

УДК 612.82/83; 612.821

В. Кравченко, канд. біол. наук., В. Дубовик, магістр.,
К. Максимович, асп., М. Макарчук, д-р біол. наук

ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЧОЛОВІКІВ ПРИ ПЕРЕГЛЯДІ АФЕКТИВНИХ ТА НЕЙТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Досліджено мозкову нейродинаміку підчас перегляду зорових стимулів Міжнародної системи афективних зображень (IAPS) у чоловіків. Показано, що найбільш активуюче впливали на мозок чоловіків еротичні зображення, ЕЕГ-кореляти емоційного напруження спостерігалися лише при перегляді неприємних зображень. Перегляд картин, що здатні викликати позитивні емоції, супроводжувався зростанням високочастотних компонентів спектру ЕЕГ в лобних зонах неокортексу, що може відображувати когнітивну оцінку та гедонічний компонент сприйняття таких стимулів. Отримані результати проаналізовані у порівнянні з аналогічними даними, отриманими раніше за участю жінок в різні фази менструального циклу та з урахуванням суб'єктивної оцінки обстежуваними застосованих стимулів.

Electrical activity of brain during presentation of visual stimuli of the International Affective Picture System images (IAPS) in men was investigated. It was shown that erotica images influenced on the brain of men the most activating, the EEG-correlates of emotional tension were observed only at the revision of unpleasant images. The revision of pictures which are able to cause positive emotions was accompanied with growth of high-frequency components of EEG-spectrum in the cortical frontal areas which can represent the cognitive estimation and gедonіc component of perception these stimulus. These results analysed in comparison to analogical data, obtained earlier with participation of women in the different phases of menstrual cycle and taking into account a subjective estimation of the applied stimuli.

Вступ. Дослідження нейрофізіологічних механізмів сприйняття та аналізу емоційно забарвленої інформації в головному мозку на сьогодні є одним з актуальних завдань психофізіології. Емоції відіграють дуже важливу роль в житті людини, оскільки виникаючи у відповідь на певні події, вони допомагають обрати таку стратегію поведінки, що приведе до отримання винагороди (досягнення бажаної цілі) або уникнення небезпеки чи покарання. Зважаючи на таку вирішальну роль позитивних і негативних емоцій у плануванні поведінки, обробка інформації в мозку на предмет її можливої значущості для індивіда відбувається на початкових стадіях паралельно з обробкою інших параметрів сигналу, і їй надається пріоритет при розподілі ресурсів уваги. Відомо, що чоловіки і жінки різняться в емоційному реагуванні на ті чи інші події, що може бути як наслідком соціальних усталених норм гендерної поведінки, так і особливостями мозкової обробки емоціогенних стимулів [1]. Накопичено чимало даних про специфіку корково-підкоркових взаємодій при сприйнятті стимулів, що здатні викликати емоції у представників різних статей. Все більше уваги в англійській нейрофізіологічній літературі приділяється гендерній різниці в реагуванні на еротичні візуальні стимули [2, 3], зважаючи на їх масове використання в кіноіндустрії та рекламі. У вітчизняній психофізіології ці питання досі лишаються незаслужено малодослідженими, не зважаючи на активну зацікавленість в такого роду зорових стимулах представників обох статей. Порівняння особливостей обробки різного типу емоціогенних стимулів в мозку допомогло б з'ясувати причини і наслідки поведінки, що розгортається у відповідь на події, що оцінюються представниками обох статей як емоційно значущі.

Метою даної роботи було оцінити за показниками спектральної потужності особливості мозкової нейродинаміки при сприйнятті зорових стимулів, що здатні викликати емоції (нейтральні, приємні, неприємні, еротичні) у чоловіків і порівняти ці дані з результатами, отриманими в попередньому дослідженні, проведеному за аналогічною схемою у жінок [4].

