

УДК 612.87:612.43:612.821

**ЭТОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ЭФФЕКТЫ ХЕМОКОММУНИКАЦИИ ЛЮДЕЙ,  
ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЭНДОКРИННЫМ И  
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ СТАТУСОМ**

Н.А. Литвинова, О.В. Булатова, В.В. Трасковский

Кемеровский государственный университет  
E-mail: [olgakemsu@mail.ru](mailto:olgakemsu@mail.ru)

**Литвинова Надежда Алексеевна**, д-р биол. наук, профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.  
E-mail: [litvinca@kemsu.ru](mailto:litvinca@kemsu.ru)  
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

**Булатова Ольга Владимировна**, канд. биол. наук, доцент кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.  
E-mail: [olgakemsu@mail.ru](mailto:olgakemsu@mail.ru)  
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

**Трасковский Вячеслав Владимирович**, аспирант кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.  
E-mail: [traskovskiy@mail.ru](mailto:traskovskiy@mail.ru)  
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

Изучена электрическая активность головного мозга у 17 девушек в ответ на предъявление запаховых стимулов в зависимости от фазы овариально-менструального цикла и полового опыта реципиентов. Регистрация электроэнцефалограммы проводилась по системе 10–20 в 16 стандартных отведениях и электроокулограммы с частотой дискретизации 1000 Гц в частотном диапазоне от 0,5 до 70 Гц с помощью электроэнцефалографа-анализатора Neurovisor 40 U. Расчет спектральной мощности осуществлялся при помощи программы Неокортекс-Про. Статистическая обработка при помощи пакета прикладных программ Statistica 6.0. Выявлено, что у активно ведущих половую жизнь девушек (третья группа) наблюдалась самая высокая абсолютная спектральная мощность электроэнцефалограммы во всех локализациях и отсутствие асимметрии. Девушки с нечастой половой жизнью (вторая группа) отличались самой низкой суммарной спектральной мощностью электроэнцефалограммы во всех отведениях и наличием асимметрии (преобладание правого полушария) в рецептивной фазе, тогда как у девушек, не имеющих полового опыта (первая группа), подобная асимметрия наблюдалась в лютеиновой фазе. В ответ на предъявление запаховых стимулов (водного раствора спирта и водно-спиртового раствора андростендиенона) выявлено снижение усредненной спектральной мощности ЭЭГ-ритмов на первые три более низких концентрации, начиная с четвертой – увеличение. Подобная реакция в основном характерна для девушек первой и третьей группы.

**Ключевые слова:** ЭЭГ-реакции, обоняние, запахи, менструальный цикл, половой опыт.

**Введение**

Несмотря на доминирование у человека зрительных и слуховых форм общения и кажущееся полное вытеснение обонятельных сигналов, последние продолжают оказывать определенное влияние на физиологическое состояние и поведение людей, являясь компонентами системы невербальной коммуникации [1].

В настоящее время установлено, что специализированные сигнальные молекулы, выделенные из состава мочи, выделений сальных и потовых желез, вызывают разнообразные физиологические реакции, влияющие на поведение человека [2–6]. В то же время на восприятие запахов влияет психологическое и физиологическое состояние реципиентов запаха [7].

Обмен хемосигналами между потенциальными партнерами играет важную роль не только в активации половой функции, но и сигнализирует о возможных инфекционных рисках, связанным с размножением.

Одним из сигнальных факторов, который модулирует поведение человека, являются феромоны. Люди, хотя и менее чувствительны к запахам, не выпадают из общего списка видов, использующих хемосигналы в социальном взаимодействии [8].

В настоящее время появились работы по изучению изменения электрической активности головного мозга в ответ на предъявление различных запахов [9–10]. Однако работ, посвященных изучению влияния на ЭЭГ человека половых феромонов, недостаточно, и они носят противоречивый характер.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение электрической активности головного мозга девушек при предъявлении запаховых стимулов в зависимости от фазы овариально-менструального цикла и полового опыта реципиентов.

### Материал и методы

В исследовании приняли участие 17 девушек-реципиентов в возрасте 18–20 лет. Исследование проводилось в рамках медицинских и этических норм. Все испытуемые были ознакомлены с условиями исследования и дали добровольное согласие на участие.

Исследование состояло из двух этапов.

