

E. Chaka, PhD, L. Plotnikova, PhD, M. Levashov, MD, R. Yanko PhD, I. Litovka, MD, V. Beresovskiy MD, prof.
O. O. Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE INFLUENCE OF HYPERCAPNIA FOR RESISTANCE TO STRESS AND SPONTANEOUS LOCOMOTOR ACTIVITY OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* DIFFERENT LINES

The effect of hypercapnia for resistance to fruit flies hyperthermic stress, life expectancy at alimentary and water deprivation and spontaneous locomotor activity. Canton-S and Oregon-R test Drosophila lines were divided into low and high are resistant to the action of carbon dioxide and contained in hypercapnic gas medium (5 % CO₂) for seven generations. Under the influence of hypercapnia increased resistance to fruit flies hyperthermic stress. Life expectancy line Drosophila Canton-S high are resistant to the action of CO₂ alimentary conditions of water deprivation increased 5 % and time of extinction of a half of individuals to 19 % compared with the control. In Drosophila line Oregon-R low and high are resistant to the action of CO₂ the average life expectancy had a tendency to decrease 7-8 % compared with the control. It is shown that the spontaneous motor activity of both drosophila lines highly resistant to CO₂ was higher compared to the low resistant. The number of flies with a positive phototaxis after adaptation to hypercapnia reduced in Drosophila all the experimental groups.

Keywords: hypercapnia, hyperthermal stress, alimentary and water deprivation, phototaxis.

УДК 612.82/83

А. Шестак, студ., Н. Філімонова, канд. фіз.-мат.наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ВПЛИВ БІНАУРАЛЬНОГО РИТМУ 10 ГЦ НА АКТИВНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОСТОЇ СЕНСОМОТОРНОЇ РЕАКЦІЇ ТА РЕАКЦІЇ ВИБОРУ В ЧОЛОВІКІВ ТА ЖІНОК

У результаті обстеження 20 осіб віком 18–23 роки в чоловіків під впливом бінаурального ритму 10 Гц порівняно з бінауральним звуком при тестуванні простої сенсомоторної реакції було зазначено вищу активність у фронтально-центральної і потиличних зонах обох півкуль та правих скроневій і тім'яній зонах, що може свідчити про активацію системи образного та креативного мислення, потреба в якій була відсутня при здійсненні простої сенсомоторної реакції. Відмінностей у часі як простої сенсомоторної реакції, так і реакції вибору виявлено не було. При тестуванні реакції вибору не було виявлено впливу бінаурального ритму 10 Гц на активність головного мозку чоловіків. У жінок під впливом бінаурального ритму 10 Гц зазначено значуще вищі швидкості як простої сенсомоторної реакції, так і реакції вибору, а також значуще менший розкид латентних періодів простої сенсомоторної реакції. При цьому вищою була міжпівкульна взаємодія, пригнічені нерелевантні зони й вища активність процесів висхідної уваги, що забезпечило високоспецифічну обробку інформації та вищу ефективність виконання завдань порівняно з бінауральним звуком.

Ключові слова: бінауральний ритм, 200 Гц, 10 Гц, ЕЕГ, активність головного мозку, проста сенсомоторна реакція, реакція вибору.

Вступ. Ефект бінауральних ритмів з'являється тоді, коли звук різних, але близьких частот у стереонавушниках або з динаміків надходить ізольовано в праве й ліве вухо. У такому випадку мозок сприймає різницю частот як різницю фаз між сигналами, надаючи інформацію про спрямованість джерела надходження звуку. Як виявив американський дослідник Роберт Монро на початку 50-х рр. минулого сторіччя, постійна різниця між вхідними сигналами викликає бінауральні биття на частоті, що дорівнює різниці частот, які чують праве й ліве вухо. Це биття можливо відчувати, але частота биття перебуває за межами слухового порогу. Взаємодія сигналів від обох вух напевно відбувається у двох просторах слухового шляху – в superior olivary nucleus та colliculus inferior. Далі інформація надходить у ретикулярну формулю середнього мозку, яка вважається активуючою системою, відповідальною за концентрацію уваги [1]. Таким чином, теоретично бінауральні ритми мають можливість впливати як на активацію мозку, так і на саме нав'язування ритму, тому що мозкова активність відбувається саме в спектрі 1–30 Гц [2]. Не звертаючи уваги на мало досліджені механізми впливу бінауральних ритмів, з 1980 р. Інститутом Монро та їх послідовниками активно патентуються і застосовуються різного роду методики, які реалізують бінауральний вплив на психоемоційний стан людини. Наприклад, у роботі [3] стверджується власне, що бінауральні ритми викликають синхронізацію півкуль головного мозку і покращують пам'ять, навчання, увагу, креативність та інші когнітивні функції. Крім цього, було встановлено, що несучі частоти 131, 147 та 165–169 Гц можуть викликати потужну депресію [4]. Тому в наших дослідженнях ми використовували несучу частоту 200 Гц, щоб уникнути несприятливих результатів впливу частот до 200 Гц [7]. Крім

того, у [4] було виявлено, що бінауральні ритми 7, 14 та 21 Гц на несучих частотах 236–250 Гц упродовж 20 хв по 10 сеансів у перший місяць знаходження матросів у підрозділі можуть впливати на адаптацію до нових умов і на компенсацію активації стресових механізмів. У [5] було знайдено, що вплив бінаурального ритму частотою 3 Гц менш виражений, ніж частотами 18 Гц і "резонансною", яка є близькою до 10 Гц. При цьому сеанси впродовж 20 с не призводили до вагомих змін, а сеанси впродовж 10 хв призводили до зниження активності при прослуховуванні ритму із заплученими очима і значуще покращували характеристики операторської роботи в стані інтенсивного неспання. У наших дослідженнях було показано, що бінауральний ритм 10 Гц призводить до змін активності головного мозку після 15 хв прослуховування [6]. Активність мозку в альфа-діапазоні, яка є близькою до 10 Гц, пов'язують зі станом спокою, релаксацією, проте ще й з дієвим виконанням когнітивних завдань [7]. Так, у роботі [8] було показано покращення когнітивних функцій під впливом бінаурального ритму 10,2 Гц протягом 30 хв. Отже, є **актуальним** вивчення впливу бінаурального ритму 10 Гц на когнітивну діяльність людини.