Об'єкт та методи досліджень. У дослідженні як обстежувані взяли участь 14 студентів університету чоловічої статі, віком 18-21 рік. Всі обстежувані були здорові, тобто на момент дослідження не вживали ліків, не хворіли на неврологічні чи психічні захворювання. Кожен обстежуваний брав участь в дослідженні тричі з інтервалом у 9-10 днів, що було зумовлено необхідністю порівняти результати з даними жінок, що брали

участь в аналогічному дослідженні в різні фази менструального циклу (ці дані представлені нами раніше [4]). Всього було отримано 42 записи ЕЕГ, сумарні дані по яким проаналізовано і представлено в даній статті.

У всіх обстежених чоловіків впродовж кожного дослідження реєстрували ЕЕГ за наступною схемою: в стані спокою із закритими очима (початок) – 3 хв; при пред'явленні зображень, що здатні викликати позитивні емоції – 1,5 хв; при пред'явленні нейтральних стимулів – 1,5 хв; при пред'явленні зображень еротичного характеру – 1,5 хв; при пред'явленні зображень, що здатні викликати негативні емоції – 1,5 хв; в стані спокою із закритими очима (кінець) – 3 хв. Між кожним із цих етапів також реєструвалася ЕЕГ (1,5 хв) при пред'явленні беззмістовних зображень сірого кольору двох типів, які почергово змінювали одна одну. У якості зорових стимулів на екрані монітора комп'ютера демонстрували фотографії Міжнародної системи афективних зображень (IAPS) [5], відібрані за нормативними значеннями гедонічної оцінки емоцій. В кожній серії було пред'явлено по 15 зображень певної гедонічної категорії. Час пред'явлення одного стимулу становив 6 с. Наприкінці дослідження обстежувани чоловіки давали оцінку кожному побаченому зображенню за рівнем приємності та рівнем збудження (активації) за 9-бальною шкалою.

ЕЕГ реєстрували монополярно за допомогою діагностичного комплексу "Нейрон-Спектр" (ООО "Нейро-софт", Росія), як референтний використовувався імпіталеральний вушний електрод. Електроди розміщувалися за міжнародною системою 10/20 у 14 симетричних точках лівої і правої півкулі головного мозку: середньофронтальних (F3/F4), латеральнофронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх скроневих (T3/T4), задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) і потиличних (O1/O2).

Для аналізу ЕЕГ-показників використовувались тільки безартефактні фрагменти. За допомогою швидкого перетворення Фур'є визначалась спектральна потужність (мкВ^2) для ряду частотних діапазонів: тета (4,0-7,9 Гц), альфа (8,0-12,9 Гц), бета низькочастотний (13,0-19,9 Гц) та бета високочастотний (20,0-35,0 Гц). Епоха аналізу становила 2,56 с, перекриття – 1,28 с. Смуга пропускання – 1-35 Гц.

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакету STATISTICA 7.0 (Statsoft, USA, 2004). Оскільки розподіл майже всіх показників був відмінним від нормального (за критерієм Лілієфора), то для порівняння залежних вибірок застосовували критерій знакових рангів

Вілксона. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$.

Результати та їх обговорення. Аналіз змін електричної активності головного мозку чоловіків в основних ЕЕГ-діапазонах під час перегляду зображень показав, що здатні викликати емоції порівняно з переглядом беззмістовних зорових стимулів сірого кольору, що передували кожній серії із зображеннями IAPS. Як видно з рис.1, зональна картина змін спектральної потужності

при перегляді стимулів різного типу відрізнялася. Спільним для всіх типів змістовних стимулів було зниження потужності альфа-ритму в лівих тім'яній і потиличній ділянках, що очевидно пов'язано з аналізом візуальних стимулів, не пов'язаним з емоційним компонентом, який відбувається в асоціативних зонах екстрастріарної кори, розташованій на "стику" тім'яної, потиличної і скроневої часток кори великих півкуль.

