

УДК: 612.821 612.8:616.8

ВЛИЯНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ЭМОЦИОГЕННЫХ СТИМУЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫЗВАННЫХ ЭЭГ-ПОТЕНЦИАЛОВ

Коваленко А.А., Черный С.В., Павленко В.Б.

Исследовали влияние эмоционально значимых зрительных стимулов на характер корковой вызванной активности человека. Обнаружено достоверное уменьшение латентности ранних компонентов P1 и N1 в ответ на эмоционально негативные стимулы по сравнению с положительными и нейтральными. Выявлены корреляционные связи уровня эмоциональной устойчивости с амплитудно-временными характеристиками поздних компонентов ВП.

Ключевые слова: зрительные вызванные потенциалы, амплитуда компонента, латентный период компонента, эмоциогенные стимулы, уровень эмоциональной стабильности

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время отмечается существенный рост числа исследований, посвящённых нейрофизиологическим основам эмоциональных реакций человека [1 – 4]. В то же время, несмотря на значительное количество работ в этой области, пока не сложилось убедительного и общепринятого представления об основных нейрофизиологических механизмах возникновения и развития эмоций человека.

Особую роль в исследовании мозговых механизмов высших психических функций играют методы оценки электрической активности мозга, в том числе регистрация вызванных потенциалов (ВП) [5 – 7]. По существующим представлениям, в любом ВП отражаются как сенсорные процессы приёма информации (ранние, коротколатентные компоненты ответа), так и процессы переработки, хранения информации и принятия решения о реализации того или иного действия (поздние длинноталентные компоненты ответа) [8].

Многочисленные исследования свидетельствуют о существенном влиянии эмоций на характер корковой вызванной активности [1, 9 – 11]. Однако, несмотря на достаточно большой объем накопленного фактического материала, результаты различных работ неоднозначны, что, по-видимому, обусловлено разнообразием экспериментальных подходов к формированию эмоциональной реакции.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы было выявить изменения корковых вызванных потенциалов человека при воздействии эмоционально значимых зрительных стимулов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с участием 25 испытуемых-правшей (9 мужчин и 16 женщин) в возрасте 18-25 лет. В качестве стимульного материала использовали зрительные сигналы Международной аффективной системы изображений (IAPS, Center for the Study of Emotion and Attention, CSEA-NIMH, 1999), позволяющие контролировать факторы знака эмоции и эмоциональной активации. Известно, что стимулы данной системы вызывают комплекс субъективных, вегетативных и нейрофизиологических эмоциональных реакций, варьирующих в зависимости от знака и активирующего содержания стимула [12 – 13]. Все стимулы были разделены на 3 категории в зависимости от нормативных значений по шкалам знака эмоции и уровню эмоциональной активации (по 30 стимулов на каждую категорию): 1) нейтральные; 2) положительные с высоким эмоциональным содержанием; 3) отрицательные с высоким эмоциональным содержанием¹.

Стимулы предъявляли в случайном порядке. Время предъявления стимула составляло 1000 мс, межстимульный период – от 3 до 4 с. Во время предъявления стимулов испытуемый располагался сидя на расстоянии 80 см перед экраном монитора. Для минимизации мышечных артефактов испытуемому давали инструкцию сидеть расслабленно и не совершать мышечных движений. С целью уменьшения движений глаз, а также для подавления мощности альфа-ритма, который может частично синхронизироваться с формой волны ВП, затрудняя его выделение, испытуемого просили фиксировать взгляд в центре монитора, где постоянно горел красный светодиод.

Для оценки личностных свойств испытуемых использовали 16-факторный личностный опросник Кеттелла [14], который позволяет выделить факторы, характеризующие устойчивые особенности личности и её поведения в социуме. В зависимости от величины значения фактора С (фактор эмоциональной стабильности) все испытуемые были разделены на две группы. Испытуемые, имеющие значения фактора С ниже среднего в данной выборке, были обозначены как эмоционально-лабильные (11 человек), испытуемые, имеющие значения фактора С выше среднего были обозначены как эмоционально-стабильные (14 человек).