Зазначимо, що при прийнятті рішення вирішальну роль відіграють швидкісні характеристики процесів переробки інформації людиною. Саме швидкість переробки є однією з головних складових у ситуації вибору з великої кількості альтернативних стимулів. Вважалося, що час реакції вибору закономірно збільшується зі збільшенням кількості альтернативних стимулів. Однак уже в класичних дослідженнях було показано, що тренування або життєва практика сприяють тому, що час реакції при багатальтернативному виборі поступово зменшується, стає майже постійним і перестає залежати

ти від кількості альтернативних ситуацій, які застосовуються в тому або іншому досліді. Установлено також, що після тривалого тренування час такої реакції приблизно дорівнює часу реакції при застосуванні лише двох альтернативних стимулів (часу диз'юнктивної реакції) [9]. На основі цього можна стверджувати, що саме диз'юнктивна реакція є базовою характеристикою реакції вибору. При дослідженні функціонального стану нервової системи як базовий елемент виступають латентні періоди простих сенсомоторних реакцій, оскільки саме їх розглядають як показник збудливості центральної нервової системи [10]. Порівнюючи між собою реакцію вибору та просту сенсомоторну реакцію, слід звернути увагу на принципові відмінності у цих двох реакціях. Так, реакція вибору, на відміну від простої сенсомоторної реакції, потребує не тільки сприйняття сигналу та стереотипної реакції на нього, але і складних процесів ідентифікації сигналу, які завершуються вибором відповідної реакції. Тому **метою даної роботи** було дослідити статево відмінності у впливі бінаурального ритму 10 Гц, який створювався при подачі звуку 200–210 Гц (БР), порівняно з бінауральним звуком 200–200 Гц (БЗ) на просту сенсомоторну реакцію (ПСМР) та реакцію вибору (РВ) і дослідити відповідні відмінності в активності головного мозку.

Об'єкт та методи досліджень. У дослідженні добровільно взяли участь 20 осіб, правші, віком 18–23 роки, студенти першого – четвертого курсів КНУ імені Тараса Шевченка без музичної освіти. За допомогою програми NCH Tone Generation v.3.07 (NCH Software, USA) було згенеровано два тони частотою 210 та 200 Гц, які подавались в одній серії досліджень через навушники відповідно в праве та ліве вухо впродовж 15 хв – бінауральний ритм (БР), а іншим досліджуваним – по 200 Гц в обидва вуха впродовж 15 хв – бінауральний звук (БЗ). В усіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) до початку обстеження (по 3 хв фоновий запис із відкритими та закритими очима) і під час подачі звуків частотою 200 та 210 Гц відповідно в різні вуха. Для реєстрації та аналізу ЕЕГ використовували комплекс "Нейрон-Спектр-4/ВГ" (НейроСофт, Росія). Обстежувані знаходились в звукоізольованому приміщенні, з ними підтримувався аудіо-зв'язок. Запис ЕЕГ здійснювався монополярно, референтний електрод було розташовано на мочці вуха з кожної сторони, частота квантування ЕЕГ дорівнювала 500 Гц. Було використано мостикові посріблені електроди, які накладались за міжнародною системою 10–20 % у 19 стандартних відведеннях. У кожному відведенні для частотних діапазонів ЕЕГ – δ - (0,5-3,9 Гц), θ - (4,0-7,9 Гц), α - (8-12,9 Гц), β_1 - (13,0-19,9 Гц) та β_2 - (20,0-35 Гц) обчислювались середня потужність спектра – $S_{\text{середня}}$, $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2008). Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Шапіро – Вілка. Оскільки всі субтести проходили одні й ті самі обстежувані в різні моменти часу (вибірki були всіх параметрів за критерієм Шапіро – Вілка був відмінний від нормального ($p < 0,05$), для порівняння двох груп було використано критерій Віллкоксона. Для опису вибіркового розподілу ненормально розподілених показників указували медіану (M_e) і нижній (25 %) та верхній (75 %) квартилі: M_e [25 %; 75 %].

При дослідженні функціонального стану нервової системи базовими елементами були значення латентних періодів ПСМР, оскільки саме їх розглядають як показник збудливості центральної нервової системи (ЦНС) [11, 12, 13]. У субтесті ПСМР обстежуваному пред'являлось 100 подразників (перші 15 додавались для адаптації). Завдання обстежуваного: як тільки на

моніторі комп'ютера з'являється прямокутник, треба якомога швидше натиснути будь-яку клавішу. Прямокутники з'являлись після паузи 500 мс. Для того, щоб реакція обстежуваних була не на темп пред'явлення, а на сам подразник, до цієї величини додавалось 10 мс, які були помножені на деяке випадкове число. У [14] субтесті реакції вибору (РВ) обстежуваному пред'являлась серія зі 100 подразників: у випадковому порядку пред'являються квадрат або трикутник, на появу яких треба було реагувати відповідно правою (РВп) або лівою рукою (РВл).

Результати та їх обговорення. *Активність головного мозку чоловіків у субтесті ПСМР при прослуховуванні БЗ та БР 10 Гц.* У чоловіків впливу бінаурального ритму на зміну швидкості ПСМР виявлено не було (БЗ – ПСМР = 270 [262; 285] мс проти БР – ПСМР = 284 [271; 309] мс ($p > 0,05$)). Проте було показано, що при БР була значуще вища активність порівняно із БЗ у δ -діапазоні ЕЕГ. Відомо, що активність нейрональних осциляцій у δ -смузі є інструментом відбору сенсорної інформації та відображає динамічну перебудову нейрональних ансамблів "під задачу" [15]. Крім того, у нейромережах даного діапазону відбувається оцінка правильності виконання завдання [16]. Так, у наших дослідженнях під дією БР порівняно із БЗ у субтесті ПСМР спектральна потужність δ -діапазону була значуще вище в правих скроневої, тім'яній та потиличній зонах (рис. 1). Як відомо, ці зони пов'язані з образною обробкою інформації [15]. Показано [17], що після транскраніальної стимуляції постійним струмом упродовж 10 хв (transcranial direct current stimulation (tDCS)) правої скроневої долі ті обстежувані, які попередньо не могли розв'язати складні когнітивні завдання, ефективно справлялись із ними. Праву тім'яну зону пов'язують з інтермодальними образними асоціаціями та утворенням метафор [18]. Центрально-фронтальна зона, яку пов'язують із передньою поясною звивиною, відповідає за міжпівкульну взаємодію та узгодження конфліктних різнонаправлених процесів у прийнятті рішень [19, 20]. Таким чином, можна говорити, що в чоловіків у субтесті ПСМР БР активував систему креативного та образного мислення при розв'язанні складних і нестандартних задач, тобто відбулась активація системи, яка не була задіяна для розв'язання поставленої задачі. Можливо, саме тому не було виявлено відмінностей у швидкості ПСМР при прослуховуванні БР та БЗ.