На первом этапе девушки заполняли анкету и вели календари овариально-менструального цикла. На основании анкет испытуемые были поделены на три группы по «половому опыту» (I группа – не имеющие полового опыта; II группа – живущие половой жизнью не чаще 1 раза в неделю; III группа – более 1 раза в неделю). По индивидуальным календарям подбирался день начала ольфакторного тестирования – один из пяти дней середины менструального цикла, овуляторная фаза, которая является рецептивной фазой для имплантации оплодотворенной яйцеклетки (рецептивная).

На втором этапе дважды (сначала в рецептивную фазу овариально-менструального цикла и через неделю) проводилось ольфакторное тестирование запаховых стимулов: вода, водно-спиртовой раствор мужского феромона (андростендиена) в пяти концентрациях, каждая из которых отличалась в два раза – самая высокая 0,0035 %, и раствор этилового спирта в таких же концентрациях, что и в растворах феромона.

Перед ольфакторным тестированием записывали фоновую ЭЭГ с закрытыми глазами в течение двух минут. При регистрации электроэнцефалограммы запахи испытуемым предъявлялись с закрытыми глазами в следующем порядке: вода, водный раствор этилового спирта, водно-спиртовой раствор феромона, начиная с самой низкой концентрации, – пять циклов подряд. Запах предъявлялся по 10 секунд с 30-секундным интервалом покоя, между циклами – 1 минута. Пенициллиновый флакон с водой использовался как контрольный запах для всех, чтобы нивелировать сенсорную реакцию, связанную с предъявлением запахов испытуемым. Фоновую электрическую активность головного мозга использовали для оценки психофизиологического статуса.

ЭЭГ регистрировали с 16 стандартных отведений левого и правого полушария: симметричных префронтальных –  $F_{p1}$  и  $F_{p2}$ ; лобных –  $F_3$  и  $F_4$ ; центральных –  $C_3$  и  $C_4$ ; теменных –  $P_3$  и  $P_4$ ; затылочных –  $O_1$  и  $O_2$ ; височных –  $F_7$ ,  $F_8$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ , по международной системе Г. Джаспера «10–20 %» при помощи 40-канального энцефалографа Neurovisor 40U. Заземляющий электрод накладывается в область Fz, а референтные ипсилатерально – на мочки ушей.

Аналого-цифровое преобразование сигнала проводили с частотой дискретизации 1000 Гц в полосе частот от 0,5 до 70 Гц. Расчет параметров спектра мощности биопотенциалов ЭЭГ выполняли при помощи программы «Нейрокортекс-Про». Для анализа выбирали 2-секундные безартефактные эпохи, взятые во время предъявления запаховых стимулов. Для каждого отведения методом быстрого преобразования Фурье были получены значения спектральной мощности ЭЭГ (площадь под кривой) в девяти частотных диапазонах: дельта (0,5–3,0 Гц), тета-1 (3–6 Гц), тета-2 (6–8 Гц), альфа-1 (8–10 Гц), альфа-2 (10–13 Гц), бета-1 (13–20 Гц), бета-2 (20–30 Гц), гамма-1 (30–50 Гц) и гамма-2 (50–70 Гц).

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа ANOVA с коррекцией статистической значимости эффектов взаимодействия факторов по

методу Гринхауза – Гейссера. Для нормализации данных проводили логарифмирование мощности биопотенциалов.

Дисперсионный анализ ANOVA значений мощности проводили с учетом факторов: STIM (3: вода, этанол, феромон), C (концентрация: 0,000219, 0,000436, 0,000875, 0,00175, 0,0035 %), Фаза (2: нерецептивная и рецептивная), SE (3: I, II, III группа), band (9: дельта, тета-1, тета-2, альфа-1, альфа-2, бета-1, бета-2, гамма-1 и гамма-2), LOC (8: область  $F_{p1-2}$ ,  $F_{3-4}$ ,  $C_{3-4}$ ,  $P_{3-4}$ ,  $O_{1-2}$ ,  $T_{3-4}$ ,  $T_{5-6}$ ), НЕМ (2: полушарие левое, правое).

