$F_{10,7}$	0,449	0,275	0,305
A_p	-0,128	-0,49	-0,41
K_p	-0,13	-0,51	-0,41

Рівень статистичної достовірності для коефіцієнтів кореляції між “числом Вольфа” та питомою інтенсивністю люмінесценції становив $p < 0,1$, і отриманий результат є статистично недостовірним. Було зроблено припущення, що на значення ПІЛ суттєво не впливає зміна кількості сонячних плям. Кореляційний зв’язок між показниками $F_{10,7}$ і ПІЛ був прямо залежним і статистично достовірним: $R = 0,305$ ($p < 0,02$). А між значеннями коефіцієнтів кореляції показників К-індексу та Ар-індексу і ПІЛ існує статистично достовірне ($p < 0,04$) обернена залежність. Це дає можливість припустити, що варіації питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій *P. phosphoreum* достовірно, але різнонаправлено, корелюють із показниками $F_{10,7}$, К-індексу та Ар-індексу, і можуть слугувати біологічним тестом таких варіацій геомагнітної активності.

При дослідженнях причин оберненої кореляційної залежності між значеннями К-індексу та Ар-індексу і ПІЛ проводились моніторингові

дослідження К-індексу та інтенсивності біолюмінесценції бактерій протягом двох місяців (з 1.09 по 31.10.2015) у м. Києві. В цей період значення К-індексу найчастіше дорівнювали 1, 2 чи 3 балам, що відповідно вказувало на відсутність магнітних збурень, на невеликі збурення та на слабкі геомагнітні бурі. Малі геомагнітні бурі зі значеннями 4 бали спостерігались 8 і 12 вересня та 4 і 8 жовтня (рис. 1).

За цей же період часу питома інтенсивність люмінесценції змінювалась, як показано на рис. 2.

Були побудовані графіки щоденних змін питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій та К-індексів варіацій геомагнітного поля за вересень і жовтень 2015 р. (рис. 3, 4), для яких були визначені різні значення коефіцієнтів кореляції (див. таблицю).

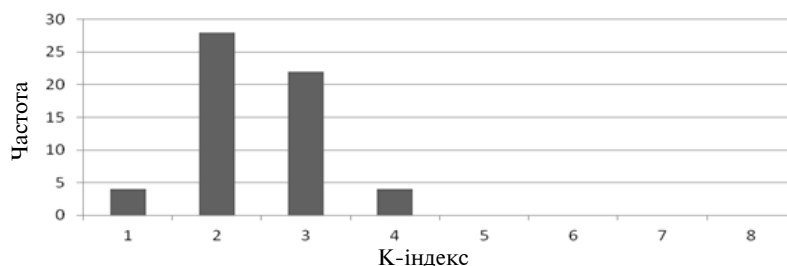


Рисунок 1: Частота розподілу значень К-індексу (бали) варіацій геомагнітного поля за 2 місяці з 1.09 по 31.10 2015 р.

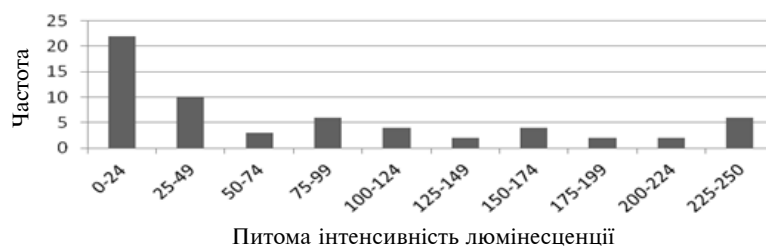


Рисунок 2: Частота розподілу значень питомої інтенсивності люмінесценції бактерій (ум. од.) за 2 місяці з 1.09 по 31.10 2015 р.