Зрительные вызванные потенциалы (ВП) регистрировали монополярно в лобных (F3/4), центральных (C3/4), теменных (P3/4), затылочных (O1/2), передне- (F7/8), средне- (T3/4) и нижневисочных (T5/6) областях коры по схеме «10-20» с объединённым ушным электродом в качестве референтного. Переднелобные отведения (Fp1/Fp2) исключали из анализа в связи с регистрацией в них значительного количества артефактов. Запись электроэнцефалограммы проводили с помощью электроэнцефалографа «Нейрон-спектр 4» (Россия). Частота

¹Использованные стимулы: нейтральные: 2102, 2190, 2200, 2514, 2880, 5390, 7000, 7002, 7004, 7006, 7009, 7010, 7020, 7030, 7031, 7035, 7040, 7090, 7100, 7130, 7150, 7175, 7211, 7217, 7233, 7705; отрицательные: 1300, 2053, 2730, 2800, 2811, 3000, 3010, 3016, 3022, 3100, 3101, 3120, 3130, 3170, 3225, 3250, 3400, 3550, 6350, 9042, 9253, 9265, 9320, 9405, 9410, 9433, 9561, 9570, 9582, 9600; положительные 1440, 1441, 1460, 1463, 1722, 1920, 1999, 2040, 2070, 2311, 4599, 4611, 4626, 4641, 4658, 5621, 5623, 5629, 5660, 5831, 5833, 5890, 5910, 7230, 7325, 7508, 8030, 8180, 8190, 8490.

дискретизации составляла 1000 Гц, постоянная времени – 0,32 с, фильтр верхних частот – 35 Гц. Для регистрации и обработки данных использовали программу ERP (программист Арбатов В.В.).

Под визуальным контролем из записи отбирали безартефактные ВП, которые в дальнейшем программно сортировали и усредняли в зависимости от типа стимула. Полученные таким образом для каждого отдельного отведения ВП затем дополнительно усреднялись пространственно для всех электродов с целью достижения лучшего соотношения сигнал/ шум.

В индивидуальных усреднённых ВП измеряли латентность пика последовательных компонентов ВП (P1, N1, P2, N2 и P3) как время от начала стимула до момента достижения максимума волны, в этот же момент измеряли и амплитуду волны.

Статистический анализ данных проводили с применением критерия Вилкоксона и критерия ранговой корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении усреднённых ВП, зарегистрированных в ответ на эмоционально положительные и эмоционально отрицательные стимулы, обнаружены статистически достоверные различия величины латентного периода (ЛП) компонента P1. Латентность данного компонента при восприятии эмоционально отрицательных изображений оказалась достоверно короче, чем при восприятии эмоционально положительных сигналов (рис.1, А).