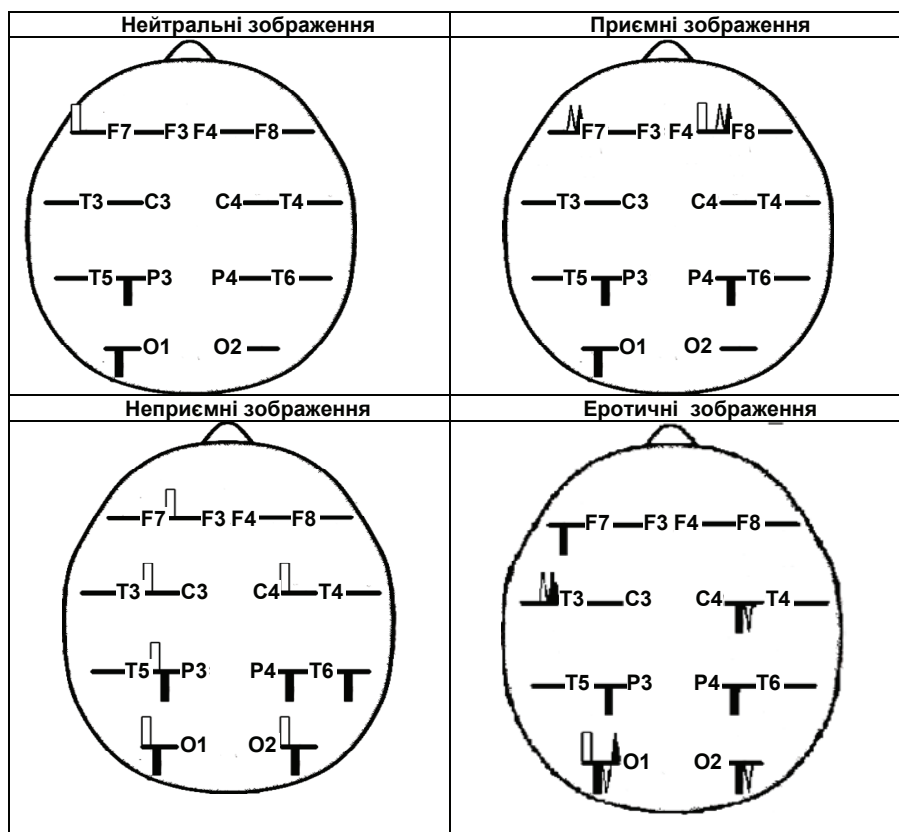


Рис.1. Топокарти відмінностей спектральної потужності основних ритмів ЕЕГ чоловіків під час перегляду змістовних зображень (нейтральні, позитивні, еротичні, негативні) IAPS по відношенню до перегляду беззмістовних зображень

Примітки: $\bar{}$ – потужність тета, $\blacksquare$ – потужність альфа, $\triangle$ – потужність бета низькочастотного, $\blacktriangle$ – потужність бета високочастотного діапазонів. Знак над рисочкою відображає значуще ($p < 0,05$) збільшення, знак під рисочкою – зниження показника ($n=42$).

Передусім ми проаналізували зміни електричної активності мозку при перегляді **нейтральних зображень**. За шкалою ступеню гедонічності ці зображення мали вірогідно вищі бали за негативні зображення і вірогідно нижчі бали за позитивні і еротичні, тобто дійсно були емоційно нейтральними (див. рис.2). В цілому, перегляд емоційно нейтральних зображень викликав меншу активацію тім'яно-потиличних ділянок мозку чоловіків порівняно з афективними зображеннями всіх 3-х видів, що підтверджує думку про те, що мотиваційна релевантність стимула залучає більше уваги та підлягає ретельнішій обробці в екстрастріарній корі [6]. Відзначимо, що у жінок перегляд нейтральних зображень супроводжувався суттєво більшою порівняно з чоловіками (за кількістю зон) активацією обох півкуль головного мозку [4], і суттєво різнився в різні фази менструального циклу.