Активність у θ -діапазоні ЕЕГ часто пов'язують із "сутінковим станом", оскільки в ньому людина перебуває між сном і неспанням [34]. Тета-стан відкриває доступ до вмісту несвідомої частини розуму, вільним асоціаціям і творчим ідеям. Однак, з іншого боку, θ -діапазон ідеальний для некритичного прийняття зовнішніх установок, оскільки його ритми зменшують дію відповідних захисних психічних механізмів і дають можливість трансформованій інформації проникнути глибоко в підсвідомість, тобто кодувати нову інформацію в епізодичну пам'ять [21, 16]. У наших спостереженнях у θ -діапазоні при прослуховуванні БР була значуще вище активність порівняно з БЗ у правій тім'яній та потиличних зонах. Таким чином, вплив БР проявився в активації асоціативної зони правої півкулі, яка пов'язана з обробкою зорової та слухової образної інформації [22] (рис. 1), тобто БР створив передумови для посилення образного мислення.

Активність α -ритмів пов'язують із процесами засвоєння нової інформації (пам'ять), зовнішньої уваги, когнітивно-емоційного збудження, розумової релаксації. Збільшення потужності α -діапазону ЕЕГ у фронто-скроневої тім'яній зоні правої півкулі свідчить про пригнічення обробки нерелевантної інформації, тобто посилення специфічності обробки образної інформації [21] (рис. 1).

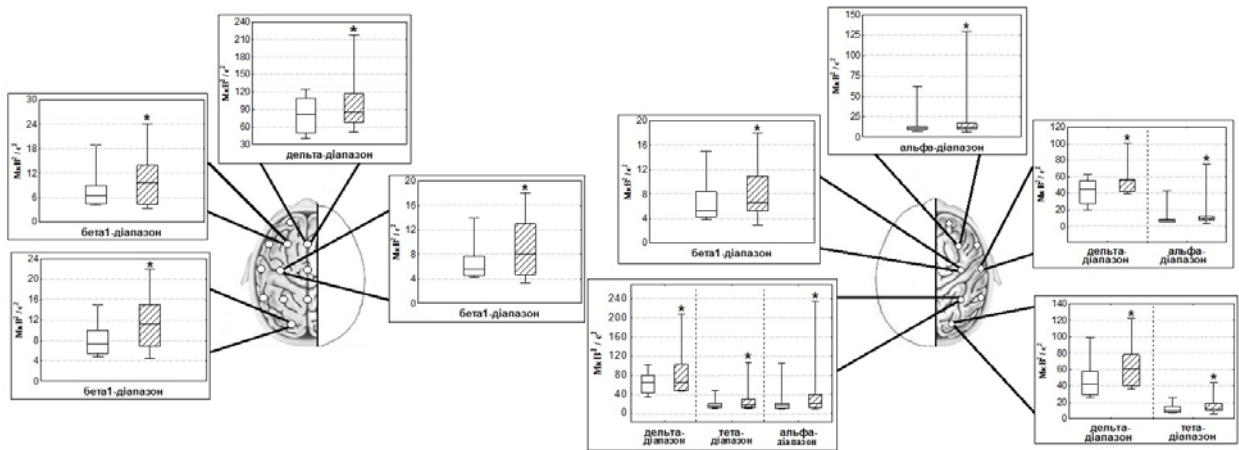


Рис. 1. Значущі зміни спектральної потужності при виконанні субтесту – ПСМР у чоловіків при сприйнятті БЗ 200–200 Гц та БР 200–210 Гц, (n=10, p ≤ 0,05)

Примітка: стовпчики на рисунку показують значення відповідних медіан Spov, мкВ²/с²;

- – бінауральний звук 200–200 Гц;
- ▨ – бінауральний ритм 200–210 Гц

На сьогодні вважається, що активність β1-діапазону обслуговує статус-кво поточного сенсомоторного та когнітивного стану, когнітивного контролю, підвищення уваги в пізнавальних процесах, таких як вирішення проблем і мислення [23]. Крім того, β-активність посилюється в період ераузл-реакції та в стані зосередженості, при розв'язанні складних вербальних завдань [24]. У нашому разі в β1-діапазоні під час виконання ПСМР при прослуховуванні БР активність була вище в лівій фронтальній і потиличній зонах, правій та лівій центральній зонах порівняно із БЗ (рис. 1).

Таким чином, під впливом БР 10 Гц ми виявили активацію зон, пов'язаних із нестандартним мисленням і креативним вирішенням проблем, тобто вплив БР 10 Гц на активність головного мозку чоловіків був подібний до впливу tDCS. Однак завдання полягало у здійсненні ПСМР. За результатами [31, 32] здійснення цілеспрямованої дії правою рукою відбувається в рамках тім'яно-фронтальної нейромережі із залученням премоторної та зорової кори переважно лівої півкулі. Таким чином, БР 10 Гц створив передумови для вирішення креативних завдань, а тестування припускало використання зовсім інших нейромереж, можливо, саме тому ми не

отримали зміни у ефективності здійснення ПСМР. На нашу думку, у подальшому для виявлення впливу БР 10 Гц на ефективність виконання тестів чоловіками доцільним є використання більш складних завдань, у виконанні яких задіяні зони правої півкулі.

Активність головного мозку чоловіків у субтесті РВ при прослуховуванні БЗ та БР 10 Гц. У чоловіків вплив бінаурального ритму 10 Гц на швидкість РВ (БЗ – РВ = 492 [469; 540] мс проти БР – РВ = 492 [479; 613] мс (p>0,05)) також виявлено не було. Крім того, не було виявлено відмінностей і в активності головного мозку чоловіків. Оскільки при виконанні субтесту РВ задіяні обидві руки, то ми припускаємо, що відбулась активація як правої, так і лівої півкуль, що знівелювало вплив БР 10 Гц.