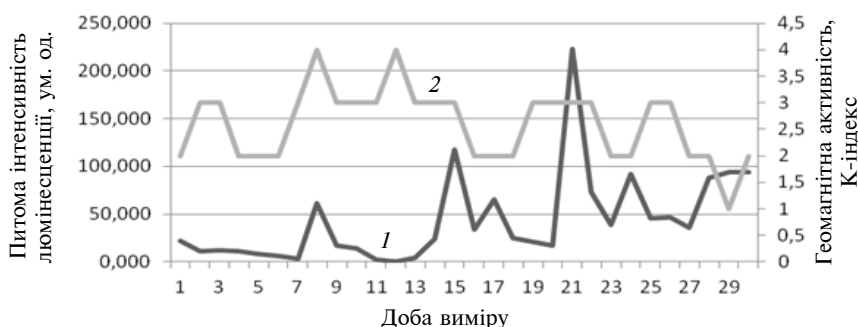


Рисунок 3: Щоденні зміни питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій та К-індексів варіацій геомагнітного поля у вересні 2015 р.: 1 – питома інтенсивність люмінесценції; 2 – геомагнітна активність, К-індекс

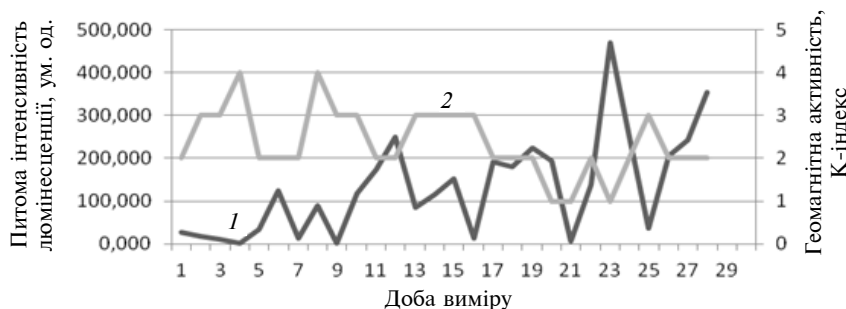


Рисунок 4: Щоденні зміни питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій та К-індексів варіацій геомагнітного поля у жовтні 2015 р.: 1 – питома інтенсивність люмінесценції; 2 – геомагнітна активність, К-індекс

Як видно з таблиці, визначені коефіцієнти кореляції показників К-індексів та питомої інтенсивності люмінесценції в різні місяці досліджень були істотно різними. Так, у вересні коефіцієнт кореляції становив $R = -0,13$, що свідчило про незначний обернений кореляційний зв'язок (менше 50 %) між геомагнітною активністю та питомою інтенсивністю світіння. Але у жовтні коефіцієнт кореляції становив $R = -0,51$ ($p < 0,02$), що вказує на сильну обернену кореляційну залежність між цими показниками, яка може бути пов'язана з різницями щоденних помісячних значень К-індексу за досліджуваний період. У вересні переважали щоденні значення К-індексу 3, що відповідає слабким магнітним бурям, а у жовтні домінували щоденні значення К-індексу 2, тобто невеликі магнітні збурення, при яких істотно збільшувалася ПІЛ (рис. 3, 4). А в середньому за два місяці коефіцієнт кореляції показників К-індексів та питомої інтенсивності люмінесценції дорівнював $R = -0,41$ ($p < 0,01$). Зроблено припущення, що при збільшенні варіацій геомагнітного поля відбувається зменшення значень питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій. Використання автоматизованої системи моніторингу інтенсивності світіння люмінесцентних бактерій дасть змогу отримати збіг у часі реєстрації ПІЛ та К-індексів при магнітних бурях, і це дає можливість кращої біоіндикації наявності збурень магнітного поля Землі.

Обговорення

Біоіндикація геомагнітної активності за участі люмінесцентних бактерій *P. phosphoreum* потребує певних умов для формування необхідного масиву біологічних і геофізичних даних. Для цього було визначено оптимальні параметри суспензії біолюмінесцентних бактерій і показано, що для отримання необхідної інтенсивності та тривалості біолюмінесценції доцільно використовувати суспензії об'ємом 3 мл з оптичною густиною 0,1 (670 нм). При цьому насичення бактеріальної суспензії киснем відбувається рівномірно, і в результаті тривалість світіння бактерій у часі зростає.

Визначений коефіцієнт кореляції між потоком сонячного радіовипромінювання та інтенсивністю біолюмінесценції показав наявність позитивного достовірного кореляційного зв'язку $R = 0,305$ ($p < 0,02$). А між значеннями

К-індексів геомагнітного поля та інтенсивністю біолюмінесценції визначена статистично достовірна обернена залежність із середнім коефіцієнтом кореляції $R = -0,41$ ($p < 0,01$). Це дає підстави стверджувати, що при збільшенні активності геомагнітного поля відбувається зменшення значень питомої інтенсивності біолюмінесценції. В цьому аспекті великий інтерес викликає можливість використання люмінесцентних бактерій як біоіндикаторів для прогнозування змін та збурень геомагнітного поля.