Перш ніж перейти до аналізу наших експериментальних даних щодо впливу перегляду зображень з різним емоційним навантаженням на характеристики ЕЕГ чоловіків, відмітимо, що, згідно з нейрологічною моделлю, описаною Хейлманом [7], сприйняття емоційних стимулів у цілому складається з трьох компонентів, які

забезпечуються різними мозковими структурами. По-перше, під час дії таких стимулів відбувається оцінка знаку емоційного стимулу (приємний/неприємний). Провідну роль у такій оцінці відіграють лобні частки кори, причому збудження лівої фронтальної кори переважає при обробці позитивних стимулів, а правої – негативних. По-друге, здійснюється активаційне забезпечення сприйняття емоційного сигналу (arousal). Вважається, що воно опосередковане в основному залученням тім'яних часток у регуляцію впливів активуючих систем мозку. І нарешті, по-третє, за певних обставин емоційне переживання продукує моторний компонент, що може проявлятися у відстороненні від певного стимулу чи наближенні до нього. Регуляція таких реакцій відбувається переважно через впливи орбітофронтальної кори та правої тім'яної частки на лімбічні структури та базальні ганглії.

Перегляд **зображень, що здатні викликати позитивні емоції** супроводжувався характерним лише для цього виду стимулів зростанням потужності високочастотних компонентів ЕЕГ в передніх лобних ділянках. Відомо, що збільшення частки бета-ритму розглядається як прояв оцінки значущості та уваги до стимулу,

як це описано в моделі Хейлмана [7], і анатомічним субстратом таких вищих когнітивних функцій є передні відділи лобних часток. У обстежених нами чоловіків такі зміни були більш локальними, порівняно із змінами ЕЕГ-показників при перегляді приємних зображень у жінок, у яких спостерігалася масштабна активація всього неокортексу при підвищенні бета-ритму в симетричних відведеннях лобних та передньо-скроневих та центральних ділянках неокортексу [1]. Причому такі зміни у жінок були найбільш виражені в фолікулярну

фазу менструального циклу з мінімальним вмістом естрогенів, тоді як в інші фази характер змін ЕЕГ-показників суттєво відрізнявся від таких у чоловіків. Відзначимо, що зростання тета-ритму при перегляді позитивних стимулів (характерний "ЕЕГ-маркер" емоційного переживання) відбувалось лише в правому лобному відведенні, що свідчить про те, що ці зображення не викликали сильних емоційних реакцій у обстежуваних, особливо порівняно з негативними картинками.