Активність головного мозку жінок у субтесті ПСМР при прослуховуванні БЗ та БР 10 Гц. При проходженні субтесту ПСМР під впливом БР 10 Гц у жінок, навпаки, підвищилась швидкість ПСМР та зменшився її розкид (СІГМА) (рис. 3). Було виявлено, що в δ-діапазоні при тестуванні ПСМР при прослуховуванні БР значуще вище була активність у лівій фронтальній та центрально-фронтальній зонах (посилення уваги [34]) та міжпівкульної взаємодії у фронтальній зоні [33] (рис. 2).

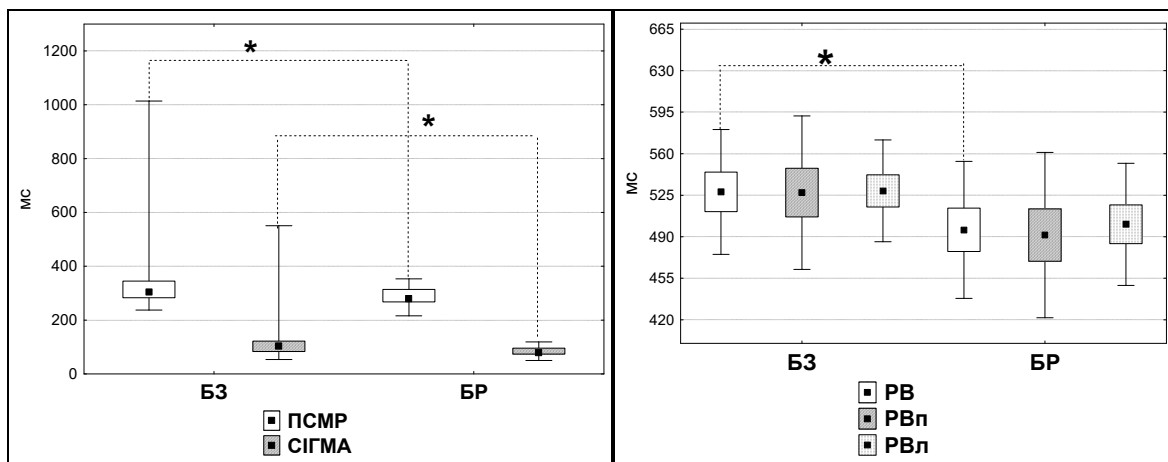


Рис. 2. Значущі зміни простої сенсомоторної реакції та реакції вибору при тестуванні оперативної пам'яті жінок під впливом бінаурального ритму, Me [25 %, 75 %] мс

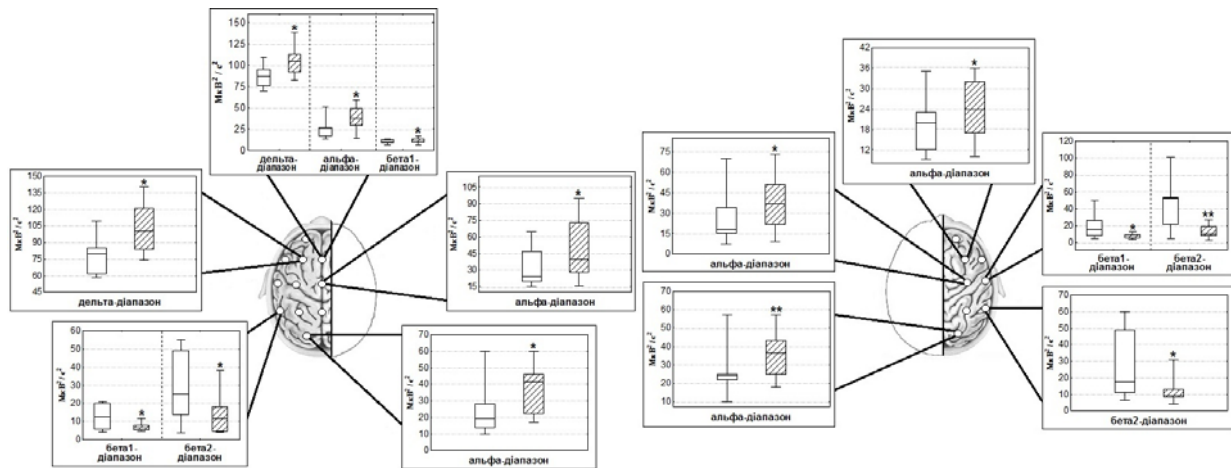


Рис. 3. Значущі зміни спектральної потужності при виконанні субтесту – ПСМР у жінок при сприйнятті БЗ 200–200 Гц та БР 200–210 Гц ($n=10$, $p \leq 0,05$)

Примітка: стовпчики на рисунку показують значення відповідних медіан $S_{\text{пов}}$, $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$

- бінауральний звук 200–200 Гц;
- бінауральний ритм 200–210 Гц

В α -діапазоні ЕЕГ вплив БР 10 Гц проявився в посиленні активності в центральній-фронтальній та центральній зонах, у правій фронтальній та правій центральній зонах, а також у правій та лівій потиличних зонах (рис. 3), що може свідчити про активізацію bottom-up уваги [25] при сприйнятті стимулів і подальшої високоспецифічної обробки зорової інформації в правій півкулі та участі в міжпівкульній взаємодії при формуванні рухової відповіді.

У β_1 -діапазоні під впливом БР 10 Гц виявлено вищу активність у центральній-фронтальній зоні, і нижчу – у правій скроневій зоні та лівій заднь-скроневій (зоні Верніке) порівняно із БЗ (рис. 3).

При цьому в β_2 -діапазоні було виявлено нижчу активність у правій та лівій задніх скроневих та правій скроневій зонах порівняно із БЗ (рис. 3), що свідчило про зниження локальної специфічної обробки інформації, зокрема в зоні Верніке, оскільки в [26] показано зв'язок β_2 -коливань із роботою специфічних нейромереж.

Таким чином, у жінок підвищення міжпівкульної взаємодії, зміщення фокусу активності на фронтально-центральної зону (процеси уваги) та пригнічення невідповідних до поставлених задач структур мозку сприяло підвищенню ефективності виконання завдання.

Активність головного мозку жінок у субтесті РВ при прослуховуванні БЗ та БР 10 Гц. При проходженні субтесту РВ під впливом БР 10 Гц у жінок швидкість РВ була значуще вищою порівняно із БЗ (рис. 2).