Однак для збільшення частоти збігів добових змін біолюмінесценції та флуктуацій геомагнітної активності, а відповідно і підвищення достовірності коефіцієнтів кореляції, необхідно проводити моніторингові погодинні визначення біолюмінесценції бактерій *P. phosphoreum* за допомогою приладу, який повинен являти собою "біореактор" із безперервним культивуванням бактерій і автоматичною реєстрацією даних. Отримані при такому добовому моніторингу значення біолюмінесценції бактерій дають можливість проводити їх порівняння зі збуреннями та значними флуктуаціями геомагнітного поля, прояв яких має імовірнісний характер.

Висновки

1. Для досліджень інтенсивності біолюмінесценції як біоіндикатора геомагнітного поля були визначені оптимальні характеристики суспензії об'ємом 3 мл з оптичною густиною 0,1 (670 нм).

2. Показана наявність достовірної оберненої залежності між К-індексами геомагнітного поля та питомою інтенсивністю люмінесценції *P. phosphoreum*, коефіцієнт кореляції у місяці з підвищеною геомагнітною активністю становив $R = -0,51$ ($p < 0,02$).

3. При порівнянні щоденних змін питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій та К-індексів геомагнітного поля в різні місяці досліджень було визначено, що при збільшенні варіацій геомагнітного поля відбувається зменшення значень питомої інтенсивності біолюмінесценції бактерій.

4. Використання автоматизованої системи моніторингу інтенсивності світіння люмінесцентних бактерій дає змогу краще прогнозувати в часі наявність збурень магнітного поля Землі.

References

- [1] Piruzjan LA, Kuznetsov AN. Action of the permanent and lowfrequency magnetic fields on the biological systems. Izv AN USSR Ser Biological. 1983;6:805-21.
- [2] Gromozova EN, Voychuk SI, Zelena LB, Gretskey IA. Microorganisms as model system for studying the biological effects of electromagnetic non-ionizing radiation. Safety Eng. 2012;2(3): 89-92. DOI: 10.7562/SE2012.2.02.06
- [3] Ermolaev YuI, Ermolaev MYu. Sun and interplanetary sources of geomagnetical storms: the aspects of space weather. Geophysical Processes and Biosphere. 2009;8(1):5-35.
- [4] Mayaud PN. Derivation, meaning and use of geomagnetic indices. AGU Geophysical Monograph; 1980. 367 p.
- [5] Klimenco MO, Prischepa AM, Voznjuk NM. Monitoring of environment. Kyiv: Academy; 2006. 360 p.
- [6] Opekunova MG. Bioindication of contaminations. SPb: St. Petersburg University Press; 2004. 187 p.
- [7] Berganskaya LYu. Biological activity of bacteria how the indicator of geomagnetical perturbation. Biophysics. 1995;40(4):780-81.
- [8] Berganskaya LYu. Luminescent and population instability of photo bacterium in the periods of geomagnetic perturbation. Scientific Notes of Taurida National VI Vernadsky University Ser Biol Chem. 2004;56(1):127-30.
- [9] Kuts VV, Ismailov AD. Physiological and emission descriptions *Photobacterium phosphoreum* from the White sea. Microbiology. 2009;78(5):612-17.
- [10] Gretskey IA. System of express-estimation of biological action of unionizing electromagnetic radiation with the use of *Photobacterium phosphoreum* IMV V-7071 [author's abstract]. Kyiv; 2017. 24 p.
- [11] Gorgo YuP, Razumovsky AK. To the question of determination influencing low frequency parameters of the Earth magnetic field on biological objects. Young Scientist. 2015;6(1):8-11.
- [12] Solar terrestrial activity report [Internet]. Solen.info. 2018 [cited November 2018]. Available from: <http://www.solen.info/solar/>
- [13] Solar radiation [Internet]. Leksika.com.ua. 2018 [cited November 2018]. Available from: leksika.com.ua/15481114/ure/sonyachna_radiatsiya

Ю.П. Горго, И.А. Грецкий, О.И. Демидова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ БАКТЕРИЙ *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

Проблематика. Современной проблемой является определение особенностей характеристик разных микроорганизмов для биоиндикации активности состояния геофизических параметров среды.