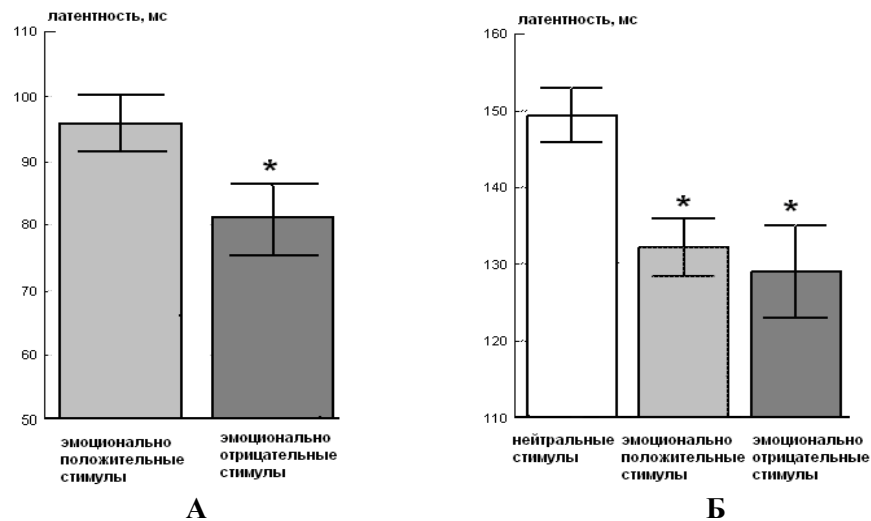


Рис. 1. Величины латентного периода (мс) ранних компонентов ВП в ответ на эмоциогенные стимулы. А – латентные периоды компонента P1 в ответ на стимулы различной валентности. Б – латентные периоды компонента N1 в ответ на стимулы положительной и отрицательной валентности, по сравнению с нейтральными.

Примечание: * - различия достоверны при $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона.

Анализ различий ВП на аффективные стимулы (положительные и отрицательные) по сравнению с нейтральными стимулами выявил достоверное уменьшение ЛП волны N1 в ответ на эмоциогенную стимуляцию, причём на негативные стимулы этот эффект был выражен сильнее (рис 1, Б).

Зарегистрированные нами различия латентности ранних (80-150 мс) компонентов ВП на эмоциогенные и нейтральные стимулы свидетельствуют о том, что выделение эмоционально-значимых сигналов из нейтрального контекста и различение положительного/отрицательного аффекта начинается уже на ранних этапах предъявления стимула.

Имеется большое количество данных об изменениях поздних компонентов ВП при восприятии эмоциогенных сигналов, сведения же о влиянии эмоциональной окраски стимулов на ранние этапы обработки информации достаточно скудны и касаются главным образом амплитудных характеристик компонентов ВП, тогда как латентные периоды компонентов, согласно данным литературы, изменяются незначительно [4]. Так, рядом исследователей показано, что амплитуда потенциала P1 зависит от валентности предъявляемого изображения и увеличивается в ответ на негативные стимулы в сравнении с позитивными и нейтральными [15 – 18]. Этот эффект наблюдался в затылочных [15 – 17], а также височных областях коры [17]. Отмечено увеличение амплитуды позднего P1 (160 мс) на негативные стимулы в лобных областях [19]. Сходные данные получены и в отношении потенциала N1, амплитуда которого была большей при восприятии эмоциогенных стимулов, независимо от знака, в затылочно-височных областях коры [20 – 21]. По мнению исследователей, увеличение амплитуды ранних компонентов ВП на негативные стимулы свидетельствует о том, что мозговая система обработки информации более чувствительна к негативным стимулам, они первыми привлекают избирательное внимание и сильнее активируют соответствующие зоны коры [3, 22]. Обнаруженное в нашем исследовании укорочение ЛП ранних компонентов N1 и P1 на негативные стимулы по сравнению с позитивными и нейтральными может говорить о более быстрой корковой обработке отрицательной эмоциональной информации и, таким образом, свидетельствовать в пользу данной гипотезы.

Обращает на себя внимание тот факт, что при анализе всей исследуемой выборки не было обнаружено влияния эмоциогенности сигнала на более поздние компоненты ВП. Тем не менее, имеющиеся литературные данные однозначно свидетельствуют о влиянии эмоционального содержания стимулов на амплитуду поздних компонентов ВП (250-800 мс). Так, имеются данные, указывающие на увеличение амплитуды волны P2 и уменьшение её латентного периода в ответ на негативные стимулы [23 – 24], а также отмечается увеличение амплитуды компонента P2 при восприятии как позитивных, так и негативных стимулов [15]. Многими авторами отмечается увеличение амплитуды потенциала P3 при восприятии эмоциогенных сигналов по сравнению с нейтральными [9, 11, 25 – 26].