У δ -діапазоні у РВ при прослуховуванні БР була вища активність у лівій передньоскроневій, лівій фронтальній та центральній зонах і центральній-тім'яній порівняно із БЗ (рис. 4). Вплив БР 10 Гц у дельта-діапазоні в тесті РВ проявився в активації лівої фронтальної зони – зоні Брока та задньої сингулярної звивини, яка приймає участь у координації рухів для реалізації моторно-рухових планів, які були сформовані у фронтальних ділянках мозку [32]. Зазначимо, що при цьому процес прийняття рішення стосовно моторної відповіді ймовірно супроводжувався внутрішнім проговорюванням [35].

У α -діапазоні у РВ під дією БР 10 Гц активність була значуще вища майже в усій правій півкулі та лівих переднь- та задньоскроневих зонах, центральній і фронтальній зонах лівої півкулі порівняно з БЗ (рис. 4). Активність у тім'яно-фронтальній нейромережі пов'язують із плануванням, прийняттям рішень, прогнозуванням наслідків дій і цілеспрямованою поведінкою [27]. Активність у тім'яній зоні відповідає за здатність розуміти будову цілого через співвіднесення його частин (їх порядок, структуру) і за вміння складати частини в ціле, а також дозволяє освоювати послідовність пов'язаних рухів, необхідних для досягнення певного результату, тобто виконує функцію сприйняття і пам'яті при просторових взаємодіях [31]. Вплив БР 10 Гц проявився не стільки в підвищенні координуючої ролі префронтальної кори, підвищенні top-down нисхідної уваги, яка базується на інформації стосовно смислового контексту стимулів і проявляється у θ -діапазоні, а у підвищенні bottom-up висхідної уваги, яка базується на інформації про сенсорні характеристики стимулів [25] і проявляється в динаміці α -ритмів. Синхронність змін активності у α - та δ -діапазонах також підтверджують, що БР 10 Гц підвищив саме сенсорну селективність. З отриманих результатів можна зробити припущення, що у жінок значуща активізація α -нейромережі мозку призводила до посилення високоспецифічної локальної обробки інформації, у якій були задіяні практично всі ділянки мозку, а координація між ними здійснювалась за рахунок підвищення міжпівкульної взаємодії та активації фонологічної петлі (зона Брока – зона Верніке).

У β_1 -діапазоні при прослуховуванні БР 10 Гц значущо зменшувалась активність у лівій префронтальній зоні (рис. 4), зоні відповідальності за комплексне управління розумовою й моторною активністю відповідно до внутрішніх цілей і планів [28]. Вона грає головну роль у створенні та реалізації складних когнітивних схем і планів дій, прийнятті рішень, контролі та регуляції як внутрішньої діяльності, так і соціальної поведінки і взаємодії [29]. Це підтверджує описані вище результати стосовно зниження ролі фронтальної зони в реалізації РВ у жінок.

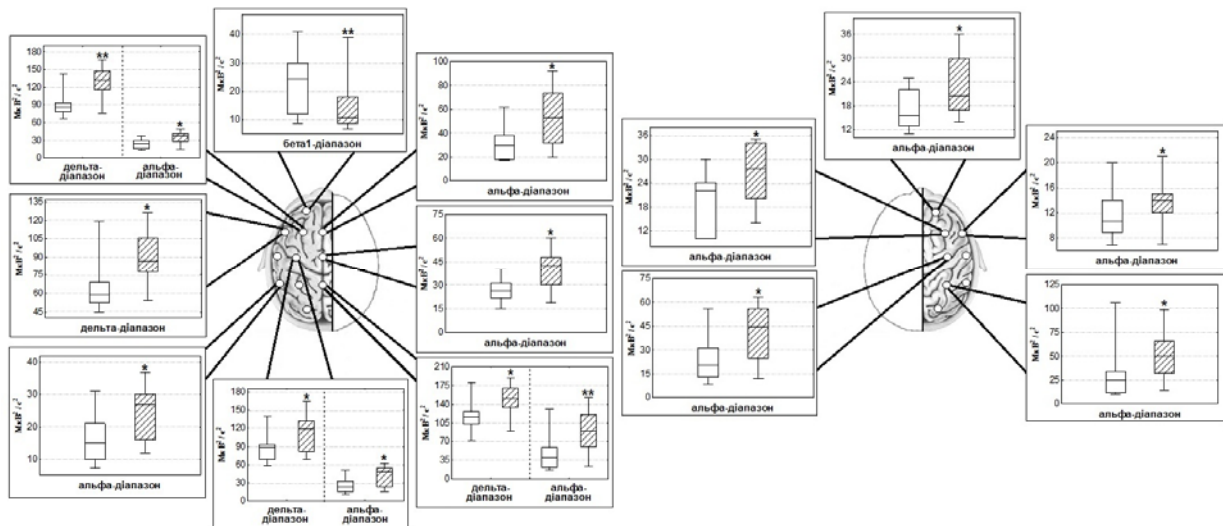


Рис. 4. Значущі зміни спектральної потужності при виконанні субтесту – РВ у жінок при сприйнятті БЗ 200–200 Гц та БР 200–210 Гц (n=10, p ≤ 0,05)

Примітка: стовпчики на рисунку показують значення відповідних медіан Spov, мкВ²/с²

- – бінауральний звук 200–200 Гц;
- ▨ – бінауральний ритм 200–210 Гц

Висновки. У чоловіків під впливом бінаурального ритму 10 Гц порівняно з бінауральним звуком при тестуванні простої сенсомоторної реакції було виявлено посилення активності у фронтально-центральної та потиличних зонах обох півкуль та правих скроневій та тім'яній зонах, що може свідчити про активацію системи образного та креативного мислення, потреба в якій була відсутня під час здійснення простої сенсомоторної реакції. Відмінностей у часі як простої сенсомоторної реакції, так і реакції вибору виявлено не було. При тестуванні реакції вибору також не було виявлено впливу бінаурального ритму 10 Гц на активність головного мозку.

У жінок під впливом бінаурального ритму 10 Гц виявились значуще вищі швидкості як простої сенсомоторної реакції, так і реакції вибору, а також значуще менший розкид латентних періодів простої сенсомоторної реакції. При цьому встановлено посилення міжпівкульної взаємодії, пригнічення нерелевантних (що не мають відношення до поточної когнітивної діяльності) зон та вищу активність процесів висхідної уваги, що в сукупності, на наш погляд, і забезпечувало у жінок високоспецифічну обробку інформації та вищу ефективність виконання завдань.