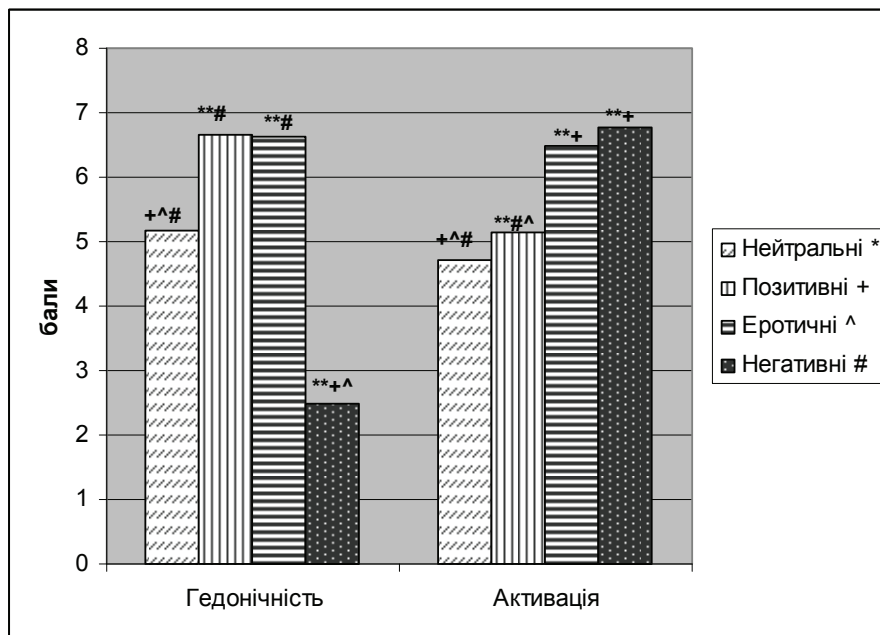


Рис. 2. Суб'єктивна оцінка за шкалами гедонічності (приємний-неприємний) та активації (збуджуючий – розслаблюючий) зображень IAPS різного типу у чоловіків (n=42)

Примітка: ** – значущі ($p < 0,01$) відмінності оцінки відносно нейтральних зображень;
 + – значущі ($p < 0,01$) відмінності оцінки відносно позитивних зображень;
 ^ – значущі ($p < 0,01$) відмінності оцінки відносно еротичних зображень;
 # – значущі ($p < 0,01$) відмінності оцінки відносно негативних зображень.

Розглянемо особливості електричної активності мозку чоловіків під час демонстрації **неприємних зображень**. Як бачимо з рис. 1, найбільш характерними ЕЕГ-корелятами перегляду цього виду стимулів було збільшення спектральної потужності тета-ритму в передньо-центральної та задніх ділянках неокортексу із деяким переважанням в лівій півкулі. Оскільки зростання тета-ритму традиційно розглядається як кореляція емоційного напруження, можна зробити висновок, що неприємні зображення найбільш залучали емоційні системи мозку, можливо викликаючи співпереживання через відображення побаченого системою дзеркальних нейронів, розташованих переважно в премоторній та тім'яній корі (лобно-тім'яна та лімбічні дзеркальні системи) [8]. При цьому відбувається зниження потужності альфа-ритму в симетричних тім'яно-потиличних ділянках та правій задньо-скроневій, що відображає більш потужне активаційне забезпечення негативних стимулів порівняно з приємними картинками. Характерно, що перегляд неприємних зображень не супроводжувався зростанням високочастотних ЕЕГ-компонентів в лобних зонах, тобто для цих стимулів когнітивні системи оцінювання не "вмикались". Можливо, це пов'язано з тим, що неприємні емоції є більш потужними і виникають майже миттєво при появі "загрозливих" стимулів, які є генетично закарбованими (сцени кровопролиття, гниття, людські обличчя з виразом жаху чи відрази тощо), тому

вони одразу розпізнаються і "вмикають" емоційні структури мозку (посилення потужності тета-ритму). Надзвичайно цікавим є те, що у жінок перегляд негативних зображень супроводжувався тільки активаційними змінами без зростання тета-ритму [1], за виключенням фолікулярної фази менструального циклу, коли відзначалося зростання потужності тета-ритму в лівих лобній і потиличних зонах. Це доводить відмінність реагування на емоційні стимули представників різної статі і дозволяє зробити припущення, що найбільш подібно мозок жінки реагує до чоловічого у фолікулярну фазу, коли концентрація естрогену в крові мінімальна.

Еротичні зображення були виділені нами в окрему категорію, хоча за класифікацією IAPS вони належать до зображень, що здатні викликати приємні емоції. При створенні бази зображень IAPS ці види стимулів найбільше відрізнялися за шкалами суб'єктивної оцінки серед чоловіків і жінок [9]. Так, представники сильної статі оцінювали їх як більш приємні і активуючі, ніж прекрасна половина, тоді як останні описували свої відчуття при перегляді такі фотографії як такі, що викликають "ніяковість" та "збентеження". В наших дослідженнях суб'єктивна оцінка еротичних зображень вірогідно не відрізнялася у представників різної статі (рівень збудження: жінки $M=6.21$, чоловіки $M=6.49$; рівень суб'єктивної приємності: жінки $M=6.52$, чоловіки $M=6.64$). Аналіз основних ЕЕГ-ритмів показав, що мозкова нейродина-