### Результаты и обсуждение

Дисперсионный анализ ANOVA с использованием средних значений мощности фоновой ЭЭГ по каждому отведению либо парам отведений выявил достоверный эффект взаимодействия группы факторов Фаза\*LOC ( $F_{7,882} = 6,88$ ;  $p < 0,00001$ ), LOC\*SE ( $F_{14,882} = 2,17$ ;  $p < 0,007$ ), Фаза\*LOC\*SE ( $F_{14,882} = 2,12$ ;  $p < 0,009$ ) и Фаза\*LOC\*НЕМ\*SE ( $F_{14,882} = 3,42$ ;  $p < 0,0001$ ).

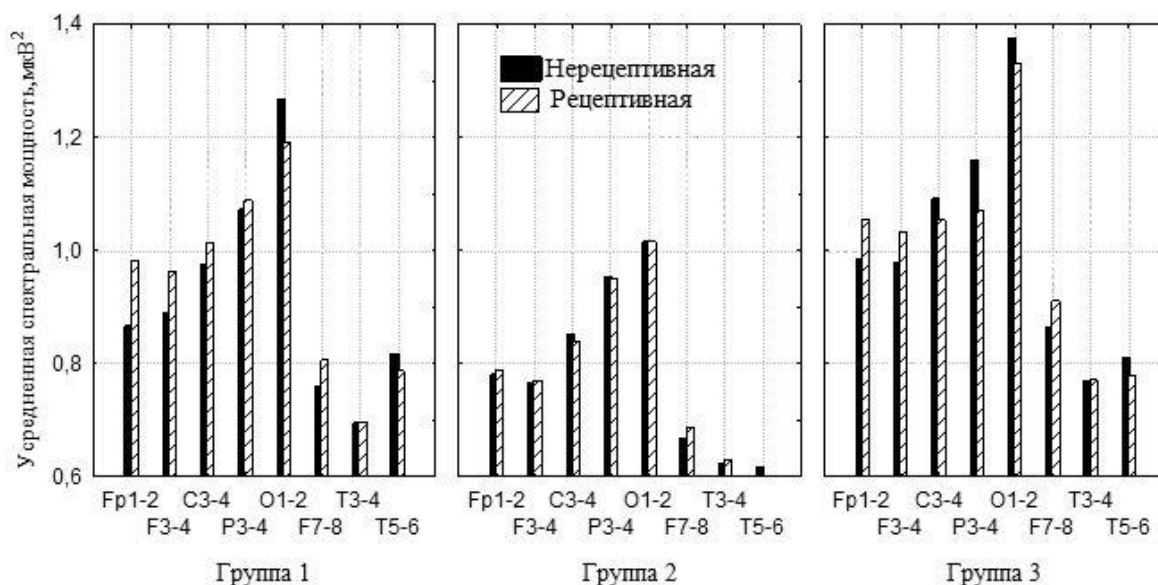
У всех девушек в рецептивную фазу цикла спектральная мощность выше в префронтальной, фронтальной и передневисочной области, а в нерецептивную фазу – в теменной, затылочной и задневисочной области. Наибольшие отличия наблюдаются в низкочастотных ритмах: снижена спектральная мощность дельта и тета 1 ритма в нерецептивную фазу по сравнению с рецептивной. В альфа-диапазонах в рецептивную фазу наблюдается выравнивание переднезаднего градиента.

В подобном нашему исследованию S. Solis-Ortiz с коллегами в 1994 г. [11] была выявлена более низкая абсолютная спектральная мощность в преовуляторный период. Согласно их данным, спектральная мощность дельта, тета и альфа-1 повышалась в предменструальный период, тогда как мощность альфа-2, бета-1 и бета-2 была выше во время менструации. Спектральная мощность низкочастотного альфа ритма была ниже по сравнению с высокочастотным в предменструальный период. Ими также выявлено повышение межполушарной корреляции в лобных долях во время овуляции и в затылочных в предменструальную фазу. Этой же группой авторов в более поздних исследованиях была выявлена связь между концентрацией половых стероидов и ритмами мозга [12]. Изменение концентрации эстрогенов происходит синхронно с дельта- и тета-активностью и асинхронно с высокочастотным альфа-ритмом. Концентрация прогестерона синхронно изменяется с тета-, альфа-1- и бета-1-ритмами и асинхронно с дельта- и бета-2-ритмом.

Полученные нами результаты указывают на то, что электрическая активность головного мозга зависит не только от фазы менструального цикла, но от полового опыта молодых женщин.