Список використаних джерел

1. Kasprzak C. Influence of Binaural Beats on EEG Signal / Kasprzak C. // Acta Physica Polonica, A. – 2011. – V. 119, Is.6A. – P. 986–990.
2. Oster G. Auditory Beats in the Brain / Oster G. // Scientific American. – 1973. – V.229. – P. 94-102.
3. Vesely Brain balancing by binaural beat / Vesely, Michael A., Clemens, Nancy // United States Patent 7,769,439; Assignee: Infinite Z, Inc. (Campbell, CA) ; Family ID: 37024269; Appl. No.: 11/292,376. – August 3, 2010.
4. Асташко С. Э. Эффективность бинауральной синхронизации работы полушарий головного мозга в процессе психофизиологического сопровождения профессиональной адаптации корабельных специалистов / С. Э. Асташко, В. Н. Сысоев // Журн. "ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА". – 2008. – № 6. – С. 30–34.
5. Калачев А. А. Динамика успешности операторской деятельности при бинауральном ритмическом воздействии / А. А. Калачев // Естественные и технические науки. – 2011. – № 6. – С. 146–148.
6. Шестак А. Влияние бинаурального ритма на активность головного мозга людини / А. Шестак, Н. Філімонова, І. Зима // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2015. – № 18. – С. 40–43.
7. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W.Klimesch // Brain Research Reviews. – 1999. – Vol.29. – P. 169-195.

8. Cruceanu V.D. Alpha brainwave entrainment as a cognitive performance activator / V. D. Cruceanu, V. S. Rotarescu // Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal. – 2013. – V. XVII, No. 3. – P. 249-261.
9. Леонтьев А. Н. Переработка информации человеком в ситуации выбора / А. Н. Леонтьев, Е. П. Криничик // Инженерная психология / под ред. А. Н. Леонтьева. – М. :Изд-во МГУ, 1964. – С. 295–325.
10. Макаруч М. Ю. Пропорция золотого перетину у здійсненні сенсомоторної реакції та реакції вибору як психофізіологічна характеристика здатності до обробки інформації в цнс людини / М. Ю. Макаруч, Н. Б. Філімонова // Фізика живого. – 2003. – Т. 11. – № 2. – С. 5–13.
11. Макаренко Н. В. Психофизиологические функции человека и операторский труд / Н. В. Макаренко. – К. : Наук. думка, 1991. – С. 216.
12. Небылицын В. Д. Основные свойства нервной системы человека / В. Д. Небылицын. – М. : Просвещение, 1966. – 383 с.
13. Пейсахов Н. М. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н. М. Пейсахов, А. П. Кашин, Р. Г. Вагапов. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1976. – 238 с.
14. Філімонова Н. Б. Комп'ютерна експрес-методика для визначення психофізіологічного стану людини / Н. Б. Філімонова // Матеріали II Міжнар. наук.-метод. конф. "Культура здоров'я як предмет освіти". Херсонський держ. пед. ун-т., 2000 р. – С. 204–209.
15. Schroeder C.E. Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection / C.E. Schroeder, P. Lakatos // Trends in Neurosciences. – 2009. – V.32 (1). –P.9-18.
16. Bernat E.M. Separating cognitive processes with principal components analysis of EEG time-frequency distributions / E.M. Bernat, L.D.Nelson, C.B.Holroyd, W.J.Gehring // Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures, and Implementations. – 2008. – Vol.74. – P.105-106.
17. Chi R.P. Brain stimulation enables the solution of an inherently difficult problem / R.P.Chi, A.W.Snyder // Neuroscience Letters. – 2012. – Vol.515. – P.121– 124.
18. Ramachandran V.S. The tell-tale brain a neuroscientist's quest for what makes us human // W. W. Norton & Company. – 2011.
19. Leech R. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease / R.Leech, D.J.Sharp // Brain. A journal of Neurology. – 2014. – Vol.137. – P.12-32.
20. Kennerley S.W. Decision making and reward in frontal cortex: complementary evidence / S.W. Kennerley, M.E.Walton // American Psychological Association. – 2011. – Vol.125. – No.3 – P.297-317.
21. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W.Klimesch // Brain Research Reviews. – 1999. – Vol.29. – P.169-195.
22. Sauseng P. Control mechanisms in working memory: A possible function of EEG theta oscillations / P.Sauseng, B.Griesmayr, R.Freunberger, W.Klimesch // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2010. – Vol.34. – P.1015-1022.
23. Engel A.K. Beta-band oscillations—signalling the status quo / A.K.Engel1, P.Fries // Current Opinion in Neurobiology. – 2010. – Vol.20. – P.156-165.
24. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O.Jensen, P.Goel, N.Kopell, M.Pohja // NeuroImage. – 2005. – Vol.26. – P.347-355.
25. Зотов М. В. "Нисходящее" и "восходящее" совместное внимание в невербальной коммуникации / М. В. Зотов, Н. Е. Андрианова, А. П. Войт // Рос. журн. когнитивной науки. – 2015. – Т. 2. – № 1. – С. 6–23.

26. Kukleta M. Cognitive network interactions and beta 2 coherence in processing non-target stimuli in visual oddball task / M.Kukleta, M.Brazdil, R.Roman and all. // *Physiol.* – 2009. – Res.58. – P.139-148.
27. Andersen R.A. Intention, action planning, and decision making in parietal-frontal circuits / R.A.Andersen, H.Cui // *Neuron – Cell press.* – 2009. – Vol.63. – P.568-583.
28. Miller E.K. The prefrontal cortex: categories, concepts and cognition / E.K.Miller, D.J.Freedman, J.D.Wallis // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* – 2002. – Vol.357. – P.1123–1136.
29. Yang Y. Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: a meta-analysis / Y.Yang, A.Raine // *Psychiatry Research.* – 2009. – Vol.174. – P.81-88.
30. Weis S. Temporal and cerebellar brain regions that support both declarative memory formation and retrieval / S.Weis, P.Klaver, J.Reul, C.E.Elger // *Cerebral Cortex.* – 2004. – Vol.14. – P.256-267.
31. Abe M. Functional coupling of human prefrontal and premotor areas during cognitive manipulation / M.Abe, T.Hanakawa, Y.Takayama and all. // *The Journal of Neuroscience.* – 2007. – Vol.27. – No.13 – P.3429-3438.
32. Filimon F. Human cortical control of hand movements: parietofrontal networks for reaching, grasping, and pointing / F.Filimon // *Neuroscientist.* – 2010. – Vol.16. – P.388-407.
33. Race E.A. Neural Priming in Human Frontal Cortex: Multiple Forms of Learning Reduce Demands on the Prefrontal Executive System / E.A.Race, S.Shanker, A.D.Wagner // *Journal of Cognitive Neuroscience.* – 2008. – Vol.21. – No.9 – P. 1766-1781.
34. Harmony T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing / T.Harmony // *Frontiers in Integrative Neuroscience.* – 2013. – Vol.7. – Art.83. – P.1-10.
35. Lee Y-S. Categorical speech processing in broca's area: an fMRI study using multivariate pattern-based analysis / Y-S. Lee, P. Turkeltaub, R. Granger // *The Journal of Neuroscience.* – 2012. – Vol.32. – No.11 – P.3942-3948.