міка при спогляданні еротичних зображень у чоловіків не схожа на таку при перегляді інших видів емоційно-забарвлених стимулів (див.рис.1). Еротичні стимули активували потилично-тім'яно-центральної зони мозку чоловіків (депресія альфа- та низькочастотного бета-діапазону та зростання потужностей високочастотного бета-діапазонів), що відображає обробку в екстрастріанній зоровій корі на фоні потужної неспецифічної активації. Тільки для цього типу стимулів було характерно підвищення потужності бета-ритму в лівій передньоскроневої зони кори, що, ймовірно, відображає обробку в лівій мигдалині, яка, за даними томографічного дослідження [10] найбільш активна в чоловіків при перегляді стимулів еротичного характеру. Варто відзначити, що таке ж зростання потужності бета-ритму в зоні Т3 відмічалось нами у жінок при перегляді приємних зображень [4], тоді як при перегляді еротичних картин у жінок спостерігалася тільки потужна активація в симетричних задньоскроневих і потиличних ділянках, а також зменшення потужності альфа- і тета-ритмів в правій скроневій зоні (Т4). Слід зазначити, що у чоловіків суб'єктивні оцінки ступеня приємності еротичних і позитивних зображень не відрізнялися (еротичні: $M=6.64$ бали, позитивні: $M=6.65$, $r=0.79$). А от у жінок, хоч обидві типи стимулів були віднесені до приємних, середній рівень балів, що давався цим типам зображення статистично достовірно ($p=0.000045$) відрізнявся (позитивні: $M=7.35$ бали, еротичні: $M=6.52$). Іншими словами, ті зображення, що описувалися жінками як найбільш приємні супроводжувалися ЕЕГ-зміними, подібними до таких при перегляді чоловіками еротичних зображень. Таким чином, порівняння мозкової нейродинаміки дає підстави припустити, що еротичні зображення найбільше активували мозок чоловіків серед інших видів стимулів, але при цьому когнітивна оцінка таких зображень здійснюється в тих же ділянках кори, що і приємні картини нееротичного змісту у жінок.

Загалом, співставлення суб'єктивних оцінок стимулів обстежуваними (рис. 2) із змінами, що супроводжують їх перегляд на ЕЕГ (рис.1) показує, що рівень суб'єктивного збудження (arousal) відображується на ЕЕГ в депресії альфа-ритму. Відчуття неприємності, відрази при перегляді аверсивних зображень супроводжувалося зростанням потужності тета-ритму, який очевидно пов'язаний саме з емоціями негативного знаку. Рівень суб'єктивної приємності зображення не мав таких чітких корелятивів на ЕЕГ. Проте, можна помітити, що під час перегляду зображень, що оцінювалися чоловіками як

найбільш приємні за шкалою гедонічності (позитивні і еротичні) спільним для них було зростання потужності бета-коливань в лобних (позитивні) і лівій передньоскроневій (еротичні) ділянках, що можливо і відображає гедонічний компонент сприйняття зображення.

Висновки. Перегляд афективних зображень супроводжується більшою активацією асоціативної зорової кори чоловіків порівняно з переглядом емоційно нейтральних зображень, що відображає ретельнішу мозкову обробку емоційно забарвлених стимулів.

Позитивні зображення викликали зростання потужності високочастотних компонентів спектру в передніх відділах лобних часток неокортексу, що відображає когнітивну оцінку змісту зображень та гедонічний компонент сприйняття.

Найбільше емоційне напруження викликали аверсивні стимули, що відбивалось у зростанні спектральної потужності тета-ритму центрально-тім'яно-потилічних ділянок кори великих півкуль на фоні неспецифічної активації, що узгоджувалося із суб'єктивною оцінкою таких стимулів.