У девушек, ведущих активную половую жизнь (третья группа), усредненная спектральная мощность во всех локализациях была максимальной, в отличие от девушек с нечастой и нерегулярной половой жизнью (вторая группа). Усредненная спектральная мощность у сексуально наивных девушек практически не отличалась от третьей группы девушек.

У девушек в зависимости от полового опыта усредненная спектральная мощность зависит от фазы цикла: в третьей группе девушек спектральная мощность выше в задней области и ниже в передней в нерецептивную фазу по сравнению с рецептивной; во второй группе отличий по фазам не выявлено; у девушек первой группы в рецептивную фазу цикла спектральная мощность выше во всех областях кроме задне-височной и затылочной областей (рис. 1).

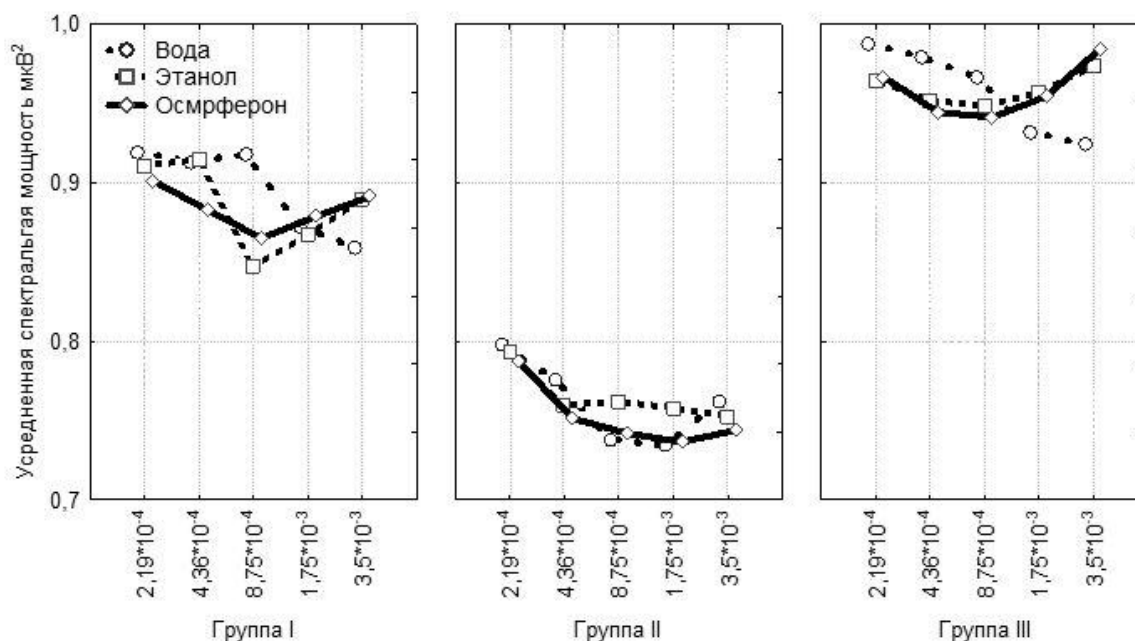


**Рис. 1.** Фоновая усредненная спектральная мощность ЭЭГ трех различных групп девушек, находящихся в разных фазах овариально-менструального цикла ( $F_{14,882} = 2,12$ ,  $p < 0,009$ )

У активно ведущих половую жизнь девушек асимметрии по ведущим ритмам не выявлено, у 2-й группы наблюдалось преобладание правого полушария в рецептивной фазе, тогда как у девушек 1-й группы подобная асимметрия наблюдалась в нерецептивной фазе.