Вместе с тем, неоднократно показана зависимость амплитудно-временных параметров компонентов вызванных потенциалов, преимущественно поздних, от индивидуально-психологических различий и психодинамических особенностей личности [27 – 28]. Можно предположить, что наличие личностно обусловленных

особенностей эмоционального реагирования выразилось в отсутствии достоверных различий в среднем по группе.

Чтобы выяснить, существует ли связь между личностным профилем эмоционального реагирования и характером вызванной корковой активности, мы разделили всех испытуемых на эмоционально-лабильных и эмоционально-стабильных в зависимости от величины значения фактора С, характеризующего эмоциональную стабильность личности, многофакторного опросника Кеттелла и провели корреляционный анализ (по Спирмену) связи значений данного фактора с амплитудно-временными характеристиками ВП на стимулы трёх категорий: нейтральные, эмоционально положительные и эмоционально отрицательные.

Корреляционный анализ выявил положительную связь ($r = 0,8$, $p = 0,03$) уровня эмоциональной стабильности (С) с величиной ЛП компонента Р2 на нейтральные стимулы у эмоционально-лабильных испытуемых, т.е. чем ниже у испытуемого уровень эмоциональной стабильности, тем быстрее возникает данный компонент (рис 2, А). Также у эмоционально-лабильных испытуемых величина фактора С была достоверно и положительно ($r = 0,8$, $p = 0,04$) связана с амплитудой компонента Р3 в ответ на негативные стимулы (рис 2, Б), т.е. чем ниже у испытуемого уровень эмоциональной стабильности, тем меньше у него амплитуда Р3.

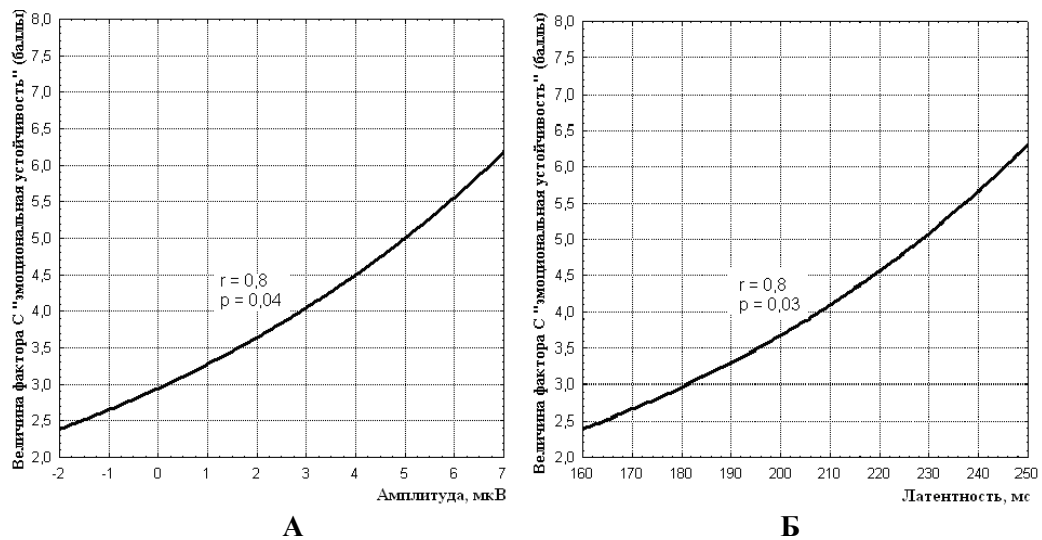


Рис. 2. График регрессии показателей фактора С «эмоциональная устойчивость» и характеристик компонентов ВП в группе эмоционально-лабильных испытуемых.

А – связь показателей фактора С и амплитуды компонента Р3 в ответ на негативные стимулы. Б – связь показателей фактора С и латентности компонента Р2 в ответ на нейтральные стимулы. Линия тренда отражает экспоненциальную зависимость между исследуемыми характеристиками.