Перегляд еротичних зображень супроводжувався найбільш поширеною зональною активацією мозку чоловіків на фоні зростання високочастотних компонентів ЕЕГ у лівій передньоскроневій зоні, що відповідає паттерну змін ЕЕГ при перегляді позитивних зображень у жінок.

1. Gard M.G., Kring A.M. Sex differences in the time course of emotion // *Emotion*. 2007. – V.7, №2. – P.429-437. 2. Lykins A.D., Meana M., Strauss G.P. Sex differences in visual attention to erotic and non-erotic stimuli // *Arch Sex Behav.* – 2008 V.37, №2. – P.219-228. 3. Rupp H.A., Wallen K. Sex differences in response to visual sexual stimuli: a review // *Arch Sex Behav.* 2008. – V.37, №2. – P. 206-218. 4. Максимович К., Кравченко В., Крижановський С., Макачук М. Мозкова нейродинаміка у жінок в різні фази менструального циклу при перегляді афективних зображень // *Вісник КНУ. Серія "Біологія"* Вип. 56. 2010. – С.41-45. 5. Lang P.J., Bradley M.M., Cuthbert B.N. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. – NIMH Center for the Study of Emotion & Attention. University of Florida, Gainesville. – 2005. 6. Sabatinelli D., Flaisch T., Bradley M.M., Fitzsimmons J.R., Lang P.J. Affective picture perception: gender differences in visual cortex? // *Neuroreport*. 2004. – V.15, №7. – P.1109-1112. 7. Heilman K. M. The neurobiology of emotional experience // *J. Neuropsychiat. Clin. Neurosci.* 1997. – V.9, № 3, P.439-448. 8. Cattaneo L., Rizzolatti G. The mirror neuron system // *Arch Neurol.* – 2009. – V. 66, №5. – P.557-560. 9. Bradley M.M., Lang P.J. The International affective picture system (IAPS) in the study of emotion and attention // *Handbook of emotion elicitation and assessment* edited by J.A. Coan, J.J.B. Allen. Oxford Univ. Press. – 2007. – P.29-46. 10. Hamann S., Herman R.A., Nolan C.L., Wallen K. Men and women differ in amygdala response to visual sexual stimuli // *Nat Neurosci.* – 2004. – V.7, №4. – P.411-416.

Надійшла до редколегії 25.10.10

УДК 578.81

А. Бурхан, студ.,
Л. Семчук, канд. біол. наук, С. Ромашев, пров. інж.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОЕВОЛЮЦІЯ БАКТЕРІОФАГУ 8573 SM З ФІТОПАТОГЕННИМ ХАЗЯЇНОМ PSEUDOMONAS FLUORESCENS

Після зараження хазяїна фагом виявлені резистентні клони, які мають різну здатність до реінфекції. Вони утворювали відмінні за числом і морфологією бляшки. Цей факт представляє значний науковий інтерес, оскільки виявляє нові особливості коєволюційної системи.

After phage infection are revealed resistant hosts clones, which have different ability to repeated infection. They also form various on number and morphology plaque. This circumstance represents significant scientific interest as reveals new features to coevolutionary system.

Вступ. Згідно із сучасними оцінками, фаги є найбільш численними біологічними об'єктами на Землі, кількість яких досягає 10^{31} часток [7], що вказує на їх важливу роль в природі. В той же час, вивченню особливостей їх циркуляції в окремих екосистемах, зокрема рослинних, не приділяється достатньої уваги. При цьому, враховуючи значення рослин для людини, як дже-

рела продуктів харчування та технічної сировини, дослідження впливу в них фагів, зокрема активних проти фітопатогенних бактерій, збудників хвороб рослин, має значну наукову значимість. Фаги, виявляють регулюючий вплив на чисельність мікрофлори. Сучасні засоби боротьби з фітопатогенними бактеріями є, зазвичай, хімічними. Їх не можна назвати екологічно чистими та

© Бурхан А., Семчук Л., Ромашев С., 2011