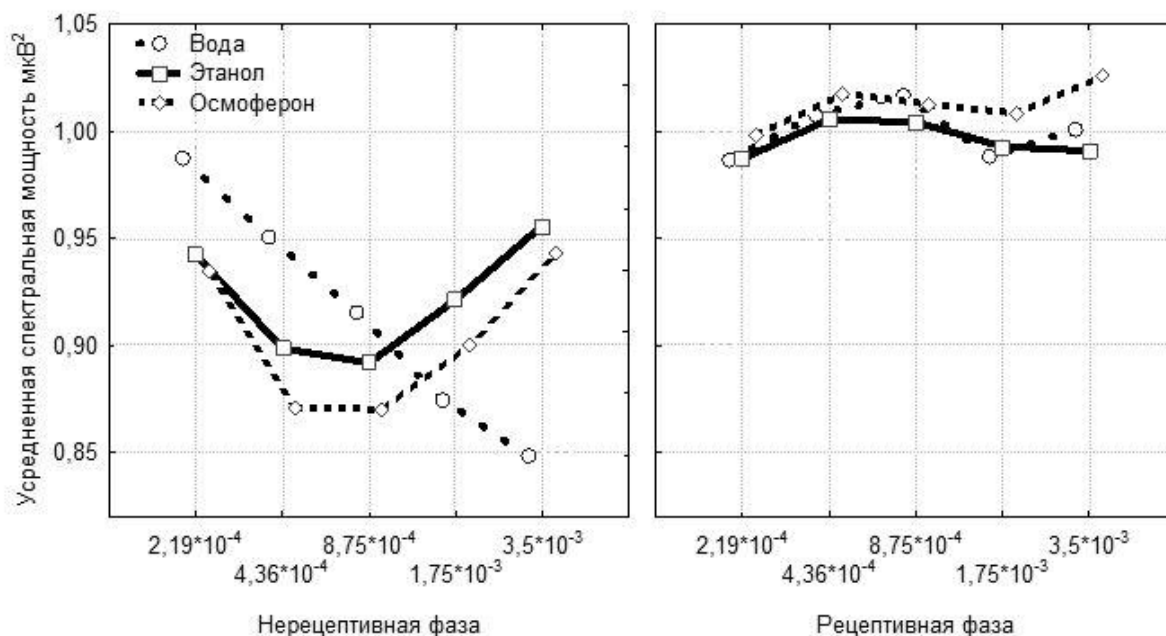
Полученные нами ранее результаты указывают на то, что половой опыт оказывает влияние на субъективную оценку привлекательности запахов человека [13]. В работе А. Кнаарилла и соавторов (2012) получены результаты, также свидетельствующие о том, что сексуальный опыт женщин изменяет привлекательность запаха андростенона [14], предполагаемого мужского феромона.

В ответ на предъявление запаховых стимулов (водного раствора спирта и водно-спиртового раствора андростендиенона) выявлено снижение усредненной спектральной мощности ЭЭГ-ритмов на первые три более низких концентрации, начиная с четвертой – увеличение ( $F_{16, 1260} = 2,90$ ,  $p < 0,0001$ ). Подобная реакция в основном характерна для девушек 1-й и 3-й групп (рис. 2).



**Рис. 2.** Изменение спектральной мощности ЭЭГ девушек при предъявлении различных обонятельных стимулов разных концентраций девушкам, имеющим разный половой опыт

При проведении дисперсионного анализа изменения суммарной спектральной мощности ЭЭГ с учетом фазы менструального цикла (рис. 3) было установлено, что данная реакция при предъявлении запаховых стимулов характерна для девушек, находящихся в нерцептивной фазе овариально-менструального цикла. ЭЭГ-реакция на разные концентрации половых феромонов у девушек во всех трех группах, находящихся в овуляторной фазе, отличалась вариативностью.



**Рис. 3.** Изменение спектральной мощности ЭЭГ девушек при предъявлении обонятельных стимулов разных концентраций в разные фазы овариально-менструального цикла ( $F_{16, 1260} = 1,59$ ,  $p = 0,06$ )

Более подробный анализ изменения спектральной мощности позволил установить, что наблюдаемая реакция у девушек 1-й и 3-й групп встречается во всех локализациях, но существует передне-задний градиент; данная реакция наиболее выражена в затылочной области, в центральной области реакция ослабляется, и в префронтальной области она менее выражена.

Полученная неоднозначная картина ЭЭГ-реакций у девушек, находящихся в рецептивной фазе, можно объяснить с точки зрения репродукции: риск зачатия ребенка приводит к более осознанному подходу в выборе сексуального партнера (хотя и на подсознательном уровне). Еще ранее в работах Ухтомского было показано существование так называемой гестационной, или «половой», доминанты. Она возникает у женских особей за некоторое время до готовности к оплодотворению, обеспечивая половое поведение и оптимальные условия для оплодотворения и контроля процессов беременности и лактации [15]. Результаты наших исследований согласуются с полученными ранее данными в нашей лаборатории при взаимном ольфакторном тестировании девушками и юношами запахов подмышечного секрета и показали, что если один из мальчиков в нерцептивную фазу реципиенток нравился, то чаще всего он нравился всем. В рецептивную фазу таких однозначных ольфакторных ответов не было получено [13].