Цель. Определение корреляционных зависимостей между значениями интенсивности свечения бактерий *Photobacterium phosphoreum* и факторами, определяющими геомагнитную активность.

Методика реализации. Определяли оптимальные параметры суспензии для исследований интенсивности биолюминесценции в качестве биоиндикатора состояния геомагнитного поля. На протяжении 2 месяцев проводили мониторинг удельной интенсивности свечения бактерий и сравнивали ее с ежедневными значениями активности геомагнитного поля в условиях г. Киева во время проведения исследований биолюминесценции. Определения вариаций геомагнитного поля проводились по данным Центра прогноза космической погоды Национального управления океанических и атмосферных исследований США. Описание солнечной активности проводили для "чисел Вольфа" и потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см.

Результаты. Были рассчитаны коэффициенты корреляции изменений ежедневных значений интенсивности биолюминесценции бактерий и сравнены со значениями К-индекса и Ар-индекса, "чисел Вольфа" и потока солнечного радиоизлучения. Определена обратная пропорциональная достоверная средняя корреляционная связь $R = -0,41$ между значениями удельной бактериальной люминесценции и К-индексами геомагнитного поля, а со значениями потока солнечного радиоизлучения установлена достоверная прямо пропорциональная связь. Показано, что при увеличении интенсивности вариаций геомагнитного поля происходит уменьшение значений удельной интенсивности биолюминесценции бактерий.

Выводы. Показано наличие достоверной обратной зависимости между К-индексами геомагнитного поля и удельной интенсивностью люминесценции *P. phosphoreum*, коэффициент корреляции в месяцы с повышенной геомагнитной активностью равнялся $R = -0,51$. Использование автоматизированной системы мониторинга интенсивности свечения люминесцентных бактерий позволяет лучше прогнозировать во времени проявления возмущений магнитного поля Земли.

Ключевые слова: геомагнитная активность; биолюминесценция; биоиндикация; интенсивность; *Photobacterium phosphoreum*.

Yu.P. Gorgo, I.O. Greckiy, O.I. Demydova

THE USE OF LUMINOS BACTERIA *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* AS A BIOINDICATOR OF GEOMAGNETIC ACTIVITY

Background. An actual problem is determination of features of different micro-organisms for the activity bioindication of environment geophysical parameter state.

Objective. The aim of the paper is to determine correlation dependences between values of luminescence intensity of bacteria *Photobacterium phosphoreum* and factors determining geomagnetic activity.

Methods. The optimum parameters of suspension were determined for research of bioluminescence intensity as a bioindicator of the geomagnetic field state. The monitoring of specific intensity of bacteria luminescence has been carried out for 2 months and it was compared to the daily values of activity of the geomagnetic field in the conditions of Kiev, during the research of bioluminescence. Variation determination of the geomagnetic field was conducted from data of Space Environment Center, NOAA & U.S. Air Force. Description of sun activity was conducted with the use of the "Wolf numbers" and flux of sun radio radiation at a wavelength 10,7 cm.

Results. The correlation coefficients of changes of bacteria bioluminescence intensity daily values were calculated and compared to the K-index and Ap-index values, "Wolf numbers", and flux of sun radio radiation. The inverse proportional reliable average correlation was defined $R = -0,41$ between the values of specific bacterial luminescence and the K-indexes of the geomagnetical field, and with the values of flux of sun radio radiation – reliable directly proportional correlation. It is shown, that at the geomagnetic field variation intensity increase there is reduction of values of bacteria bioluminescence specific intensity.

Conclusions. The presence of reliable inverse dependence between K-indexes of geomagnetic field is shown and specific intensity of the *P. rhosphoreum* luminescence, the correlation coefficient in months with increased geomagnetic activity was $R = -0,51$. The use of the automated system of the luminescent bacteria luminescence intensity monitoring allows better forecasting in time the manifestations of indignations of the Earth's magnetic field.

Keywords: geomagnetic activity; bioluminescence; bioindication; intensity; *Photobacterium phosphoreum*.