References

1. Kasprzak C. Influence of Binaural Beats on EEG Signal // *Acta Physica Polonica A.* – 2011. – V. 119, Is.6A. – P. 986–990.
2. Oster G. Auditory Beats in the Brain // *Scientific American.* – 1973. – V.229. – P. 94-102.
3. Vesely Brain balancing by binaural beat // United States Patent 7,769,439; Assignee: Infinite Z, Inc. (Campbell, CA); Family ID: 37024269; Appl. No.: 11/292,376. – August 3, 2010.
4. Асташко С. Э. Эффективность бинауральной синхронизации работы полушарий головного мозга в процессе психофизиологического сопровождения профессиональной адаптации корабельных специалистов / С. Э. Асташко, В. Н. Сысоев // *Журн. "ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА".* – 2008. – № 6. – С. 30–34.
5. Калачев А. А. Динамика успешности операторской деятельности при бинауральном ритмическом воздействии / А. А. Калачев // *Естественные и технические науки.* – 2011. – № 6. – С. 146–148.
6. Шестаков А. Влияние бинаурального ритма на активность головного мозга людини / А. Шестаков, Н. Філімонова, І. Зима // *Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Проблеми регуляції фізіологічних функцій.* – 2015. – № 18. – С. 40–43.
7. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // *Brain Research Reviews.* – 1999. – Vol.29. – P.169-195.
8. Cruceanu V.D. Alpha brainwave entrainment as a cognitive performance activator // *Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal.* – 2013. – V. XVII, No. 3. – P. 249-261.
9. Леонтьев А. Н. Переработка информации человеком в ситуации выбора / А. Н. Леонтьев, Е. П. Кричак // *Инженерная психология / под ред. А. Н. Леонтьева.* – М.: Изд-во МГУ, 1964. – С. 295–325.
10. Макачук М. Ю. Пропорция золотого перетину у здійсненні сенсомоторної реакції та реакції вибору як психофізіологічна характеристика здатності до обробки інформації в члс людини / М. Ю. Макачук, Н. Б. Філімонова // *Фізика живого.* – 2003. – Т. 11. – № 2. – С. 5–13.
11. Макаренко Н. В. Психофізіологіческие функции человека и операторский труд / Н. В. Макаренко. – К.: *Наук. думка*, 1991. – С. 216.

12. Небылицын В. Д. Основные свойства нервной системы человека / В. Д. Небылицын. – М.: Просвещение, 1966. – 383 с.
13. Пейсахов Н. М. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н. М. Пейсахов, А. П. Кашин, Р. Г. Варанов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. – 238 с.
14. Філімонова Н. Б. Комп'ютерна експрес-методика для визначення психофізіологічного стану людини / Н. Б. Філімонова // *Матеріали II Міжнар. наук.-метод. конф. "Культура здоров'я як предмет освіти". Херсонський держ. пед. ун-т., 2000 р.* – С. 204–209.
15. Schroeder C.E. Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection // *Trends in Neurosciences.* – 2009. – V.32 (1). – P.9-18.
16. Bernat E.M. Separating cognitive processes with principal components analysis of EEG time-frequency distributions // *Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures, and Implementations.* – 2008. – Vol.74. – P.105-1016.
17. Chi R.P. Brain stimulation enables the solution of an inherently difficult problem / R.P.Chi, A.W.Snyder // *Neuroscience Letters.* – 2012. – Vol.515. – P.121–124.
18. Ramachandran V.S. The tell-tale brain a neuroscientist's quest for what makes us human // W. W. Norton & Company. – 2011.
19. Leech R. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease // *Brain. A journal of Neurology.* – 2014. – Vol.137. – P.12-32.
20. Kennerley S.W. Decision making and reward in frontal cortex: complementary evidence // *American Psychological Association.* – 2011. – Vol.125. – No.3 – P.297-317.
21. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // *Brain Research Reviews.* – 1999. – Vol.29. – P.169-195.
22. Sauseng P. Control mechanisms in working memory: A possible function of EEG theta oscillations // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* – 2010. – Vol.34. – P.1015-1022.
23. Engel A.K. Beta-band oscillations—signalling the status quo // *Current Opinion in Neurobiology.* – 2010. – Vol.20. – P.156-165.
24. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling // *NeuroImage.* – 2005. – Vol.26. – P.347-355.
25. Зотов М. В. "Нисходящее" и "восходящее" совместное внимание в невербальной коммуникации / М. В. Зотов, Н. Е. Андрианова, А. П. Войт // *Рос. журн. когнитивной науки.* – 2015. – Т. 2. – № 1. – С. 6–23.
26. Kukleta M. Cognitive network interactions and beta 2 coherence in processing non-target stimuli in visual oddball task // *Physiol.* – 2009. – Res.58. – P.139-148.
27. Andersen R.A. Intention, action planning, and decision making in parietal-frontal circuits // *Neuron – Cell press.* – 2009. – Vol.63. – P.568-583.
28. Miller E.K. The prefrontal cortex: categories, concepts and cognition // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* – 2002. – Vol.357. – P.1123–1136.
29. Yang Y. Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: a meta-analysis // *Psychiatry Research.* – 2009. – Vol.174. – P.81-88.
30. Weis S. Temporal and cerebellar brain regions that support both declarative memory formation and retrieval // *Cerebral Cortex.* – 2004. – Vol.14. – P.256-267.
31. Abe M. Functional coupling of human prefrontal and premotor areas during cognitive manipulation // *The Journal of Neuroscience.* – 2007. – Vol.27. – No.13 – P.3429-3438.
32. Filimon F. Human cortical control of hand movements: parietofrontal networks for reaching, grasping, and pointing // *Neuroscientist.* – 2010. – Vol.16. – P.388-407.
33. Race E.A. Neural Priming in Human Frontal Cortex: Multiple Forms of Learning Reduce Demands on the Prefrontal Executive System // *Journal of Cognitive Neuroscience.* – 2008. – Vol.21. – No.9 – P. 1766-1781.
34. Harmony T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing // *Frontiers in Integrative Neuroscience.* – 2013. – Vol.7. – Art.83. – P.1-10.
35. Lee Y-S. Categorical speech processing in broca's area: an fMRI study using multivariate pattern-based analysis // *The Journal of Neuroscience.* – 2012. – Vol.32. – No.11 – P.3942-3948.