В группе эмоционально-стабильных испытуемых уровень эмоциональной устойчивости отрицательно ($r = -0,7$, $p = 0,03$) коррелировал с амплитудой компонента Р2 в ответ на эмоционально положительные стимулы, т.е. увеличение

позитивного отклонения компонента P2 характеризует меньший уровень эмоциональной устойчивости (рис. 3).

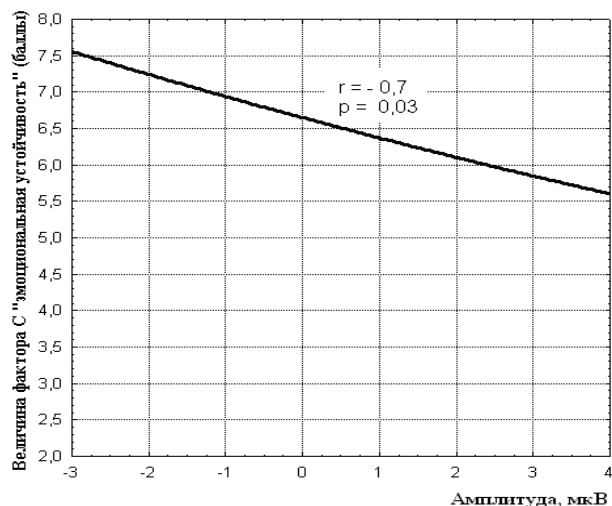


Рис. 3. График регрессии показателей фактора С «эмоциональная устойчивость» и амплитуды компонента P2 в ответ на эмоционально положительные стимулы в группе эмоционально-стабильных испытуемых.

По Кеттеллу, эмоционально-лабильные личности, имеющие низкие оценки по фактору С, характеризуются эмоциональной нестабильностью, неспособностью контролировать свои эмоциональные импульсы, более высоким уровнем тревожности. По-видимому, более короткий ЛП компонента P2, характеризующего уровень внимания [29] и являющегося индикатором степени различения и классификации стимулов [30], у эмоционально-лабильных испытуемых свидетельствует о более быстрой обработке ими новых стимулов, обладающих потенциальной угрозой, в том числе не имеющих эмоциональной значимости.

Обнаруженное нами у эмоционально-лабильных испытуемых снижение амплитуды P3 на негативные стимулы на первый взгляд не согласуется с литературными данными, свидетельствующими об увеличении амплитуды P3 под влиянием эмоциогенной стимуляции. В то же время есть сведения о том, что у тревожных испытуемых зарегистрирована достоверно более низкая амплитуда P3 по сравнению с нетревожными [31]. А поскольку эмоционально-лабильные личности отличаются бóльшим уровнем тревожности, то более низкая амплитуда компонента P3 у них может свидетельствовать о сниженной реактивности коры при восприятии эмоционально отрицательных стимулов.

В отличие от эмоционально-лабильных, эмоционально-устойчивые личности характеризуются высокой эмоциональной устойчивостью, самоконтролем, вплоть до эмоциональной ригидности. Поэтому наличие отрицательной связи амплитуды компонента P2 и показателей по фактору С в этой группе испытуемых кажется вполне закономерным и может свидетельствовать о низкой эмоциональной

значимости положительных эмоциогенных стимулов для эмоционально-устойчивых личностей.

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа амплитудно-временных характеристик усреднённых вызванных потенциалов при предъявлении нейтральных и эмоциогенных зрительных стимулов установлено, что компоненты P1 и N1 в ответ на отрицательные стимулы возникают с меньшей латентностью по сравнению с положительными и нейтральными, что может свидетельствовать о более быстрой корковой обработке отрицательной эмоциональной информации.
2. У эмоционально-стабильных испытуемых уровень эмоциональной устойчивости отрицательно коррелировал с амплитудой компонента P2 в ответ на эмоционально положительные стимулы.
3. У эмоционально-лабильных испытуемых уровень эмоциональной устойчивости был положительно связан с латентностью компонента P2 на нейтральные стимулы и амплитудой компонента P3 на негативные стимулы.