### Выводы

1. Фоновая биоэлектрическая активность головного мозга зависит от фазы менструального цикла и полового опыта девушек, что объясняется изменением гормонального фона.
2. У сексуально наивных ведущих активную половую жизнь девушек, находящихся в нерцептивную фазу овариально-менструального цикла, в ответ на предъявление запаховых стимулов этилового спирта и мужского феромона спектральная мощность ЭЭГ-ритмов снижается на первые три более низкие концентрации, а начиная с четвертой – увеличивается.

3. ЭЭГ-реакция на разные концентрации половых феромонов у девушек, находящихся в рецептивную фазу, независимо от полового опыта отличалась вариативностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашутин С.Б. О феромонах и половом поведении // Биология. – 2005. – № 9. – С. 5–15.
2. Stern K., McClintock M. K. Regulation of ovulation by human pheromones // Nature. – 1998. – V. 392, № 6672. – P. 177–179.
3. Jacob S., McClintock M.K. Psychological and mood effects of steroidal chemosignals in woman and men // Horm. Behav. – 2000. – V. 37, № 1. – P. 57–78.
4. Woodley S. K., Baum M. J. Effects of sex hormones and gender on attraction thresholds for volatile anal scent gland odors in ferrets // Horm. Behav. – 2003. – V. 44, № 2. – P. 110–118.
5. Savic I., Berglund H., Lindström P. Brain response to putative pheromones in homosexual men // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2005. – V. 102, № 20. – P. 7356–7361.
6. McClintock M.K., Bullivant S., Jacob S., Spencer N., Zelano B., Ober C. Human body scents: conscious perceptions and biological effects // Chem. Senses. – 2005. – V. 30, № 1. – P. 135–137.
7. Wang L., Walker V.E., Sardi H., Fraser C., Jacob T.J. The correlation between physiological and psychological responses to odour stimulation in human subjects // Clin Neurophysiol. – 2002. – V. 113, № 4. – P. 542–551.
8. Мошкин М.П., Герлинская Л.А., Нагатоми Р. Запах, который не лжет. Химическая коммуникация полов и физическое здоровье // Российская наука: мечта светла: сборник научно-популярных статей; под ред. чл.-корр. РАН Виконова. – М.: Октопус, 2006. – С. 228–238.
9. Lundström J.N., McClintock M.K., Olsson M.J. Effects of reproductive state on olfactory sensitivity suggest odor specificity // Biological Psychology. – 2006. – V.71, № 3. – P. 244–247.
10. Kim Y.K., Watanuki S. Characteristics of electroencephalographic responses induced by a pleasant and an unpleasant odor // J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci. – 2003. – V. 22, № 6. – P. 285–291.
11. Solís-Ortiz S., Ramos J., Arce C., Guevara M., Corsi-Cabrera M. EEG oscillations during menstrual cycle // Int. J. Neurosci. – 1994. – V. 76, № 3. – P. 279–292.
12. Solís-Ortiz S., Campos R. G., Félix J., Obregón O. Coincident frequencies and relative phases among brain activity and hormonal signals // Beh. Brain Funct. – 2009. – V. 5, № 18. – P. 1–9.
13. Психосоциальные и физиологические факторы субъективной оценки запаховой привлекательности / М.П. Мошкин, Н.А. Литвинова, А.В. Бедарева и др. // Вестник НГУ. Сер. Психология. – 2009. – Т. 3, Вып. 1. – С. 60–74.
14. Knaapila A., Tuorila H., Vuoksima E., Keskitalo-Vuokko K., Rose R.J., Kaprio J., Silventoinen K. Pleasantness of the odor of androstenone as a function of sexual intercourse experience in women and men // Arch Sex Behav. – 2012. – V. 41, № 6. – P. 1403–1408.
15. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. – М.: Наука, 1982. – С. 58.

Поступила 10.11.2014