Надійшла до редакції 21.04.17

А. Шестаков, студ., Н. Філімонова, канд. физ.-мат. наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ БИНАУРАЛЬНОГО РИТМА 10 ГЦ НА АКТИВНОСТЬ МОЗГА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОСТОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ И РЕАКЦИИ ВЫБОРА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

В результате обследования 20 человек в возрасте 18–23 лет было обнаружено, что у мужчин под влиянием бинаурального ритма 10 Гц по сравнению с бинауральным звуком при тестировании простой сенсомоторной реакции была отмечена более высокая активность во фронтальной-центральной и затылочных зонах обоих полушарий и правых височной и теменной зонах, что может свидетельствовать про активацию системы образного и креативного мышления, потребность в которой отсутствовала при осуществлении простой сенсомоторной реакции. Различий во времени как простой сенсомоторной реакции, так и реакции выбора не было обнаружено. При тестировании реакции выбора не было обнаружено влияния бинауральных ритмов 10 Гц на активность головного мозга мужчин. У женщин под влиянием бинаурального ритма 10 Гц оказались значимо более высокие скорости как простой сенсомоторной реакции, так и реакции выбора, а также значимо меньший разброс латентных периодов простой сенсомоторной реакции. При этом выше было межполушарное взаимодействие, подавленные нерелевантные зоны и высокая активность процессов восходящего внимания, что обеспечило высокоспецифичную обработку информации и высокую эффективность выполнения задач по сравнению с бинауральным звуком.

Ключевые слова: бинауральный ритм, 200 Гц, 10 Гц, EEG, активность головного мозга, простая сенсомоторная реакция, реакция выбора.

A. Shestak, stud., N. Filimonova, PhD.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

EFFECT OF 10 HZ BINAURAL BEAT BRAIN ACTIVITY AND THE EFFECTIVENESS OF A SIMPLE SENSORIMOTOR REACTION AND THE REACTION OF CHOICE FOR MEN AND WOMEN

As a result of researches of 20 persons, aged 18-23 years, it was found that men under the influence of binaural beats 10 Hz, compared with binaural sound when testing a simple sensorimotor reaction was found greater activity in the frontal, central and occipital areas of both hemispheres and right temporal and parietal areas, which may be indicative about activation system imaginative and creative thinking, the need for which was absent for the implementation of a simple sensorimotor reaction. Differences in time as a simple sensorimotor reaction and choice reaction was observed. When testing, choice reaction was detected influence of binaural beats 10 Hz on the brain activity of men. In women under the influence of binaural beats 10 Hz were significantly higher speeds as a simple sensorimotor reaction and choice reaction and significantly smaller spread of latent periods of simple sensorimotor reaction. This was above the hemispheric interaction suppressed irrelevant zone and the high activity of the ascending process of attention that has provided highly specific data processing and high performance tasks compared with binaural sound.

Key words: binaural beats 200 Hz, 10 Hz, brain activity, sensorimotor reaction, selection reaction.

УДК 574.52

M. Borysenko, Phd stud., D. Lukashov, DSc.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

CHANGE OF ZOOPERIPHYTON COMMUNITIES BY DOWNSTREAM OF KANIV HYDROELECTRIC POWER PLANT IN AUTUMN PERIOD

The results of a study of communities of zooperiphyton from stone embankments of shore protection structures in the downstream of Kaniv hydroelectric in the autumn period has been presented. Inverse relationship between quantitative indexes of zooperiphyton (as density and biomass) its diversity and the distance from the hydroelectric dam was founded.

Key words: periphyton, hydroelectric, downstream.

Cascade of hydropower plants on the Dnieper River has a significant impact on the ecosystem of the river. Although the channel sections in downstream of dams of hydroelectric power plants, transform not so dramatically, compared with sections of reservoirs upstream of hydroelectric power plants, but also undergo significant changes associated with unusual for river ecosystems daily fluctuations in water level and flow velocity and changes in the hydrological and thermal regime of rivers, ice regime and others [1]. River sections of Dnieper reservoirs studied, in particular, on the example of part of Kaniv reservoir within the city of Kyiv [2, 3, 4]. In this case, the impact of hydropower was combined with strong anthropogenic influence of the city. In the present study presented the results related to the river section of Kremenchug reservoir, which is influenced by Kaniv hydroelectric. Influence of the town of Kaniv is much smaller compared to Kyiv. Moreover, much of investigated areas are adjacent to protected areas (Kaniv Nature Reserve). As a marker group to study the effect of hydroelectric on the river ecosystem was chosen zooperiphyton that is a traditional object for hydroecological research because it shows a high sensitivity to a wide range of environmental factors [5]. In addition, the stone

embankments of shore protection constructions give a favorable substrate for communities of periphyton, and create similar biotopical conditions at different distances from the hydroelectric dam. It allows estimate marker settings of these communities (such as density, biomass and diversity). In the autumn there is a decrease in water temperature in the Dnieper River and reduction of water level in the tailrace Kaniv hydroelectric [6, 7]. This leads to a complete draining of some shore protection embankments.

Materials and methods. Periphyton samples were taken in October and November 2016 on the stone embankments of shore protection constructions along the right bank of Dnieper River in the area from the town of Kaniv to the village of Pekari (Kaniv district, Cherkasy region.) (Fig. 1). 7 stations were chosen at different distances below the dam hydroelectric. On the stone embankments of shore protection constructions were selected two points (up and downstream), on the stations №3 and №5 – only one. Station №5 was investigated only in October and only one sample was taken, because of the small length of its embankment, and in the fall, due to lower water levels in Dnieper River the embankment was drained between the launchings of hydroelectric.



Fig. 1. The stations where samples were taken