Список литературы

1. Pastor M. Affective picture perception: emotion, context, and the late positive potential / M. Pastor, M. Bradley, A. Löw [et al.] // *Brain Res.* – 2008. – V. 1189. – P. 145-151.
2. Schupp H.T. Attention and emotion: an ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing / H.T. Schupp, M. Junghofer, A.I. Weike [et al.] // *Neuroreport.* – 2003. – V. 14, № 8. – P. 1107-1110.
3. LeDoux J.E. Emotion circuits in the brain / J.E. LeDoux // *Annual Review of Neuroscience.* – 2000. – V. 23. – P. 155-184.
4. Olofsson J.K. Affective picture processing: an integrative review of ERP findings / J.K. Olofsson, S. Nordin, H. Sequeira [et al.] // *Biological Psychology.* – 2008. – V. 77, № 3. – P. 247-265
5. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / В.В. Гнездицкий – М: МЕДпресс-информ, 2003. – 264 с.
6. Шагас Ч. Вызванные потенциалы в норме и патологии / Ч. Шагас [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1975. – 314 с.
7. Polich J. Cognitive brain potentials / J. Polich // *Current directions in Psychological Science.* – 1993. – V. 2, №6. – P. 175-179.
8. Иваницкий А.М. Рефлексы головного мозга человека: от стимула к опознанию и от решения к действию / А.М. Иваницкий // *ЖВНД.* – 1990. – Т.40, №5. – С. 835.
9. Keil A. Large-scale neural correlates of affective picture processing / A. Keil, M. Bradley, O. Hauk [et al.] // *Psychophysiology.* – 2002. – V. 39, №5. – P. 641-649.
10. Codispoti M. Implicit and explicit categorization of natural scenes / M. Codispoti, V. Ferrari, A. De Cesare [et al.] // *Progress in Brain Research.* – 2006. – V. 156. – P. 53-65.
11. Amrhein C. Modulation of event-related brain potentials during affective picture processing: a complement to startle reflex and skin conductance response? / C. Amrhein, A. Mühlberger, P. Pauli // *International Journal of Psychophysiology.* – 2004. – V. 54, №3. – P. 231-240.
12. Lang P.J. Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions / P.J. Lang, M.K. Greenwald, M.M. Bradley [et al.] // *Psychophysiology* – 1993. – V. 30, №3. – P. 261-273.
13. Bradley M.M. Activation of the visual cortex in motivated attention / M.M. Bradley, D. Sabatinelli, P.J. Lang // *Behavioral Neuroscience.* – 2003. – V. 117, № 2. – P. 369-380.
14. Елисеев О.П. Практикум по психологии личности / Елисеев О.П. – С.-Пб.: Питер, 2000. – 560 с.
15. Carretie L. Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates / L. Carretie, J.A. Hinojosa, M. Martin-Loeches [et al.] // *Human Brain Mapping.* – 2004. – V. 22, № 4. – P. 290-299.

16. Carretie L. Valence-related vigilance biases in anxiety studied through event-related potentials / L. Carretie, F. Mercado, J.A. Hinojosa [et al.] // *Journal of Affective Disorders*. – 2004. – V. 78, № 2. – P. 119-130.
17. Delplanque S. Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans / S. Delplanque, M.E. Lavoie, P. Hoi [et al.] // *Neuroscience Letters*. – 2004. – V. 356, № 1. – P. 1-4.
18. Smith N.K. May I have your attention, please: electrocortical responses to positive and negative stimuli / N.K. Smith, J.T. Cacioppo, J.T. Larsen [et al.] // *Neuropsychologia*. – 2003. – V. 41, № 2. – P. 171-183.
19. Carretie L. Neural response to sustained affective visual stimulation using an indirect task / L. Carretie, J.A. Hinojosa, J. Albert [et al.] // *Experimental Brain Research*. – 2006. – V. 174, № 4. – P. 630-637.
20. Keil A. Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials / A. Keil, M.M. Müller, T. Gruber [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2001. – V. 112, № 11. – P. 2057-2068.
21. Schupp H.T. Attention and emotion: an ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing / H.T. Schupp, M. Junghofer, A.I. Weike [et al.] // *Neuroreport*. – 2003. – V. 14, № 8. – P. 1107-1110.
22. Morris J.S. Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala / J.S. Morris, A. Ohman, R.J. Dolan // *Nature*. – 1998. – V. 393, № 6684. – P. 467-470.
23. Carretie L. Emotion and attention interaction studied through event-related potentials / L. Carretie, M. Martin-Loeches, J.A. Hinojosa [et al.] // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2001. – V. 13, № 8. – P. 1109-1128.
24. Carretie L. Emotion, attention, and the 'negativity bias', studied through event-related potentials / L. Carretie, F. Mercado, M. Tapia [et al.] // *International Journal of Psychophysiology*. – 2001. – V. 41, № 1. – P. 75-85.
25. Delplanque S. Event-related P3a and P3b in response to unpredictable emotional stimuli / S. Delplanque, L. Silvert, P. Hot [et al.] // *Biological Psychology*. – 2005. – V. 68, № 2. – P. 107-120.
26. Polich J. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b / J. Polich // *Clinical Neurophysiology*. – 2007. – V. 118, № 10. – P. 2128-2148.
27. De Pascalis V. Personality effects on attentional shifts to emotional charged cues: ERP, behavioral and HR data / V. De Pascalis, O. Speranza // *Personality and Individual Differences*. – 2000. – №29. – P. 217-238.
28. Gurrera R.J. The P3 auditory event-related brain potential indexes major personality traits / R.J. Gurrera, B.F. O'Donnell, P.G. Nestor [et al.] // *Biological Psychiatry*. – 2001. – V. 49, № 11. – P. 922-929.
29. Novak G. Mismatch detection and the latency of temporal judgments / G. Novak, W. Ritter, I. Vaughan // *Psychophysiology*. – 1992. – V. 29, № 4. – P. 398-411.
30. Garcia-Larrea L. Revisiting the oddball paradigm. Non-target vs. neutral stimuli and the evaluation of ERP attentional effects / L. Garcia-Larrea, A. Lukaszewicz, F. Mauguiere // *Neuropsychologia*. – 1992. – V. 30, № 8. – P. 723-741.
31. Гордеев С.А. Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека / С.А. Гордеев // *Физиология человека*. – 2007. – Т. 33, № 4. – С.11-17

Коваленко Г.О., Чорний С.В., Павленко В.Б. Вплив візуальних емоціогенних стимулів на характеристики викликаних ЕЕГ-потенціалів // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С. 58-66.

Вивчали вплив емоційно значимих візуальних стимулів на характер коркової викликаной активності людини. Виявили достовірне зменшення латентності ранніх компонентів P1 та N1 у відповідь на емоційно негативні стимули порівняно з позитивними та нейтральними. Знайдено кореляційні зв'язки рівня емоційної стабільності з амплітудно-часовими характеристиками пізніх компонентів ВП.

Ключові слова: зорові викликані потенціали, амплітуда компоненту, латентний період компоненту, емоціогенні стимули, рівень емоційної стабільності.

Kovalenko A.A., Chernyj S.V., Pavlenko V.B. The effects of visual affective stimuli on characteristics of evoked EEG-potentials // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 2. – P.58-66.

Influence of affective visual stimuli on the nature of cortical evoked activity was investigated. Reliable decrease of earlier P1 and N1 components latencies under emotionally aversive stimuli as compared with emotionally positive and neutral stimuli was revealed. Correlation relations of emotional stability level with amplitude-temporal characteristics of later components were found.

Keywords: visual evoked potentials, component amplitude, component latency, affective stimuli, emotional stability level.

Поступила в редакцию 14.05.2009 г.